

# Tray temperatuur monitoren



Door: Esmée Cornelissen, Niels Jacobs & Roy Kruijt  
Docent: Mariëlle Seegers  
Datum: 21-06-2024  
Versie: 1.0

# Titelpagina

Bron illustratie kaft: (Oceanz, Z.D.)

Titel: Tray temperatuur monitoren

Auteur:	Esmée Cornelissen	1655550
	Roy Kruijt	S1134177
	Niels Jacobs	1659946

E-mailadres: [EIM.Cornelissen@student.han.nl](mailto:EIM.Cornelissen@student.han.nl)  
[Roy.kruijt@windesheim.nl](mailto:Roy.kruijt@windesheim.nl)  
[NCJ.jacobs@student.han.nl](mailto:NCJ.jacobs@student.han.nl)

## Onderwijs

Instelling:	Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Opleiding:	Minor Smart Industrie
Klas:	BKN-M06
Vak:	Project

Opdrachtgever: Erik Van Der Garde  
E-mailadres: [erik.vandergarde@oceanz.eu](mailto:erik.vandergarde@oceanz.eu)

Versie: 1.0

Datum: 21 juni 2024  
Plaats: Nijmegen

## Inhoud

1. Inleiding .....	4
2. Belang van het onderzoek .....	6
3. Vooronderzoek .....	8
3.1 Bevindingen projectgroep 2023 .....	8
3.2 Waarom monitoren en niet voorspellen .....	9
3.3 Achtergrondinformatie voor het monitoren van het koelproces .....	10
4. Temperatuur monitoren .....	14
4.1 Opties voor monitoren .....	14
4.2 Meetapparatuur .....	16
4.3 Applicatie ontwikkelen .....	20
5. Conclusie thermometer en applicatie .....	25
6. Kosten-batenanalyse .....	28
6.1 Bespaarde tijd optimaal benutten .....	29
7. Implementatieplan .....	30
7.1 Aard van de verandering .....	30
7.2 Implementatie aanpak .....	32
8. Aanbevelingen voor vervolgadvisie .....	34
9. Bronnenlijst .....	36
10. Bijlagen .....	38
Bijlagen 1: Nieuw meetinstrumenten .....	38
Bijlagen 2: Bestaande applicatie .....	44
Bijlagen 3: Eigen applicatie .....	45
Bijlagen 4: Samenvatting projectgroep 2023 .....	47
Bijlagen 6: aannamen kosten-batenanalyse .....	51
Bijlagen 7: handleiding van applicatie voor medewerker .....	51
Bijlagen 8: uitwerking implementatie plan .....	53

# 1. Inleiding

Dit project wordt uitgevoerd in opdracht van Oceanz uit Ede, als onderdeel van de minor Smart Industry. Dit project wordt uitgevoerd in het 2e periode van de minor. Dit Project zal worden uitgevoerd door drie studenten van de minor Smart Industry, met verschillende achtergronden: Esmée Cornelissen student bedrijfskunde, Niels Jacobs student ICT - embedded software development en Roy Kruijt student elektrotechniek.

21 juni 2024 zal een adviesrapport opgeleverd worden aan de hand van een onderzoek en testfase aan Oceanz. Het project is voldaan wanneer er minimaal twee uitgewerkte adviezen zijn gegeven over hoe Oceanz inzicht kan krijgen in het koelproces en hoe het koelproces gemonitord kan worden.

Bij Oceanz wordt gebruik gemaakt van professionele 3D printers die printen met de SLS-technologie. SLS staat voor Selective Laser Sintering, een breed geaccepteerde technologie om producten uit nylon te vervaardigen. De producten/onderdelen worden opgebouwd door het materiaal, een fijnkorrelig poeder, laag voor laag te versmelten met een laser (SLS - Oceanz 3D Printing, n.d.).

In wezen smelt de laser het poeder in de gewenste vorm. De bouwkamer van het poedermateriaal wordt verwarmd tot een verhoogde temperatuur. De productiemachine verspreidt een gelijkmatige laag poedervormig plastic op het bouwplatform in de bouwkamer. Het poeder wordt vervolgens door de laser versmolten. Als de vorm klaar is, laat de productiemachine het bouwplatform zakken op basis van de laagdikte en verspreidt een nieuwe laag poeder die weer door de laser wordt versmolten. Het proces wordt herhaald totdat de onderdelen klaar zijn. Het omliggende overtollige poeder ondersteunt de onderdelen tijdens het versmelten, het eindresultaat is een bak gevuld met poeder en geconsolideerde onderdelen.

De bak heeft doorgaans direct na het printen een verhoogde temperatuur van 170°C en moet binnen de printbehuizing en vervolgens buiten de printer afkoelen tot onder de glasovergangstemperatuur (60°C) voordat de onderdelen kunnen worden uitgepakt, om vervormingen van onderdelen te voorkomen (Mohanty et al., 2022). Buiten de printer wordt de bouwkamer afgesloten met een deksel, waarmee vanaf de bovenkant stikstof wordt aangevoerd. Dit zorgt voor een gecontroleerde omgeving en gelijkmatige afkoeling. Wanneer de print- en koelfase zijn voltooid, wordt het overtollige poeder verwijderd, gezeefd en gerecycled en ondergaan de voltooide onderdelen nabewerkingsprocedures (Smattila, 2023).

De SLS-procesparameterinstellingen zijn geoptimaliseerd voor een geschikte afweging tussen het verhogen van de productiedoorvoer (bijvoorbeeld door het vergroten van het vermogen, de scansnelheid en de laagdikte), het minimaliseren van de daaruit voortvloeiende thermische degradatie van het poedermateriaal, wat de herbruikbaarheid en recycleerbaarheid ervan beïnvloedt en de kwaliteit van het uiteindelijke onderdeel. Daarom ligt de belangrijkste weg voor verdere optimalisatie van de productietijd in de koelfase. Om de koelfase te analyseren moeten er gegevens verzameld worden van de koelsnelheden.

Dit rapport is opgebouwd uit 8 hoofdstukken waardoor er een advies gegeven kan worden over hoe het koelproces in kaart kan worden gebracht en wat hiervan het effect is voor Oceanz.

In hoofdstuk 2: belang van het onderzoek, word achterhaalt waarom dit rapport is geschreven en wat het doel van het rapport is.

Vervolgens bevindt zich in hoofdstuk 3: vooronderzoek, een vooronderzoek plaats. Hier wordt de richting van het onderzoek bepaald op basis van het voorgaande onderzoek van de vorige

projectgroep, de optie om te voorspellen of de monitoring te analyseren en achtergrondinformatie over het monitoren van het koelproces te werven.

Aan de hand van de eerste twee hoofdstukken zijn er 3 opties voor het monitoren van het koelproces bedacht. Deze opties zijn uitgewerkt in hoofdstuk 4: temperatuur monitoren. In dit hoofdstuk is er een geschikte optie gekozen en is deze optie uitgewerkt. De documentatie van de uitwerking van de optie bevindt zich in de sub paragrafen: thermometer optimaliseren en applicatie ontwikkelen. Na hoofdstuk 4 volgt een conclusie van de uitwerking van de gekozen optie in hoofdstuk 5: conclusie.

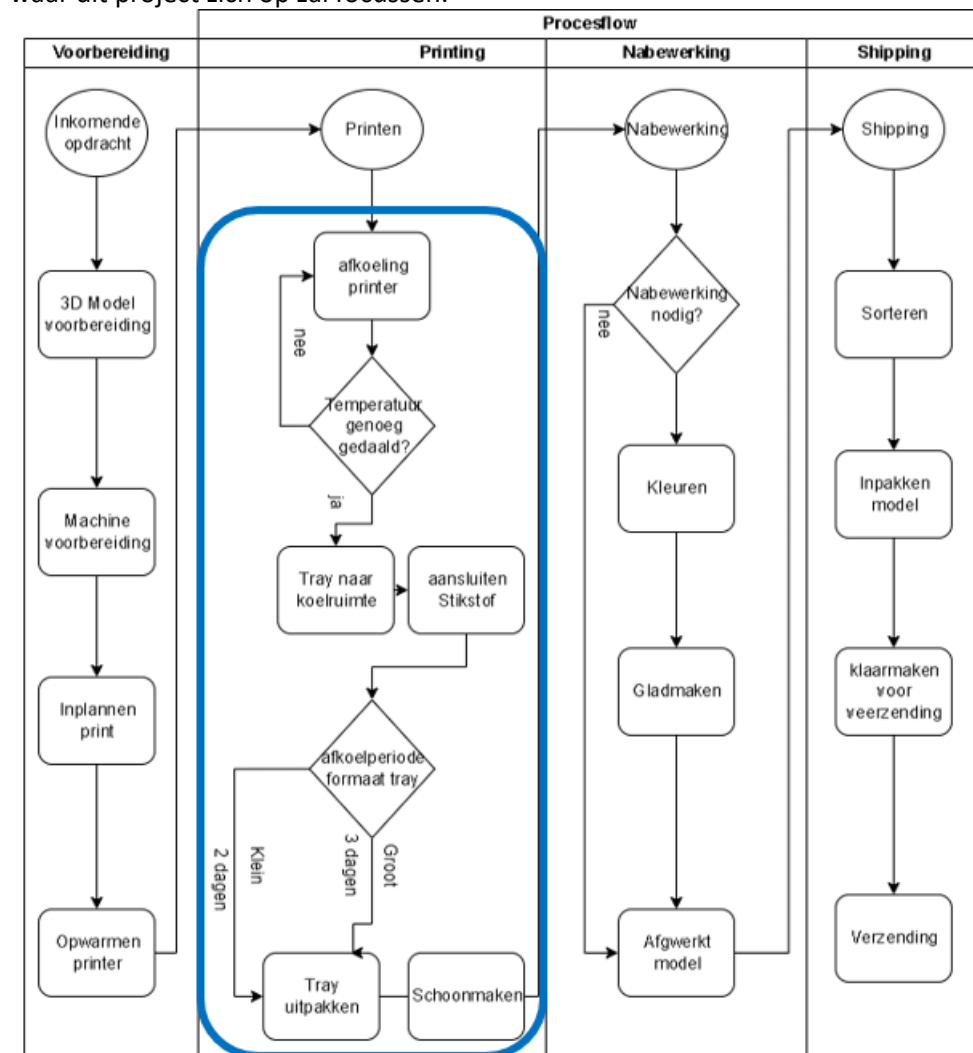
In hoofdstuk 4 en 5 is het project uitgewerkt, waaruit er een verbetering is ontwikkeld voor Oceanz die zich in hoofdstuk 6 bevindt in de vorm van een kosten-batenanalyse die de kosten en baten van de verbetering analyseert en een toelichting geeft op wat mogelijke resultaten kunnen zijn van de verbetering.

Het implementatie plan voor de verbetering bevindt zich in hoofdstuk 7 en de aanbevelingen voor een vervolgonderzoek bevinden zich in hoofdstuk 8. Daarmee is het adviesrapport compleet en is dit advies rapport opgesteld waarmee Oceanz de temperatuur van het koelproces kan gaan monitoren.

## 2. Belang van het onderzoek

Het doel van dit project is om het koelproces van Oceanz in kaart te brengen en de afkoelperiode tussen het printen en uitpakken niet langer te laten duren dan nodig is. Door de temperatuur te monitoren kan de koeltijd in de toekomst versneld worden met 25%, zodat er een optimaal koelproces voor Oceanz ontstaat.

In figuur 1 is de process flow van Oceanz te zien. In het blauwe vierkant bevindt zich het koelproces, waar dit project zich op zal focussen.



Figuur 1 - Process flow Oceanz

### Waarom is het van belang dat het koelproces in kaart wordt gebracht?

Door het koelproces in kaart te brengen kan er achterhaald worden waar verbeterpunten voor Oceanz liggen in het koelproces. Om de verbeterpunten te traceren kan er gebruik worden gemaakt van de acht verspillingen van Lean (figuur 2). Hierbij wordt er per onderwerp gekeken of hier verspillingen zijn en er dus optimalisatie mogelijkheden zijn (Bas, 2021).



*Figuur 2 - acht verspillingen van Lean*

In het koelproces zijn de volgende verspillingen geconstateerd: wachten en fouten. Het koelproces wordt nu uitgevoerd doormiddel van een standaard koeltijd. Hier is geen onderzoeken naar gedaan en die is ontstaan door de ervaring van de productiemedewerkers. Deze werkwijze neemt meer tijd in beslag dan nodig is, doordat er een standaard wordt gehanteerd waarvan ze zeker weten dat de tray is afgekoeld. Hier is de verspilling van WACHTEN te zien.

Wanneer er haast is worden de trays eerder uitgepakt dan de standaard wachttijd, in de hoop dat de tray al voldoende is afgekoeld. Door het vroegtijdige uitpakken, kunnen objecten beschadigd raken. Hier is de verspilling FOUTEN te constateren.

Het is van belang om het koelproces in kaart te brengen om zo de verspillingen van WACHTEN en FOUTEN tegen te gaan. Hiermee kunnen veranderingen worden gerealiseerd die bijdragen aan de organisatie en de producten die zij maken.

## 3. Vooronderzoek

Voorafgaand aan dit project heeft er een ander project plaatsgevonden met het doel om de koeltijd te gaan voorspellen. In het vooronderzoek wordt er onderzocht wat er niet goed ging tijdens het vorige project en waar er in dit project rekening mee moet worden gehouden. Daarna wordt er onderzocht of de temperatuur voorspeld moet worden of dat het monitoren van de temperatuur een betere optie is. Tot slot wordt er onderzocht welke theoretische en praktische informatie er al is over het koelproces en het meten van de temperatuur.

### 3.1 Bevindingen projectgroep 2023

De vorige projectgroep heeft van september 2023 tot januari 2024 zich gericht op het inzichtelijk maken van het koelproces van de trays van de P100 series 3D-printers bij Oceanz, met name op het verband leggen tussen de koeltijd van de kerntemperatuur en de randtemperatuur. Om met deze gegevens inzicht te creëren en op basis van voldoende gegevens een globale voorspelling te kunnen doen van de koeltijd van deze trays. Zie bijlagen 4: samenvatting projectgroep 2023. Voor de gehele samenvatting van het onderzoek van de vorige projectgroep.

#### **Onze conclusie**

Op basis van de bevindingen en resultaten van de vorige projectgroep zijn wij tot de volgende conclusie gekomen: op basis van het voorgaande onderzoek zijn er twijfels of de weg van het voorspellen voortgezet moet worden of dat het huidige proces verder in kaart moet worden gebracht. De reden hiervoor is dat de resultaten van de metingen afhankelijk zijn van verschillende factoren. Om een juiste voorspelling te geven zullen er verschillende factoren geclassificeerd moeten worden en meer data verzameld worden. Wij denken dat het beter is om het koelproces constant te monitoren, omdat dit de exacte data weergeeft en niet afhankelijk is van de verschillende factoren. Dit is afgestemd met de opdrachtgever en hij deelt deze bevinding en wil dat de twee mogelijkheden aan elkaar worden afgewogen om te achterhalen welke optie beter is.



## 3.2 Waarom monitoren en niet voorspellen

Tijdens dit onderzoek worden de twee opties monitoren of voorspellen onderzocht en wordt er gekeken naar wat de voor- en nadelen van de opties zijn. Om zo de opties op elkaar af te kunnen wegen en te achterhalen welke optie het meest geschikt is.

De keus van de vorige projectgroep om te voorspellen en niet te monitoren is geen redenatie te vinden. Het voordeel dat gevonden is voor voorspellen bij Oceanz is als volgt:

- Het verbeteren van besluitvorming: voorspellen kan de koeltijd verbeteren en het besluit wanneer uitgepakt kan worden geoptimaliseerd, in tegenstelling tot de standaard die nu wordt gehanteerd. Voor voorspellingen voor besluitvorming is het van belang dat deze accuraat, betrouwbaar en nauwkeurig zijn (Spril, 2022).
- Er hoeft geen gebruik gemaakt te worden van meetapparatuur. Bij het voorspellen kan aan de hand van parameters vooraf de koeltijd bepaald worden.

Het voordeel van voorspellen is ook met monitoren te realiseren, alleen dan kan voor iedere tray een optimale koeltijd worden gehanteerd. Om verder te onderzoeken of monitoren ook echt geschikter is dan voorspellen, worden de bevindingen van de vorige projectgroep geanalyseerd en vergeleken met wat de bevindingen zijn als er wordt gemonitord.

De metingen zijn gedaan aan de rand en in de kern van de tray. Deze metingen hebben verschillende uitkomsten, aangezien de rand sneller afkoelt dan de kern. Deze data hebben zij verwerkt en er de volgende conclusie uit getrokken; dat het op dit moment lastig is om een verband vast te stellen tussen de kerntemperatuur en de randtemperatuur van de tray.

Uit de resultaten is er te zien dat er verschillend koelgedrag ontstaat bij verschillende materialen. Dit maakt het lastig om accurate voorspellingen te doen voor elke tray, aangezien de koeltijd van elke tray afhankelijk is van verschillende factoren, zoals:

- Grote van de tray: kleine tray of grote tray
- Inhoud van de tray: hoeveel onderdelen worden er geprint hoe dik zijn deze onderdelen, of de tray helemaal gevuld is of niet en van welk materiaal zijn de onderdelen
- Hoe lang heeft de tray al afgekoeld in de printer

Dit zorgt ervoor dat er geen globale voorspelling kan worden gedaan voor de trays, maar de trays geclassificeerd zullen moeten worden.

Verder biedt monitoren ook meer inzicht, wanneer Oceanz ingaat op de mogelijkheden van het versnellen van het koelproces. Door te monitoren kan er precies worden gezien wat er gebeurt bij welke temperatuur. Dit kan Oceanz helpen bij het experimenteren met het versnellen van het koelproces. Het behouden van deze data kan later gebruikt worden om de trays te classificeren en nauwkeurigere voorspellingen te maken.

### Conclusie

Door deze bevindingen zijn wij van mening dat er met het monitoren van het koelproces meer tijd kan worden bespaard, doordat het monitoren van de trays de exacte temperatuur kan worden weergegeven. Er hoeft geen extra stilstand (afkoeltijd) te zijn omdat de monitoring exact plaatsvindt en niet een globale voorspelling is. Wanneer de tray zijn afkoel temperatuur heeft bereikt is dit direct zichtbaar, wat eerder kan zijn dan de globale voorspelling. Ook kan het monitoren van het koelproces het makkelijker maken voor de werknemers, die dan zelf minder tijd hoeven te besteden aan de monitoring en zo meer tijd kunnen besteden aan andere taken die het proces ook op andere gebieden sneller laten verlopen. Verder zal de monitoring van het koelproces meerdere opties bieden om het koelproces te optimaliseren, zoals experimenteren met het versnellen van het koelproces.

### 3.3 Achtergrondinformatie voor het monitoren van het koelproces

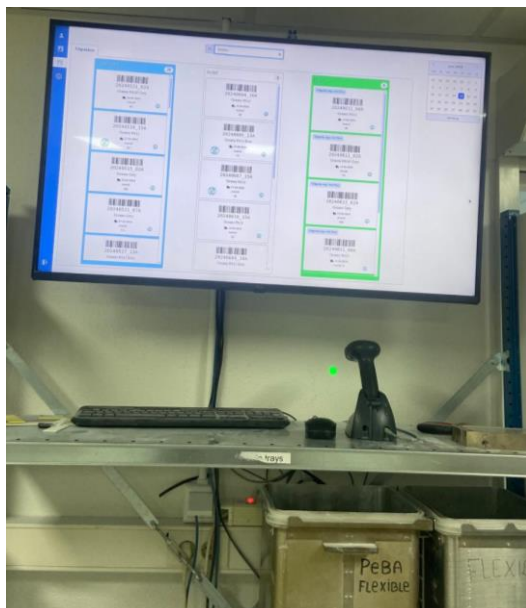
Uiteindelijk is ervoor gekozen om het koelproces te gaan monitoren. Om het koelproces te monitoren moet er informatie over het koelproces worden verzameld. Deze informatie is van belang voor het maken van de keuze over hoe het koelproces gemonitord zal worden en wat er van belang is voor monitoring van het proces.

#### Waarom moeten trays worden afgekoeld?

SLS-geprinte onderdelen zijn gevoelig voor plotselinge en drastische temperatuurveranderingen en moeten daarom worden afgekoeld. Na het printen moeten de geprinte objecten afkoelen in de printer om thermische spanning in de geprinte objecten te verminderen. De printbehuizing of andere toegangsdeuren op de printer mogen niet onmiddellijk geopend worden. De gehele printbehuizing moet eerst minimaal 2 uur afkoelen. Wanneer deze temperatuur is bereikt kan de tray uit de printer worden gehaald en op een andere locatie verder afkoelen. Geprinte objecten die niet voldoende worden afgekoeld worden kromgetrokken en broos en kunnen onder belasting defect raken (FormLabs Customer Support, n.d.).

#### Wat is de huidige wijze van monitoren van het koelproces?

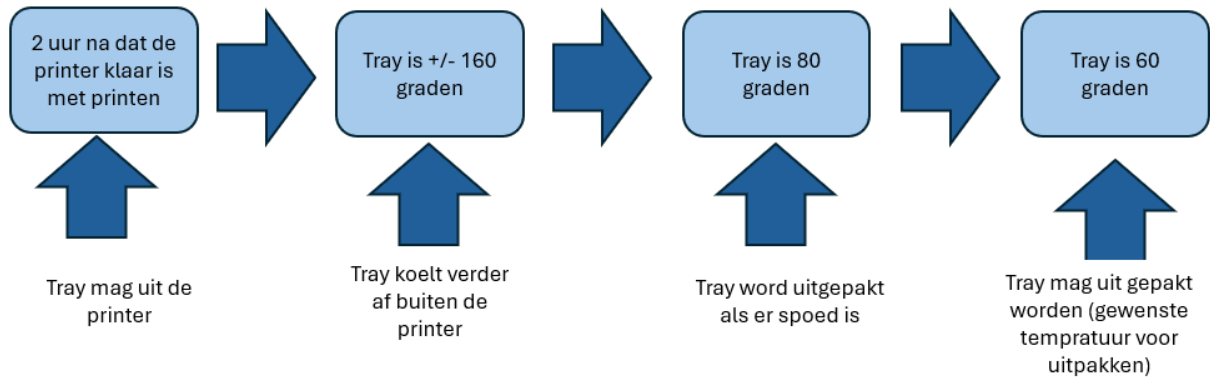
Op dit moment wordt het koelproces niet gemonitord. Wel wordt de status van de order getoond op een scherm (figuur 3) waar wordt weergegeven welke trays die dag moeten worden uitgepakt. Voor het uitpakken meten de werknemers regelmatig de temperatuur van de tray handmatig ter controle of de gewenste afkoeltemperatuur van 60 graden is bereikt. Er wordt nog geen real-time temperatuur van de trays of volgorde van uitpakken weergegeven. De informatie over de status van de tray wordt na ieder proces handmatig ingevoerd.



Figuur 3- monitor Oceanz

#### Wat is de temperatuur die behaald moet worden, voordat een tray mag worden uitgepakt?

Uit een gesprek met een productiemedewerker die verantwoordelijk is voor het uitpakken van de trays is een schema ontwikkeld die inzicht geeft hoe het koelproces verloopt. In figuur 4 is de ontwikkeling van de temperatuur van de tray te zien met de handelingen die aan de gegeven temperaturen zijn gekoppeld.



*Figuur 4 - Verloop van het koelproces*

### **Wat gebeurt er na het koelen van de trays?**

Wanneer de trays voldoende zijn afgekoeld kunnen ze worden uitgepakt. Vervolgens vinden de volgende stappen plaats:

1. Uitpakken: De modellen worden uit de poeder gegraven;
2. Afbazen: Het overtollig poeder wordt weggehaald;
3. Reinigen: De onderdelen worden gereinigd met perslucht en een straalmiddel;
4. Afleveren: De onderdelen worden naar de afdeling logistiek gebracht;
5. (Nabewerking): Trommelen, Vapor Polish, kleuren.

Na de nabewerking zijn de modellen klaar en worden ze ingepakt en verstuurd naar de klant.

### **Hoe worden gegevens momenteel vastgelegd en geanalyseerd tijdens het koelproces?**

Er worden geen gegevens vastgelegd. Er is een geschatte tijd voor het afkoelen van de trays:

- Kleine trays: 2 dagen
- Grote trays: 3 dagen

Deze geschatte tijd is geconstateerd door de werknemers van Oceanz op basis van ervaring.

### **Welke bestaande systemen of methoden worden gebruikt in vergelijkbare industrieën voor het monitoren van de koelprocessen?**

Voor SLS-printing is een uitpakmachine gevonden waarin gekoeld wordt en dit gemonitord wordt, dit is de Fuse Sift van Formlabs :

De Fuse sift is een handig, compact poederbeheerder. Het is een alles in- één poederbeheerstation combineert deextractie, poederterugwinning, opslag en mengen in één enkel apparaat. Fuse Sift doseert en mengt automatisch oud- en nieuw poeder, zodat verspilling vermindert kan worden en poedertoevoer gecontroleerd kan worden. (Fuse Sift, n.d.)

Een tray in de Fuse Sift koelen:

Na het afkoelen in de printer kan de tray naar de Fuse Sift worden verplaatst, hier wordt de tray verder afgekoeld voordat geprinte objecten verwerkt kunnen worden. De Fuse Sift geeft aan wanneer de temperatuur laag genoeg is om uitgepakt te worden:

1. Controleer de status van de tray op het touchscreen. Als de afbeelding en het pictogram van de tray rood zijn gemarkeerd en het aanraakscherm de status 'Heet' weergeeft, moet de tray verder afgekoeld worden voordat deze verder verwerkt kan worden.
2. Wanneer het touchscreen de status 'Klaar' weergeeft, is het veilig om de geprinte objecten verder te verwerken en herstellen.

Ook vertelt Formlabs hoe de tray gekoeld kan worden in de omgevingslucht:






1. Wanneer de temperatuur van de tray onder de 100 °C is gedaald, kan de printbehuizingsdeur geopend worden.


2. Laat de tray 30-50% van de oorspronkelijke printtijd afkoelen.

Formlabs hanteert dus een voorspelling van 30-50 % van de printtijd als afkoeltijd.

### Wat zijn de verschillende soorten sensortechnologieën die momenteel beschikbaar zijn voor het monitoren van de koelprocessen?

Voor het meten van de real-time temperatuur die moet worden gemonitord, zijn de volgende soorten temperatuursensoren beschikbaar:

<b>Contact temperatuursensoren</b>	Deze temperatuursensoren moeten in fysiek contact staan met het object dat wordt gedetecteerd en gebruik maken van geleiding om veranderingen in temperatuur te monitoren.	
<b>Contactloze temperatuursensoren</b>	Doormiddel van straling worden veranderingen in temperatuur gemonitord. Stralingswarmte wordt overgedragen door een object in de vorm van infraroodstraling. Deze straling kan worden gedetecteerd met een contactloze temperatuursensor.	
<b>De thermostaat</b>	De thermostaat is een elektromechanische temperatuursensor of schakelaar van het contacttype die bestaat uit twee verschillende metalen die op elkaar zitten om een Bimetaal te vormen. De verschillende lineaire uitzettingssnelheden van de twee verschillende metalen veroorzaken een mechanische buigbeweging wanneer het bimetaal aan hitte wordt blootgesteld.	
<b>De thermistor</b>	Dit is een speciaal type weerstand waarbij de weerstand verandert bij blootstelling aan temperatuurschommelingen. Thermistoren zijn over het algemeen gemaakt van keramische metalen	
<b>Resistive temperature detectors (RTD)</b>	De elektrische weerstandstemperatuursensor zijn precisie temperatuursensoren gemaakt van hoog zuivere geleidende metalen die in een spoel zijn gewikkeld en waarvan de elektrische weerstand verandert als functie van de temperatuur, vergelijkbaar met die van de thermistor.	

<b>Thermokoppel</b>	Thermokoppels zijn thermo-elektrische sensoren die in principe bestaan uit twee knooppunten van twee verschillende metalen die aan elkaar zijn gelast of gekrompen zijn. Het ene knooppunt wordt op een constante temperatuur gehouden, het referentiepunt, terwijl het andere het meetpunt wordt gehouden. Wanneer de twee knooppunten bij verschillende temperaturen zijn wordt een spanning ontwikkeld over het knooppunt die wordt gebruikt om de temperatuur te meten.	
---------------------	---	---

(Temperatuur Sensoren, n.d.)

### **Aan welke specificaties moet worden voldaan bij het selecteren van een meetinstrument voor het monitoren van het koelproces bij Oceanz?**

Na overleg met medewerkers zijn de volgende bevindingen geconstateerd:

- Het meetinstrument moet tegen een hoge temperatuur kunnen van 170 graden Celsius.
- De temperatuur moet gelijk kunnen worden weergegeven op het scherm voor de real-time monitoring van de temperatuur.
- Het meetinstrument moet makkelijk zijn om mee te werken voor de medewerkers, de sensor moet gemakkelijk te installeren zijn aan de tray en medewerkers moeten er na de installatie niet verder naar het meet instrument om te hoeven kijken. (Zie Bijlagen 1: Nieuw meetinstrumenten en/of de criteria in Onderzoeksrapport thermometer)

### **Hoe kunnen meetinstrumenten worden geïntegreerd in bestaande systemen of infrastructuur voor het monitoren van het koelproces?**

Het meetinstrument kan worden geïnstalleerd aan de tray wanneer de tray uit de printer wordt gehaald en verder gaat afkoelen. Door het installeren van het meetinstrument wordt de real-time temperatuur gemeten tijdens het afkoelproces buiten de printer, deze temperatuur (data) kan worden opgestuurd naar de een monitoringsysteem.

Voor het monitoren van het koelsysteem zullen de volgende punten gerealiseerd moeten worden:

- Meetinstrument, codering wat er gemeten worden
- Verbinding met netwerken
- Dashboard

### **Hoe kunnen gegevens van het meetinstrument effectief worden geanalyseerd en geïnterpreteerd om bruikbare inzichten te verkrijgen voor het optimaliseren van het koelproces?**

Wij willen de real-time temperatuur meten met het meetinstrument, deze monitoren en weergeven in eigen gemaakte applicatie. Zo kunnen wij inzicht creëren in de koelsnelheid van elke individuele tray. Dit zal extra stilstand in het koelproces moeten tegengaan, doordat het direct zichtbaar is voor de medewerkers wanneer de gewenste afkoeltemperatuur is behaald. De tray kan direct worden uitgepakt wanneer de minimale afkoel temperatuur is bereikt en hoeft niet langer te koelen dan noodzakelijk waardoor het koelproces wordt versneld.

## 4. Temperatuur monitoren

Aan de hand van het vooronderzoek kan er besloten worden hoe de monitoring van het proces zal plaatsvinden en kan er gebouwd worden aan de uitvoering van een monitor systeem. Om te bepalen hoe het monitoren en het project eruit zal komen te zien, zijn er verschillende opties bekeken en afgewogen. De opties zijn gepresenteerd in een pitch aan Erik en samen met Erik is er een optie gekozen voor de voortgang van het project.

### 4.1 Opties voor monitoren

Er zijn verschillende opties voor Oceanz om de temperatuur te meten en te monitoren.

Mogelijkheden voor het meten van de temperatuur:

- Oude temperatuurmeter optimaliseren
- Nieuwe temperatuurmeter aan schaffen
- Oude en nieuwe temperatuurmeter vergelijken

Mogelijkheden om gemonitorde gegevens weer te geven:

- Bestaande applicatie
- Eigen applicatie maken

De opties worden hieronder verder toegelicht.

#### **Oude temperatuurmeter optimaliseren**

Binnen Oceanz is al een prototype van een temperatuurmeter beschikbaar, ontwikkeld door de vorige projectgroep. Het gebruik van een eigen prototype biedt voordelen zoals flexibiliteit, omdat benodigde functionaliteiten zelf kunnen worden toegevoegd en dataopslag intern kan blijven. Zo kan de data in een eigen database worden opgeslagen voor analyses, en kan deze data bijvoorbeeld worden gebruikt voor een eigen dashboard of applicatie. Voor het zelf opzetten van de dataflow, database en front-end is echter meer kennis vereist. Door de oude temperatuurmeter te optimaliseren kunnen wellicht de gewenste gegevens gemeten worden en kan Oceanz inzicht krijgen in het koelproces.

Het voordeel van deze optie is dat de thermometer er al is en er geen onderzoek naar de geschiktheid van een nieuwe thermometer gedaan hoeft te worden en er gewacht moet worden tot deze geleverd is. Er zijn ook al metingen gedaan met de bestaande thermometer en de gegevens daarvan zijn bekend. (Zie bijlagen 4: samenvatting projectgroep 2023, voor volledige samenvatting van hun project.)

#### **Nieuwe temperatuurmeter aanschaffen**

Een nieuwe temperatuurmeter kan geselecteerd worden met de criteria die Oceanz wil, zo kan er gekeken worden naar het type thermometer, de nauwkeurigheid van de thermometer, het meetbereik van de thermometer, extra opties, etc. (Zie bijlagen 1: nieuw meetinstrument, voor meer informatie over de criteria). Ook zit er bij een nieuwe temperatuurmeter vaak al een applicatie bij die de gegevens monitort. Deze applicatie is vaak ontworpen voor de laboratorium- of vleesindustrie en niet gepersonaliseerd voor Oceanz. Deze thermometer zal dus meerdere gegevens meten die voor Oceanz niet van belang zijn. Dit is geen probleem zolang de gegevens die voor Oceanz van belang zijn ook gemeten worden. (Zie bijlagen1: nieuwe meetinstrumenten). (Zie bijlagen 1: nieuw meetinstrument, voor meer informatie over verschillende meetinstrumenten.)

#### **Oude en nieuwe temperatuurmeter vergelijken**

Door de opties te combineren en een usability test te doen met beide temperatuurmeters kan de beste temperatuurmeter geselecteerd worden op basis van verschillende criteria. Doormiddel van deze optie kan er ook onderzocht worden wat de gebruiksvriendelijkheid, efficiëntie en comfort van

de temperatuurmeter is. Er wordt niet alleen gekeken naar de resultaten van de temperatuurmeter maar ook welke temperatuurmeter en werkwijze er het beste bij het personeel aansluit. Deze optie is een combinatie tussen de oude temperatuurmeter optimaliseren en een nieuwe temperatuurmeter aanschaffen. Deze optie kost dan ook de meeste tijd en is als investering ook het duurst. Het doel zal zijn dat er een optimaal meetinstrument uit het vergelijken voor Oceanz uitkomt. Het nadeel is dat een van de meetinstrumenten niet gebruikt zal worden en deze investering in dat meetinstrument dan ook na dit onderzoek niets meer oplevert.

De opties voor een applicatie zijn: een bestaande applicatie gebruiken of een eigen applicatie maken gepersonaliseerd voor Oceanz. De opties worden hieronder verder toegelicht.

### **Bestaande applicatie**

Bij de aanschaf van een nieuwe thermometer zit de mogelijkheid om een thermometer te zoeken met een applicatie erbij. Deze applicaties zijn vaak ontwikkeld voor de vlees- en laboratorium industrie en dit sluit niet geheel aan bij de industrie van Oceanz. Er zullen dus extra gegevens getoond worden die niet van belang zijn voor Oceanz, deze extra gegevens in het dashboard kunnen voor verwarring zorgen, hierdoor zal het gebruiksgemak van de applicatie afnemen. Zo zouden gewenste functionaliteiten in de app kunnen missen. Daarnaast worden gemeten gegevens maar deels of helemaal niet bewaard. Het voordeel van het gebruiken van een nieuwe thermometer met bestaande applicatie is dat het dan niet ontwikkeld hoeft te worden en de data op verschillende wijze wordt geregistreerd en gepresenteerd. (Zie bijlagen 2: bestaande applicatie, voor meer informatie over welke bestaande applicaties er zijn bij meetinstrumenten.)

### **Eigen applicatie maken**

Er kan ook een eigen applicatie gebouwd worden deze kan dan in zijn geheel gepersonaliseerd worden voor de eindgebruiker (medewerkers koelproces en uitpakken) en de industrie van Oceanz. Er kunnen criteria worden opgesteld aan de hand van een interview met de eindgebruiker wat de applicatie moet kunnen en hoe deze eruit moet komen te zien. Door zelf een applicatie te maken kan geselecteerde data gebruikt worden en zal er geen onnodige data worden weergegeven waardoor verwarring kan ontstaan. Deze data kunnen zelf opgeslagen worden voor verder gebruik. Het nadeel is dat de applicatie nog helemaal ontwikkeld zal moeten worden waar veel tijd in zal zitten. (Zie bijlagen 3: eigen applicatie, voor onderzoek waar een eigen applicatie aan moet voldoen.)

### **Conclusie:**

Aan de hand van deze opties hebben wij drie mogelijkheden opgesteld:

1. Oude thermometer optimaliseren met eigen applicatie.
2. Nieuwe thermometer met bestaande applicatie of eigen applicatie.
3. Oude thermometer optimaliseren en vergelijk met nieuwe thermometer, daarna eigen bestaande applicatie of eigen applicatie.

Deze drie opties zijn gepitcht aan Erik. Onze voorkeur gaat naar optie 1. De oude thermometer voldoet aan de criteria. Het voordeel van deze optie is dat dit de minst grote investering is in geld en tijd en er direct gestart kan worden en er meer tijd besteed kan worden aan de ontwikkeling van de applicatie.. Wanneer deze optie een succes is en de resultaten zichtbaar zijn kan er altijd overwogen worden om een grotere investering te doen naar een nieuwe thermometer en professionele applicatie, maar dan is het al duidelijk wat dit zal opleveren en is de investering een minder groot risico.

De vorige projectgroep wilde een globale voorspelling creëren, omdat wij geen voorspelling willen creëren maar een systeem waarmee er gemeten wordt zal er een eigen app ontwikkeld worden die het personeel kan gebruiken om te zien wat de status is van een tray.

Na de pitch en de onderbouwing van onze voorkeur gaf Erik aan dat hij onze mening deelde en zijn voorkeur ook optie 1 is. Erik gaf ook aan dat gezien de tijd die wij nog hadden voor dit project hier de meesten resultaten mee behaald konden en dat hij erg benieuwd was wat ons eindproduct zou zijn.

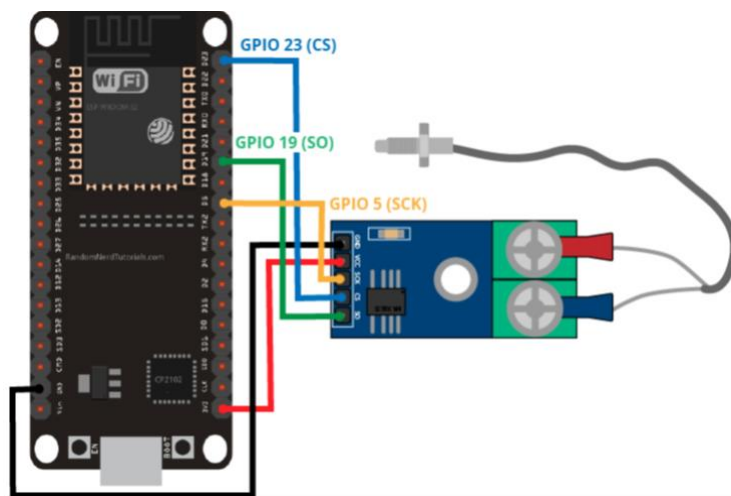


## 4.2 Meetapparatuur

Om het koelproces in kaart te brengen, moet de temperatuur van het poederbed worden gemeten. Er is besloten hiervoor gebruik te maken van de thermometer die is ontwikkeld door de vorige projectgroep. Deze thermometer voldoet aan al onze opgestelde criteria (zie Onderzoeksrapport thermometer). Echter zijn er aanpassingen aangebracht aan het gedrag van de thermometer en het systeem waarmee de gewenste data wordt opgehaald, zodat deze geschikt is voor gebruik in de applicatie.

### Meetopstelling

De thermometer bestaat uit de VMA339. De VMA339-module bevat een MAX6675-IC (Integrated Circuit) waarmee de type-K thermokoppel via SPI (Serial Peripheral Interface) kan worden uitgelezen met een 12-bits resolutie. De MAX6675-IC is aangesloten op een ESP32:



Figuur 5 - Schematische weergave ESP32 met MAX6675 (Santos & Santos, 2022)

De type-K thermokoppel heeft een bereik van 0 °C tot 600 °C en meet met een foutmarge van  $\pm 2.5$  °C. De responstijd is minder dan 5 seconden. Het thermokoppel is 251 mm in lengte en heeft een kabel van 70 cm (Elektroshop, n.d.). De ESP32-microcontroller en de MAX6675 worden beschermd door een omhulsel en moeten op het stroomnet worden aangesloten.



Figuur 6 - Meetopstelling thermokoppel + tray

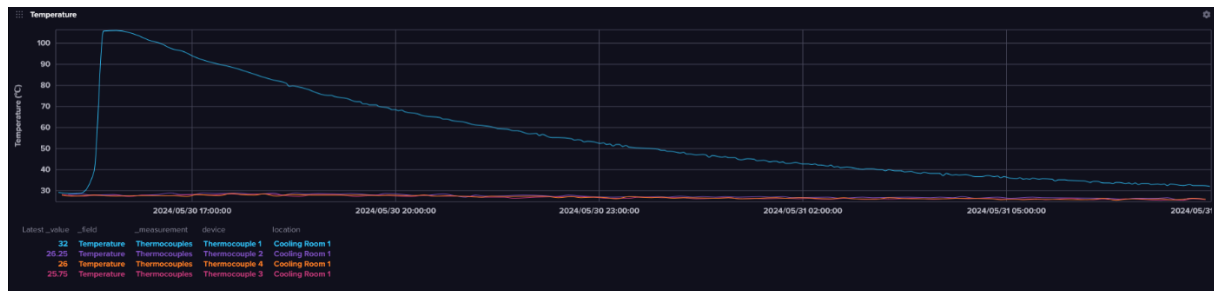
Het doel van de thermometer is het meten van de temperatuur en het doorgeven van deze informatie naar een database. De belangrijkste data bestaan uit de tijd, het thermokoppel nummer en de temperatuur:



table	_measurement	_field	_value	_time	device	location
mean	group	group	no group	no group	group	group
	string	string	double	dateTime:NFC3339	string	string
0	Thermocouples	Temperature	24	2024-06-03T01:50:00.000Z	Thermocouple 1	Cooling Room 1

Figuur 7 - InfluxDB tabel

Met deze gegevens kan de temperatuur per thermokoppel afgezet worden tegen de tijd. Deze gegevens kunnen gebruikt worden om meer inzicht te krijgen in het koelproces door data-analyses, grafieken en meldingen.



Figuur 8 - InfluxDB grafiek

## Ontwikkelingen

In het verslag van de vorige projectgroep (zie Rapport Tray-Analyse) wordt aangegeven dat zij problemen hebben ondervonden bij het verbinden met het wifi-netwerk. Het "Oceanz Guest" wifi-netwerk levert in de koelruimte geen stabiele verbinding en dit beïnvloedt de dataoverdracht van de thermometer naar de database. Om dit probleem op te lossen, is in samenwerking met de IT-beheerder van Oceanz gebruik gemaakt van een laptop als hotspot. De laptop ligt naast de trays en is verbonden met het "Oceanz" wifi-netwerk voor een optimale verbinding met de thermometers. Het gebruik van een hotspot zorgt ervoor dat een eigen naam en wachtwoord gebruikt kunnen worden, uitsluitend bedoeld voor verbinding met de thermometers.

Vervolgens zijn er aanpassingen aangebracht in de code (Zie code "Thermocouple"). De oude thermometer maakte gebruik van een algemeen interval (delay). Bij het gebruik van een delay wordt de ESP32 in een slaapstand gebracht en voert verder geen instructies meer uit. Dit betekent dat er bij een delay van 3600000 ms (1 uur), er gedurende een uur geen metingen worden uitgevoerd, geen gegevens naar de database worden gestuurd en er geen controle wordt uitgevoerd op de netwerkverbinding. Het uitvoeren van metingen en het controleren van de netwerkverbinding willen we vaker uitvoeren dan het verzenden van gegevens naar de database. Hiervoor moet gebruik gemaakt worden van een software timer (Magdy, 2023).

Het versturen van de gegevens naar de database elke 10 minuten is voldoende voor het maken van grafieken en het uitvoeren van data-analyses. Echter, om op de minuut nauwkeurig te kunnen weten wanneer de temperatuur de 60 graden bereikt en uitgepakt kan worden, moet de thermometer wel elke minuut een meting uitvoeren. Daarom wordt de temperatuur elke minuut gemeten (maar niet direct verstuurd naar de database), zodat we precies weten wanneer de 60 graden is bereikt. Daarnaast wordt elke minuut de netwerkverbinding gecontroleerd. Als de verbinding verbroken is, zal er geprobeerd worden opnieuw verbinding te maken.

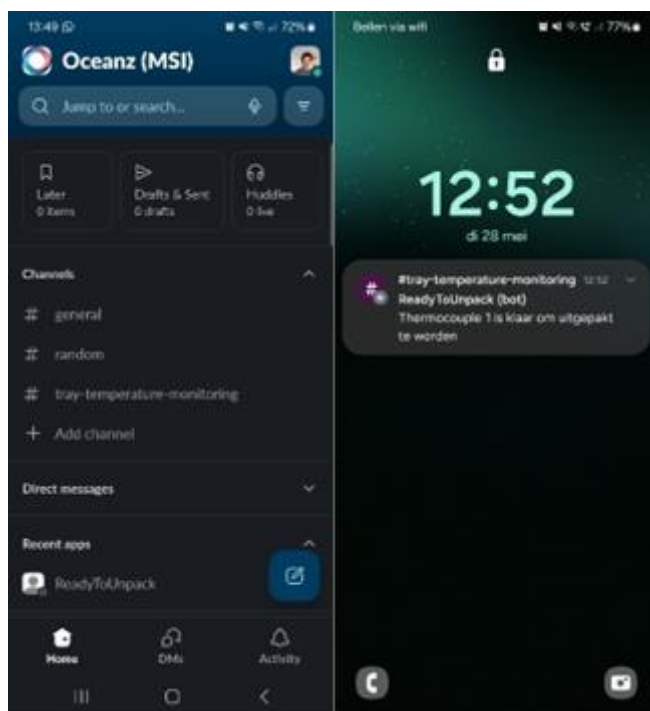
## Data gebruik

Met een stabiele verbinding en een constante datastroom kan de data verwerkt worden. Binnen InfluxDB is een eigen dashboard aangemaakt met een overzicht van de vier thermometers (Zie figuur 9).



Figuur 9 - InfluxDB dashboard (Manage InfluxDB Dashboards, n.d.)

Daarnaast is een koppeling gemaakt met Slack, een teams-communicatie platform, door gebruik te maken van een Webhook URL als “Notification Endpoint” (Influx Data, 2021). Deze koppeling maakt het mogelijk notificaties te sturen naar de Slack app (Zie figuur 10).



Figuur 10 - Slack App

Binnen InfluxDB is een taak aangemaakt, geschreven in Flux (eigen InfluxDB taal), die checkt of de temperatuur 60 graden heeft bereikt. Boven de 60 graden is de status ‘warn’, onder de 60 graden is de status ‘ok’ (zie code “NotificationRule\_InfluxDB”). Vervolgens zal er een notificatie gestuurd worden naar de Slack app, wanneer de status verandert van ‘warn’ naar ‘ok’ (zie code “TemperatureCheck\_InfluxDB”).

### Vervolgstappen

Twee vervolgstappen die genomen kunnen worden om het systeem nog verder te verbeteren zijn:

1. Het oplossen van een vals positief in de netwerkverbinding check.
2. Het eigen gebruik van InfluxDB.

In de code van de thermometer wordt de netwerkverbinding elke minuut gecontroleerd. Als deze controle aangeeft dat de verbinding verbroken is, wordt geprobeerd opnieuw verbinding te maken. Echter, het kan voorkomen dat de netwerkcontrole aangeeft dat de verbinding stabiel is, terwijl het verzenden van gegevens naar de InfluxDB database niet slaagt (InfluxDB Write Failed: Connection Refused, 2022). Wanneer dit probleem zich vaker voordoet, zou de internetverbinding gecontroleerd kunnen worden door een HTTP-request naar een bekende server te sturen. Als deze HTTP-request slaagt, is de internetverbinding stabiel.

Er wordt gebruik gemaakt van InfluxDB Cloud v2.6.1 (TSM), het is ook mogelijk een eigen InfluxDB server op te zetten met InfluxDB OSS (Open Source Software). De kosten voor het gebruik van InfluxDB Cloud 3.0 Serverless zijn afhankelijk van de hoeveelheid dataopslag. Het gebruik van InfluxDB Cloud Serverless heeft een gratis versie. Het gebruik van deze versie is afhankelijk van een aantal servicequota die er als volgt uitzien:

Service	Quota
Writes	5MB every 5 minutes
Task & Queries	300MB every 5 minutes
Storage	30 days of retention
Cardinality	Up to 10,000 series
Alerting	2 alert checks and 2 notification rules
Dashboards	Max. 5
Tasks	Max. 5
Databases	Max. 2

(Influx Data, 2021b)

Het gebruik van de eerder beschreven thermometers zal dit servicequota niet overschrijden, waardoor het gebruik van de gratis versie van InfluxDB Cloud Serverless wordt aanbevolen. Echter, de data worden slechts 30 dagen na de meting bewaard. Voor analyse over een langere periode is het daarom wenselijk om een eigen databaseserver op te zetten.

## 4.3 Applicatie ontwikkelen

Voor dit Project hebben wij gekeken naar verschillende applicaties om de app te creëren. Er zijn meerdere applicaties mogelijkheden bekeken maar we zijn tot de volgende applicatie opties gekomen: Appgyser, MIT App Inventor, Retooling en DronaHQ. Deze opties bieden de beste mogelijkheid voor het monitoren van de temperatuur.

Deze vier applicaties zijn gekozen, omdat voor deze applicaties weinig tot geen code geschreven hoeft te worden voor het maken van de app, maar meer gebruik maken van een drag en drop manier van app creatie. Dit maakt het een stuk sneller en gemakkelijker om een app te maken, dit was erg wenselijk, aangezien wij geen ervaring hebben met het maken van een app. Tevens konden deze apps data gebruiken van andere websites en databases waaronder InfluxDB, wat noodzakelijk is om zo de data weer te geven voor de monitoring van het koelproces.

### Identificeren gebruiker en doel van applicatie

De applicatie is bedoeld voor de productiemedewerkers van Oceanz, maar kan ook gebruikt worden door het productie managementteam om data te vergaren en om een uitpakvolgorde aan te geven.

De applicatie is bedoeld als een hulpmiddel om meer inzicht te geven in het koelproces en om de productiemedewerkers gemakkelijk te laten weten wanneer er een tray kan worden uitgepakt en het uitpak proces eerder kan beginnen.

### Hoe komt de applicatie er uit te zien

Om te achterhalen hoe de app eruit moet komen te zien zijn er interviews afgenomen met 3 van de productiemedewerkers van Oceanz. Na de interviews met de productiemedewerkers, zijn er een aantal wensen naar voren gekomen die ze graag terug willen zien in de app. De interviews zijn alleen bij de productiemedewerkers afgenomen, omdat de app voor hen bedoeld is om mee te werken. Ook zijn onze eigen ideeën hieraan toegevoegd, met het belang van de productiemedewerkers voor op gesteld, maar ook rekening gehouden met de belangen van de opdrachtgever team. Aan de hand daar van zijn de volgende wensen voor hoe de applicatie eruit komt te zien opgesteld:

- Welke trays er aan het afkoelen zijn.
- Real time temperatuur monitoring van de trays.
- Resterende afkoeltijd van de tray.
- Aangeven welke trays kunnen worden uitgepakt + de uitpakvolgorde die moet worden aangehouden.
- Weergeven van de uitgepakte trays + hoelang deze al is afgekoeld en wanneer de order/tray is uitgepakt.
- Het sturen van notificaties wanneer bepaalde trays klaar zijn met afkoelen.
- Het zuurstofgehalte van een tray tijdens het afkoelen meten.
- Meer data van de grotere trays vergaren in plaats van de kleine trays.

### Welke applicatie is het meest geschikt

Na dat de wensen van de applicatie duidelijk zijn is er gekeken naar welke applicatie deze het beste kan vervullen. De gekozen applicaties zijn DronaHQ en Slack.

DronaHQ is gekozen, omdat deze gemakkelijk werkt met influxDB, omdat die een directe link hiermee heeft. Zo kan alle data die nodig is vanuit influxdb via dataqueries naar DronaHQ worden gestuurd, zonder al te veel te coderen of een (rest) API aan te maken.

Ook bood DronaHQ de controls aan die nodig waren om de eerdergenoemde eisen en wensen te creëren. Tot slot biedt DronaHQ ook een gratis proefperiode voor het maken van een app.

De Slack app is hierbij aan toegevoegd, om notificaties te kunnen verzenden. DronaHQ bood geen functie aan om notificaties te kunnen verzenden, wanneer de trays de juiste temperatuur bereikten. Hiervoor is er gekozen om een 2e app toe te voegen die dit wel kon. Slack heeft ook een directe link met influxdb en biedt naast notificaties ook de gelegenheid voor een chatroom, die gebruikt kan worden voor overleg en meldingen van de monitoring van de trays.

Appgyser en MIT App Inventor vielen al snel af, omdat er weinig in de app zelf kon worden gedaan zonder een betaalde versie hiervan aan te schaffen en er alleen data kon worden gehaald uit influxdb door een (rest) API aan te maken. Hoewel Retooling een hoop hetzelfde bood als DronaHQ, door gemakkelijk data te halen uit influx en er gratis een proefversie kon worden gemaakt, viel Retooling toch af doordat het minder te bieden had op het gebied van functies toevoegen aan de app zelf.

## Hoe werkt DronaHQ en Slack

DronaHQ is een low-code app-ontwikkelingsplatform waarmee technische en zakelijke teams aangepaste software kunnen leveren met beveiliging en beheer op bedrijfsniveau.

Bouwt apps op maat die zijn verbonden met databases en API's. Gebruikt een visuele drag-drop-interface, kant-en-klare componenten en widgets. Beveilig met gedetailleerde machtigingen (RBAC), SSO en auditlogboeken.

## Hoe komt de applicatie er uit te zien?



Figuur 11 - User interface design

Figuur 11 laat de eerste schets zien van hoe de app eruit komt te zien. Hierin willen wij de volgende categorieën aan toevoegen, die zijn opgesteld aan de hand van de wensen van de productiemedewerkers.

APP: Categorieën

Afkoelen

- Afkoel gauge (temperatuur getal)
- Geschatte tijd resterend
- Tray nummer

Klaar om uit te pakken

- Tray nummer
- Uitpak volgorde
- Minimale temperatuur bereikt sinds
- Afkoel gauge (temperatuur getal)

Uitgepakt

- Minimale temperatuur bereikt sinds
- Uitgepakt op
- Tray nummer

- Eventueel als ingedrukt afkoelgrafiek

Oceanz home

- Welkomspagina
- Navigatie balk

### Proces van het ontwikkelen van de app

Hier wordt het proces van het ontwikkelen van de app omschreven en de knelpunten waar wij tegenaan liepen. Dit is bedoeld als advies naar Oceanz en een eventuele volgende projectgroep dit met dit project verder kan gaan, mochten zij aanpassingen willen maken aan de app.

Om de applicatie te maken werd er gebruik gemaakt van controls binnen de app. Dit zijn UI-componenten zoals invoerbesturingselementen, knoppen, grafieken, navigatie, native bedieningselementen, lijsten etc. Deze controls kunnen worden aangepast en hierin kan data worden toegevoegd vanuit influxdb.

Eerst zijn er een aantal screens opgezet met controls waarin wij de data van influx wilden weergeven. Vervolgens zijn er dataqueries opgezet waaruit de data kon worden gehaald vanuit influx. Daarna kon de data worden opgehaald, hiervoor is er voor elke control een aparte dataquery aangemaakt. Nadat de controls waren opgezet en data bevatte is de app opgemaakt en is er een navigatie optie voor mobiel toegevoegd. Tot slot is de app gepubliceerd en kon de app worden gedownload en gebruikt worden op een mobiel.

Er ontstonden echter een aantal knelpunten bij het opzetten van de dataquery's, dit bleek lastiger te gaan dan initieel werd gedacht. Hoewel er een directe link van influxdb naar DronaHQ was, moest er nog steeds een stukje code geschreven worden om daadwerkelijk de data uit influxdb te halen. Dit was voornamelijk een probleem, omdat er weinig informatie te vinden was over hoe de code eruit moest zien en influxdb moest live data hebben om de link met DronaHQ te kunnen leggen.

### Hoe ziet de eind applicatie eruit

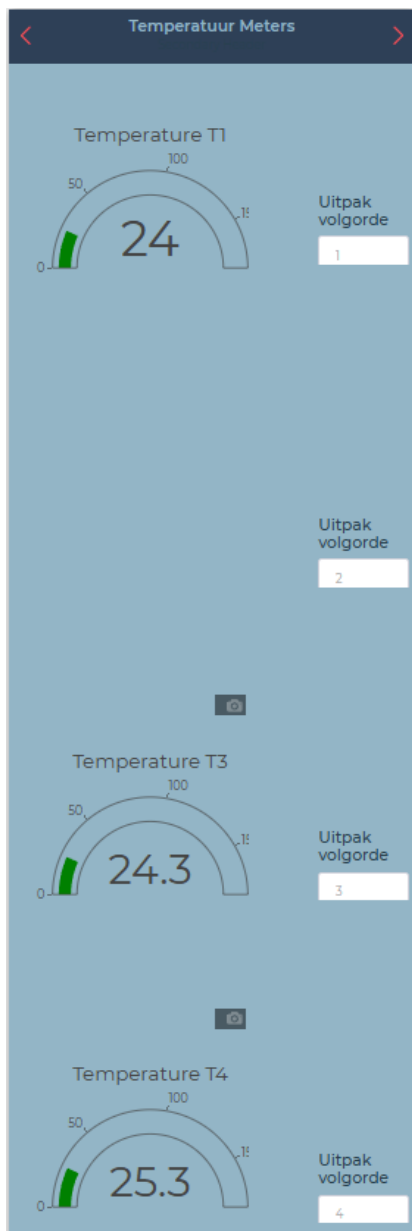
De daadwerkelijke applicatie heeft een 3 screens:

- Home
- Temperatuur gauges
- Afkoelgrafieken



Figuur 12 - Homepage DronaHQ app

De homepage is het eerste wat de medewerkers kunnen zien als ze de app openen, hierin staat waar de app voor bedoeld is en wat er in de app te vinden valt.



Figuur 13 - Temperatuur gauges DronaHQ app

De temperatuur gauges geven de huidige temperatuur weer van alle 4 de thermokoppels. Ook zit er naast de temperatuur gauges een optie om de uitpakvolgorde aan te geven. De uitpakvolgorde kan aangepast worden in de app.



Figuur 14 - Temperatuur grafieken DronaHQ app

De afkoelgrafieken geven het verloop van het koelproces van de trays aan.

#### Wat werkt nog niet optimaal aan de applicatie

De Slack app stuurt notificaties wanneer de temperatuur van warn naar oke gaat bij alle thermokoppels. Een van de wensen van de medewerkers was dat ze bepaalde trays prioriteit willen geven, zodat ze alleen daarop een speciale notificatie krijgen, of alleen van die een notificatie binnenkrijgen.

In DronaHQ was er de wens dat er een timer kwam die liet zien hoelang de tray nog moest afkoelen. Dit bleek echter voor ons niet mogelijk te zijn, omdat er geen globale voorspelling voor het afkoelen kan worden gedaan doordat er verschillend koelgedrag ontstaat bij verschillende materialen. Dit maakt het lastig om accurate voorspellingen te doen voor elke tray, aangezien elke tray met verschillende materialen kan komen. Ook was het lastig om alles precies te krijgen zoals wij dat graag hadden gewild, er kon bijvoorbeeld wel de temperatuur uit InfluxDB worden gehaald, maar was het niet gelukt om in de app ook de kleurcodering van influx weer te geven.

Zie bijlagen 7: handleiding van applicatie voor medewerker, voor de handleiding van de applicatie.



## 5. Conclusie thermometer en applicatie

Via de aangemaakte database in InfluxDB wordt de data naar de applicatie gestuurd. Om te kunnen werken met de verandering dient de medewerker twee apps te downloaden:

- Slack: voor notificatie wanneer de tray een temperatuur van 60 graden heeft bereikt, en een notificatie wanneer de tray genoeg is afgekoeld en uitgepakt kan worden
- DronaHQ; voor het volgen tray temperatuur monitoring

Tijdens het koelproces nadat de tray uit de printer is gehaald en naar de koelruimte is gebracht, wordt niet alleen de stikstof aansluiting aangebracht maar word ook de thermometer in de tray gedaan. De thermometer wordt in het midden van de tray geplaatst en na plaatsing wordt in de app gecontroleerd of de thermometer het doet. Wanneer deze het doet kan de werknemer door gaan met andere werkzaamheden en via de app het koelproces van de tray monitoren. Wanneer de tray genoeg is afgekoeld en een temperatuur van 60 graden is krijgt de werknemer een notificatie dat de tray klaar is om uitgepakt te worden en kan de werknemer de tray gaan uitpakken en verder met het proces.

Voordelen van de applicatie

1. Door de verandering hoeft de medewerker zelf niet meer bij te houden hoelang de tray aan het koelen is en hoelang deze nog moet.
2. De tray hoeft niet langer dan nodig is te koelen en kan direct worden uitgepakt bij de juiste temperatuur.
3. De medewerker kan gemakkelijk in de app zien hoeveel graden de tray is en hoeft hiervoor niet naar de tray toe te lopen of andere handelingen te verrichten.
4. De medewerker kan de voorbereidingen van het uitpakken en de volgende stappen op tijd klaarmaken zodat er niet nog meer vertraging ontstaat.
5. Medewerkers van andere afdelingen kunnen zich voorbereiden, doordat zij ook kunnen inzien wanneer de tray afgekoeld is en snel daarna zal worden uitgepakt.

**Hoe ziet de temperatuur monitoring er in praktijk uit:**



*Figuur 15 - Thermometers*

De thermometers die worden bevestigd in de tray die de temperatuur meten.



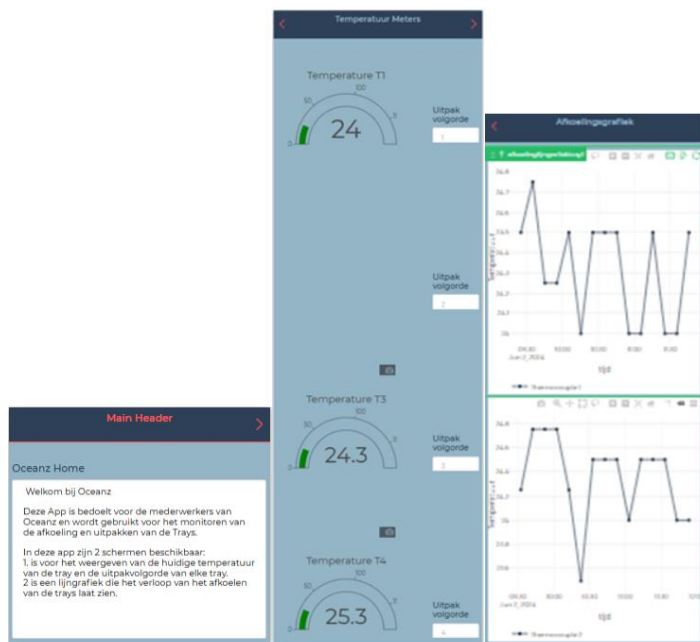
*Figuur 16 - Thermometers + Tray*

Thermometer die in de tray is bevestigd en de tempratuur van de tray meet.



*Figuur 17 - Thermometers + dashboard*

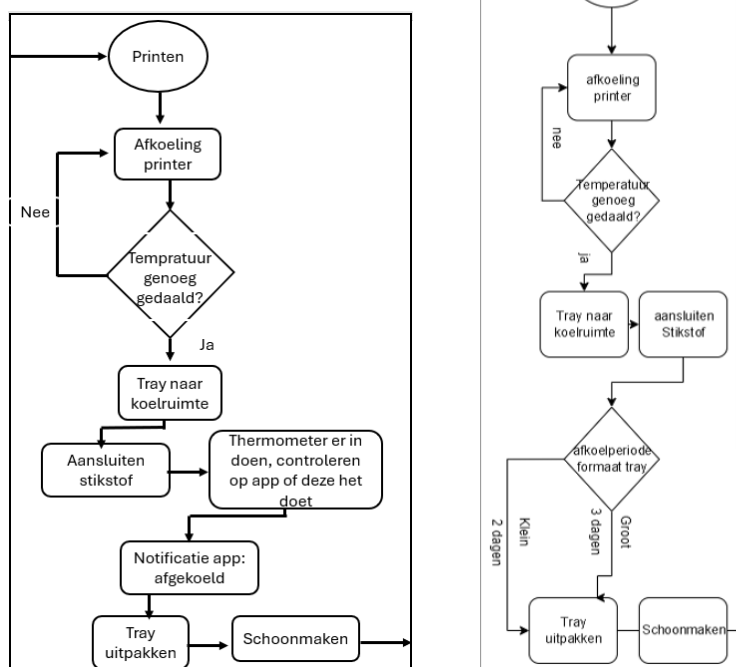
Computer die de gegevens van de thermometer monitort.



Figuur 18 - DronaHQ app

De gegevens worden van de computer naar de app gestuurd waardoor de meet gegevens in de app kunnen worden weergegeven.

In het nieuwe proces wordt er niet 2/3 dagen gewacht of handmatig de temperatuur gemeten, maar kunnen de productiemedewerkers de temperatuur checken op hun telefoon en ontvangen een melding zodra de tray is afgekoeld naar 60 graden.



Figuur 19 - oude koelproces flow

Figuur 20 - nieuwe koelproces flow

## 6. Kosten-batenanalyse

Voor de kosten-batenanalyse zijn formules opgesteld om de tijdwinst en de geld winst te berekenen. Ook is er gekeken naar welke verspillingen volgens Lean kunnen worden tegengegaan en welke resultaten Oceanz zou kunnen behalen met deze besparing in geld en tijd. In een schema zijn een aantal mogelijke resultaten voor Oceanz uitgewerkt.

In figuur 21 zijn de formules te vinden, zie bijlagen: kosten-batenanalyse aannamen, voor hoe eventueel de kosten-batenanalyse er uit ziet als die ingevuld is (deze invulling is gedaan op aannames).

### KOSTEN BATEN ANALYSE

#### Tijd winst

Oude koeltijd standaard (kleine tray 48 uur, grote tray 72 uur) - nieuwe koeltijd = bespaarde tijd per tray

Aantal trays die per jaar worden geprint x bespaarde tijd per tray = bespaarde tijd per jaar

bespaarde tijd per tray = onnodige stilstand uren die bespaard word

stilstand uren die bespaard word per dag x aantal werkdagen per jaar : aantal uur van een werkdag = aantal werkdagen die bespaard worden

Aantal order per jaar: aantal werkuren per jaar = aantal order per uur x bespaarde tijd per tray = aantal orders die meer geproduceerd kunnen worden per jaar

#### Kosten besparing

Werknemer kosten per uur x bespaarde tijdper tray = bespaarde werknemer kosten (door dat er geen onnodige stilstand is)

Aantal orders die meer geproduceerd kunnen worden per jaar x opbrengst per order (aantal orders per jaar : opbrengste per jaar aan orders = opbrengst per order) = extra opbrengst die gegenereerd kan worden

(winst per jaar : aantal werkdagen per jaar : 24 uur = winst per uur) winst per uur x bespaarde tijd per tray = winst die nu word genegeerd in stilstand,

winst die nu word genegeerd in stilstand + winst = nieuwe winst wanneer bespaarde tijd opgevuld word met orders

#### Kosten

Aantal minuten plaatste thermometer x werknemer kosten per minuut (werknemer kosten per uur: 60 = werknemer kosten per minuut) = kosten werknemer plaatste thermometer

Onderhoud app en thermometer

Figuur 21 - kosten-batenanalyse

## 8 verspillingen van Lean



Figuur 22 - Acht verspillingen van Lean (Bas, 2021)

De verbetering gaan de volgende verspillingen tegen in het oude proces:

- Wachten, er hoeft geen onnodige stilstand plaats te vinden door het langer koelen van de tray dan nodig is. De applicatie geeft aan wanneer de tray klaar is en door kan naar het volgende proces
- Fouten, er hoeven geen fouten, schaden in objecten te ontstaan door dat een tray te vroeg wordt uitgepakt en de tray nog niet de juiste temperatuur had. De applicatie laat ten alle tijden de temperatuur van de tray zien er kunnen dus geen fouten gemaakt worden door onwetendheid van de tempratuur van de tray.
- Beweging, werknemers hoeven niet meer extra metingen uit te voeren op de tray en hoeven ook niet naar de tray toe voor informatie over de tray bijvoorbeeld om te kijken op welk

tijdstip de tray uit de printer gehaald is. Werknemers kunnen dit op iedere locatie op hun smartphone deze informatie en de huidige informatie over de tray inzien.

- Talent, de werknemers zijn voor een functie aangenomen en niet voor extra werkzaamheden die nodig zijn door gebrek aan monitoring en inzicht. Door de monitoring en inzicht die de thermometer en applicatie bieden kan de werknemer zich focussen op zijn functie en de werkzaamheden waar hij/zij goed in is en waarde toevoegen.

## 6.1 Bespaarde tijd optimaal benutten

De tijd die bespaard wordt kan optimaal benut worden op verschillende manieren. Voor veel van de opties vergt nog een onderzoek over hoe dit het beste gerealiseerd kan worden.

Resultaat van verandering	Wat houdt het in	Hoe ziet dit er bij Oceanz uit	Randvoorwaarden
Efficiënt printen	Wanneer mensen en machines stil staan kost dit in principe geld, geld dat wordt misgelopen door stilstand. Het is dus van belang dat een proces, mensen en middelen zo efficiënt mogelijk worden ingezet om stilstand te voorkomen.	Door het inzicht in het koel proces kan er efficiënter geprint worden. Wanneer er geprint wordt is de duur van het printen bekend nu dat ook de duur van het afkoelen beter bekend is kan het printen hierop worden afgestemd zodat het een doorlopend proces wordt zonder stilstand. Er kan berekend worden wanneer welke tray geprint wordt en wat de gemiddelde koeltijd zal zijn zo kan er een efficiënte planning van print volgorde en tijden ontwikkeld worden waardoor er geen stilstand hoeft te zijn. Er kan een proces ontstaan waarin er altijd geprint wordt, gekoeld en uitgepakt wordt, als hier de opdrachten natuurlijk ook voorzien.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Om efficiënt te kunnen printen moet er rekening worden gehouden met voorbereiding van werkzaamheden, schoonmaken en overige handelingen die moeten worden uitgevoerd</li> <li>- Voor het creëren van een efficiënt proces is het ook van belang dat er voldoende medewerkers zijn, het proces moet op het aantal medewerkers worden afgestemd of het aantal medewerkers moet op het meest proces worden afgestemd</li> <li>- Er moet rekening gehouden worden met het aantal orders dat gerealiseerd moet worden</li> <li>- Er moeten voldoende materialen, middelen, machines en mensen beschikbaar zijn</li> </ul>
Werkzaamheden werknemer	De tijd die bespaard wordt kan optimaal worden benut door de werkzaamheden van de medewerker eventueel te verbreed zodat de medewerker niet stilstaat en dus ook geen geld kost.	Door dat het inzichtelijk is hoeveel tijd er bespaard wordt kan deze tijd optimaal benut worden met andere werkzaamheden. De medewerker kan eventueel werkzaamheden van een ander proces erbij doen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wanneer de medewerker andere werkzaamheden gaat doen moet deze medewerker hiervoor getraind of geschoold worden</li> </ul>
Kosten werknemers besparen	Door het inzicht wat gegeven wordt en de bespaarde tijd volledig te benutten kan het zijn dat een werknemer minder nodig is dan zijn werkuren nu. Hiermee kan er bespaard worden op de kosten van een werknemer. Ook door dat de werknemer wellicht werkzaamheden kan over nemen in de bespaarde tijd kan er wellicht bespaard worden op werknemers.	De uren van een werknemer kunnen worden aangepast zodat de werknemer ook aanwezig is voor het aantal uur dat er werk is. Ook kan een werknemer de werkzaamheden van een ander proces erbij doen in de tijd die bespaard word. Dit kan er voor zorgen dat een werknemer van een ander proces volledig te vervangen is, doordat de werkzaamheden door een werknemer gedaan kunnen worden. Wellicht dat er een efficiënte planning voor nodig is om dit te realiseren dit zijn afwegingen die grondig moeten worden overwogen en onderzocht worden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wanneer de werkuren van de medewerker worden aangepast moet worden onderzocht of dit haalbaar is met het aantal orders</li> <li>- Er zullen periodes zijn dat het drukker is en er moet dan wel nog genoeg personeel zijn</li> <li>- Wellicht dat er een efficiënte planning voor nodig is om te realiseren dat een werknemer de werkzaamheden van twee processen kan doen.</li> </ul> <p>Alle opties moeten grondig worden onderzocht en overwogen worden. Kosten in werknemers besparen is veranderingen met een grote impact</p>
Meer produceren	Door dat er tijd wordt bespaard en er duidelijk is hoeveel tijd er wordt bespaard kan Oceanz wanneer die mogelijkheid er ook is ervoor kiezen om meer klanten te bedienen en meer te gaan produceren. Hiermee kunnen zij hun organisatie laten groeien en meer omzet generen.	De bespaarde tijd kan worden opgevuld met meer produceren en dus meer orders. Zij kunnen dit doen door het efficiënter plannen van het proces en de huidige werknemers.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Er moeten voldoende materialen, middelen, machines en mensen beschikbaar zijn</li> <li>- Er moet onderzocht worden hoeveel meer er geproduceerd kan worden en wat er voor nodig is om dit te realiseren</li> </ul>

## 7. Implementatieplan

Het implementatieplan dient als advies hoe Oceanz de thermometer en applicatie kan implementeren in de huidige organisatie en wat hier de gevolgen van zullen zijn.

### 7.1 Aard van de verandering

Het is van belang om aard van de verandering te onderzoeken. Dit omdat van boven af een verandering klein kan lijken maar de impact op de werkvloer groot kan zijn. Ook voor het verloop van een goede implementatie is het van belang om te weten met wat voor verandering te maken is. Hier kan de implementatie op worden aangepast om weerstand te voorkomen en de implementatie zo prettig mogelijk kan verlopen. (Breinstein, 2022)

#### Grote van verandering

De grote van de verandering en moet onderzocht worden voor het maken van een goede implementatie. In figuur 23 worden de veranderingen geclassificeerd in een van de vier soorten veranderingen: aanpassing, fundamenteel, grootschalig en heroriëntatie.



Figuur 23 - Type van verandering (Boom Management, 2023)

De verandering is een aanpassing. Bij de verandering is sprake van het aanpassen van het huidige koelproces, wat leidt tot verbetering bij een specifieke afdeling en niet de gehele organisatie. Wanneer de verandering wordt uitgebreid of geoptimaliseerd tot het verkorten van het koelproces, kan de verandering lijden tot een fundamentele verandering of zelfs een grootschalige verandering en geen aanpassing. De verandering zal dan invloed hebben op systemen. (Boom Management, 2023b)

#### Veranderbereidheid

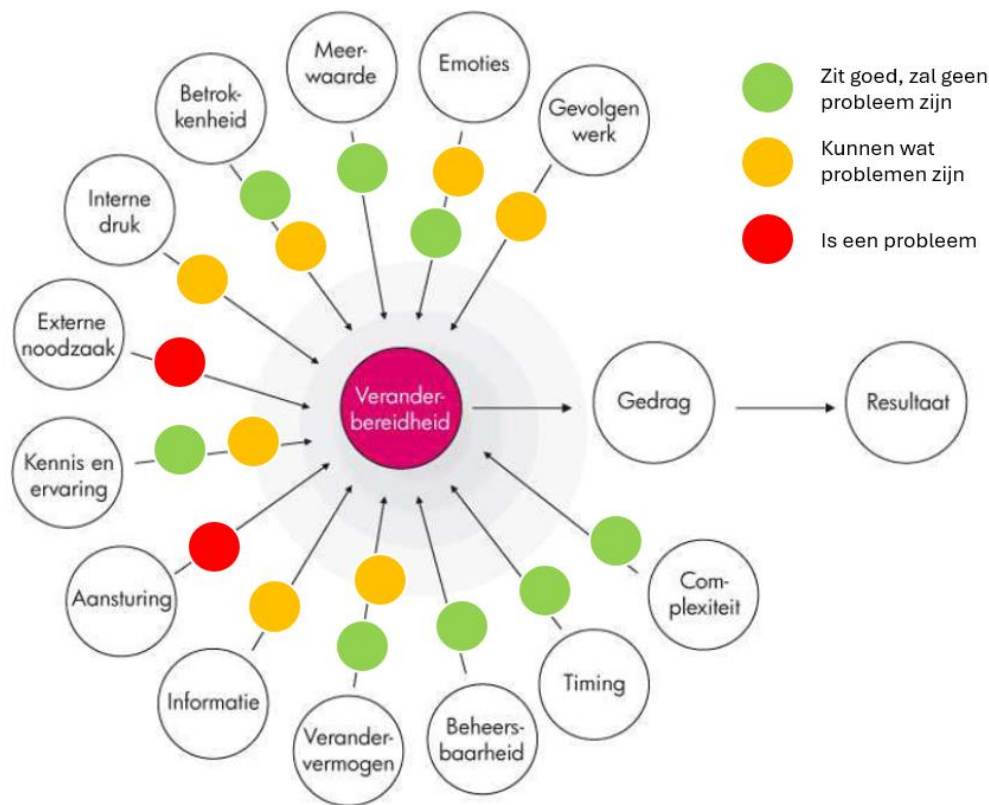
In figuur 24 is de veranderbereidheid van Oceanz afgewogen tegen de verandering. De veranderbereidheidscirkel geeft inzicht op welke onderdelen moeilijkheden of weerstand kan ontstaan.

Groen= dit onderdeel zal geen dreiging vormen.

Oranje= dit onderdeel kan voor dreiging zorgen en moet in de gaten gehouden worden.

Rood= dit onderdeel zal voor dreiging zorgen er moeten voorzorgsmaatregelen genomen worden om de dreiging te beperken.





Figuur 24 - Veranderbereidheid model van Azjen

Uit de veranderbereidheid model zijn vier onderdelen gekomen die een dreiging kunnen vormen of een dreiging gaan vormen als er niets mee wordt gedaan. Voor de gehele uitwerking van het veranderbereidheid model zie: bijlagen 5, veranderbereidheidsmodel. Hieronder worden de vier onderdelen en de dreiging toegelicht:

Gevolgen van werk: Het proces zal iets veranderen waardoor er een handeling bij komt, maar het zal het ook vergemakkelijken door dat er een notificatie wordt gestuurd wanneer de tray is afgekoeld.

Interne druk: De interne Druk voor verandering is niet noodzakelijk, maar wel gewenst.

Externe noodzaak: Er is geen externe noodzaak naar verandering wat kan leiden tot weerstand.

Wanneer er geen noodzaak is of matige noodzaak zal het enthousiasme en de motivatie voor het succes van een verbetering afnemen.

Aansturen: Aangezien de bedenkers van de verbetering niet de implementatie zullen uitvoeren is dit een risicogebied en kunnen er problemen ontstaan. Er zal een team moeten worden opgesteld wat de implementatie zal gaan uitvoeren en dit ook daadwerkelijk moeten doen.

Informatie: Alle informatie is van de projectgroep overgedragen aan Oceanz en mochten er nog vragen zijn kan Oceanz altijd contact opnemen met de projectgroep.

Er is volle vertrouwen in Oceanz en de medewerkers om de verandering succesvol te implementeren. De medewerkers zullen soms wat extra motivatie of overtuiging nodig hebben, maar het zal hun zeker lukken om de verandering succesvol te implementeren. Voor uitgebreide uitwerking van aard van de verandering zie bijlagen 8: uitwerking implementatie plan.

## 7.2 Implementatie aanpak

Voor het identificeren welke benadering techniek voor Oceanz en de verandering geschikt is wordt het kleurenmodel van De Caluwé en Vermaak gebruikt. Dit kleurmodel onderscheid vijfkleuren die verschillende denkwijzen en benaderingen van veranderingen vertegenwoordigen. Er is gekozen voor het kleurmodel van De Caluwé en Vermaak zodat er voor de implementatie een benaderwijze gekozen kan worden voor de verandering en om de situatie en betrokken personen te typeren. Doormiddel van het kleurenmodel kan een implementatie model worden afgestemd op de situatie en personen en kan er draagvlak gecreëerd worden (Gertjanschoop, 2023).

Voor de implementatie van de thermometer en de applicatie wordt er dan ook geadviseerd een combinatie van twee benaderwijzen te hanteren: geeldrukdenken en blauwdrukdenken. De geeldrukdenken zal gehanteerd worden in de manier van informatie geven: overtuigen, belang van de medewerkers bij de verandering, wij benoemen dit omdat deze aanpak aansluit bij de werknemers. De blauwdrukdenken zal gehanteerd worden bij de uitvoering en zal voor structuur zorgen. Zo zal er een stappenplan worden ontwikkeld voor de implementaties zodat de verandering ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd en niet blijft liggen.

### Planning

Voor het succesvol implementeren van de verbetering is een planning van 9 weken opgesteld. Dit is een ruime planning met pitstops en PDCA-meeting, waarbij het plan en/ of de verbetering kan worden bijgesteld. De planning is zo opgesteld dat de verbetering zo goed mogelijk wordt geïmplementeerd met een vaste structuur van Plan, Do, Check, Act zo dat de verbetering zo succesvol mogelijk zal functioneren binnen Oceanz.

		week 1	week 2	week 3	week 4	week 5	week 6	week 7	week 8	week 9
<b>Informereren</b>										
Bijeenkomst 1: informeren	medewerkers koelproces, ICT en Erik (optioneel voor overige werknemers)									
Bijeenkomst 2: planning	medewerkers koelproces, ICT en Erik									
<b>Voorbereiding</b>										
Vorbereiden implementatie	medewerkers koelproces, ICT									
<b>Implimenteren</b>										
Start nieuwe koel proces	medewerkers koelproces									
Pitstop	medewerkers koelproces en Erik									
PDCA	medewerkers koelproces, ICT en Erik									
<b>Eind</b>										
Nieuw koelproces geïmplementeerd	Medewerkers, ICT en Erik									

Advies: houdt twee bijeenkomsten, laat tussen deze bijeenkomsten een weektijd zitten zodat de informatie verwerkt kan worden en er gewend kan worden aan wat gaat komen.

Bijeenkomst 1 informeren: bespreek wat er gaat veranderen en hoe deze verandering er uit ziet en werkt en wat het belang hiervan zal zijn. Het belang op het proces, de werkzaamheden van de werknemer en welke voordelen het biedt zullen hier worden toegelicht. Ook is deze bijeenkomst het moment om de medewerker er nog bij te betrekken. Geef ze de ruimte om hun mening en zorgen te delen en wellicht te onderhandelen over hoe de implementatie er uitkomt te zien zodat zij overtuigt worden van het belang van de verandering en tijdens de implementatie geen tot nauwelijks weerstand zullen geven. Tijdens deze bijeenkomst wordt de geeldrukdenken benadering gehanteerd.



Bijeenkomst 2 planning: aangezien het een uitdaging is om een verandering daadwerkelijk te implementeren en niet te laten liggen zal er een planning komen. Deze planning zal er over gaan hoe de verandering geïmplementeerd kan worden en daadwerkelijk zal wordt geïmplementeerd. De voordelen en het belang van de verandering wordt nog eens kort toegelicht om de medewerker hier nogmaals bewust van te maken. Tijdens deze bijeenkomst zal er een mix tussen geeldrukdenken en blauwdrukdenken worden gehanteerd.

Voorbereiding: de ICT-afdeling zal in Influx een eigen pagina maken en zorgen dat de app werkt. Ook zal de ICT-afdeling de thermometer en de computer waarmee de thermometers verbonden zijn en de app controleren zodat deze goed werken en klaar zijn om gebruikt te worden. Een medewerker van het koelproces zal zorgen dat de thermometer en laptop op de juiste plek liggen.

Start nieuwe proces: hier zal het nieuwe proces worden geïmplementeerd en zal er gewerkt worden met de thermometer en app door de medewerkers van het koelproces. (DO)

Pitstop: tijdens deze eerste maand zullen er wekelijkse pitstops momenten plaats vinden om zo de voortgang van de implementatie, de verandering en de ervaring van de medewerker te bespreken. (CHECK)

PDCA: tijdens de PDCA-meeting wordt er gekeken waar de verandering aangepast moet worden zodat er goed met de verandering te werken is. (PLAN, ACT)

Eind: na het aanpassen van de verandering is er optimale verandering ontstaan en is de nieuwe werkwijze gestandaardiseerd in de organisatie.

Tussen de PDCA-meetings zit twee weken zo dat de medewerkers kunnen wennen aan het nieuwe proces.

#### **Uitvoering implementatieplan taakverdeling**

Aangezien het project van de projectgroep zal stoppen zal Oceanz zelf de implementatie moeten gaan uitvoeren. Hiervoor wordt geadviseerd om 2 personen aan te wijzen die dit op pakken en de planning zullen uitvoeren en bewaken. Het advies is om dit te laten uitvoeren door: Erik en een medewerker van het koelproces.

Voor uitgebreide uitwerking en toelichtingen van implementatie aanpak, zie bijlagen 8: uitwerking implementatie plan.

## 8. Aanbevelingen voor vervolgadvis

Door de toekomstige verbetering wordt het koelproces in beeld gebracht. Er kunnen er nieuwe veranderingen gerealiseerd worden voor het optimaal benutten van de bespaarde tijd van het koelproces van Oceanz. Ook zijn er nog mogelijkheden om de verbetering verder te optimaliseren. Deze mogelijkheden zullen hier besproken worden. Er wordt geadviseerd om eerst 3 maanden met de verbetering van de thermometer en app te werken en daarna pas te gaan kijken naar verdere verbeter en verander mogelijkheden. Hieronder worden mogelijkheden voor verdere verbeteringen en veranderingen gegeven:

### **Uitbreiding stroompunten en thermometers**

Momenteel zijn er vier thermometers en is er maar een aansluitplek waar deze thermometers gebruikt kunnen worden. Dit terwijl er ook op een andere plek binnen het bedrijf gekoeld wordt, hier is momenteel geen stroom punt dus kunnen de thermometers niet worden gebruikt.

- Een advies voor eventuele uitbreiding is dan ook om op de andere koellocatie ook een stroompunt te creëren waardoor hier ook gebruik van de thermometer gemaakt kan worden.
- Omdat er vier thermometers zijn en wellicht meer trays gekoeld worden, is een ander advies ook om meer thermometers aan te schaffen zodat alle trays die gekoeld worden gemonitord kunnen worden.

### **Optimaliseren applicatie**

De applicatie bestaat nu uit twee apps een voor het monitoren en een voor de notificaties. Het monitoren van de tray wordt weergegeven doormiddel van het nummer van de thermometer die in de tray is bevestigd. Hier zitten een aantal mogelijkheden om dit beter te maken voor Oceanz en de werknemers:

- Een applicatie die zowel de monitoring als notificaties weer geeft.
- De monitoring en notificatie niet op nummer van de thermometer maar nummer van de tray koppelen zodat ook verdere afdelingen op de hoogte is om welke bestelling het gaat en wat de voortgang van deze bestelling is.
- Applicatie gekoppeld aan de systemen op de schermen, zodat deze ook de monitoring kunnen weergeven.

### **Eventuele resultaten kosten-batenanalyse onderzoeken**

In de kosten-batenanalyse worden eventuele resultaten die behaald kunnen worden door de verandering weer gegeven in een schema, zie figuur 21 Deze eventuele resultaten moeten verder onderzocht en afgewogen worden voor er mee verder kan worden gegaan. Het advies is dan ook om deze mogelijkheden verder te onderzoeken, dit kan eventueel door een nieuwe projectgroep, stagiair of door een huidige medewerker.

### **Onderzoek doen naar een betere thermometer en het zuurstofgehalte meten**

Tijdens dit project is er gekozen om met de thermometer van de vorige projectgroep verder te gaan. Er is niet onderzocht of dit de beste thermometer is en welke thermometers wellicht ook geschikt zijn of zelfs beter resultaten geven. Verder kwam er met een gesprek met de medewerkers te spraken dat zij ook meer inzicht in het zuurstofgehalte van de tray zouden willen krijgen. Aan de hand van deze informatie zijn de volgende adviezen opgesteld:

- Onderzoek doen of dit de beste thermometer is om te gebruiken of dat er een betere optie is.
- Onderzoek doen na hoe het zuurstofgehalte gemeten kan worden in de tray, en of hiervoor nieuwe meetapparatuur voor nodig is.

- Onderzoek doen wat voor voordelen het meten van het zuurstofgehalte heeft en wat Oceanz er mee kan.

### **Optimaliseren koeltijd**

Nu dat het koelproces en de tijd in kaart is gebracht kan er gekeken worden naar optimalisatie mogelijkheden. Voordat iets geoptimaliseerd kan worden, moet iets namelijk eerst in kaart zijn gebracht om zo ook de effecten van een eventuele optimalisatie te monitoren. Er zou dan ook aan de slag kunnen worden gegaan met het eventueel zoeken naar mogelijkheden voor verkorten van het koelproces. De mogelijkheden die gevonden worden kunnen ook gemakkelijk getest worden en gemonitord worden met de thermometers en de applicaties.

### **Voorspellingen**

Voorheen werden de trays uitpakkt op basis van een ruime voorspelling van koeltijd, twee dagen voor een kleine tray en drie dagen voor een grote tray. Nu dat het koelproces gemonitord wordt kan deze ruime voorspelling ook worden bijgesteld en kunnen er voorspellingen worden gedaan op basis van verschillende criteria: tray groten, tray inhoud (halve bak of volle bak) en hoeveel objecten worden er worden geprint.

## 9. Bronnenlijst

*3D printen? Dit is Selective Laser Sintering - Oceanz 3D Printing.* (n.d.). Oceanz 3D Printing.

<https://www.oceanz.eu/technieken/selective-laser-sintering/>

Bas. (2021, May 20). *Wat zijn de acht verspillingen van Lean? | Bureau Tromp.* Bureau Tromp.

<https://www.yellowbelt.nl/8-verspillingen-lean/>

Boom Management. (2023a, December 8). *Wat is verandering? - Boom Management.*

<https://boommanagement.nl/artikel/wat-is-verandering/>

Boom Management. (2023b, December 8). *Wat is verandering? - Boom Management.*

<https://boommanagement.nl/artikel/wat-is-verandering/>

Breinstein. (2022, November 28). *Het belang van succesvol verandermanagement.* Breinstein.

<https://www.breinstein.nl/blogs/wat-is-het-belang-van-succesvol-verandermanagement/>

Elektroshop, R. (n.d.). *TEMPERATUURSONDE / SENSOR 600 °C + MAX6675 K-TYPE THERMOKOPPEL-MODULE (VMA339) - Rutten Elektroshop.*

<https://www.ruttenelektroshop.nl/product/vma339-temperatuursonde-sensor-600-c-max6675-k-type-thermokoppel-module/>

*FormLabs Customer support.* (n.d.). Formlabs Customer Support.

[https://support.formlabs.com/s/article/Cooling-a-build-chamber-before-cleaning-prints?language=en\\_US](https://support.formlabs.com/s/article/Cooling-a-build-chamber-before-cleaning-prints?language=en_US)

*Fuse Sift: All-In-One powder recovery for the Fuse Series.* (n.d.-a). Formlabs.

<https://formlabs.com/post-processing/fuse-sift-fuse-blast/>

Gertjanschop. (2023, December 11). *Kleurenmodel De Caluwe - managementmodellensite.*

Managementmodellensite. <https://managementmodellensite.nl/kleurenmodel-caluwe/>

Influx Data. (2021a, December 10). *InfluxDB: Open Source Time Series Database | Influx Data.*

<https://www.influxdata.com/blog/tldr-influxdb-tech-tips-configuring-slack-notification-with-influxdb/>

Influx Data. (2021b, December 10). *InfluxDB: Open Source Time Series Database | Influx Data*.

<https://www.influxdata.com/influxdb-cloud-pricing/>

*InfluxDB write failed: connection refused*. (2022, March 19). Influx Data Community Forums.

<https://community.influxdata.com/t/influxdb-write-failed-connection-refused/24304>

Istecadmin. (2020, February 19). *Hoe bepaal je het juiste temperatuur-meetinstrument?* Istec.

<https://www.istec.com/hoe-bepaal-je-het-juiste-temperatuur-meetinstrument/>

Magdy, K. (2023, August 17). *Why to use timer instead of delays?* | *Embedded Systems tutorials*.

DeepBlue. <https://deepbluembedded.com/why-use-timer-instead-of-delay/>

*Manage InfluxDB dashboards | InfluxDB Cloud (TSM) Documentation*. (n.d.). InfluxData Inc.

<https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/visualize-data/dashboards/>

Mohanty, S., Burger, T., Knudsen, R. P., & Tosello, G. (2022). Increasing the productivity of selective

laser sintering workflow by integrating cooling channels in the printing powder matrix. *CIRP*

*Annals*, 71(1), 145–148. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.03.038>

Santos, S., & Santos, S. (2022, March 15). *ESP32: K-Type Thermocouple with MAX6675 Amplifier |*

*Random Nerd Tutorials*. Random Nerd Tutorials. [https://randomnerdtutorials.com/esp32-k-](https://randomnerdtutorials.com/esp32-k-type-thermocouple-max6675/)

[type-thermocouple-max6675/](https://randomnerdtutorials.com/esp32-k-type-thermocouple-max6675/)

Smattila. (2023, April 23). *SLS – Selective Laser Sintering*. Materflow.

<https://www.materflow.com/en/sls-selective-laser-sintering-2/>

Spril. (2022, September 16). *Waarom zijn er voorspellingen nodig?* - Spril. [https://spril.nl/onze-](https://spril.nl/onze-kennis/waarom-zijn-er-voorspellingen-nodig/)

[kennis/waarom-zijn-er-voorspellingen-nodig/](https://spril.nl/onze-kennis/waarom-zijn-er-voorspellingen-nodig/)

*Temperatuur sensoren*. (n.d.). <https://ebora.nl/instrumentatie/temperatuur.html>

## 10. Bijlagen

### Bijlagen 1: Nieuw meetinstrumenten

**Welk thermometer is geschikt om de temperatuur van het poederbed uit een SLS 3D-printer te monitoren?**

- Welke temperatuur meetinstrumenten zijn er te krijgen?
- Hoe kan een thermometer op geschiktheid beoordeeld worden?
- Hoe scoren de geselecteerde thermometers op de criteria waarop ze beoordeeld worden?

#### Onderzoeksmethode

Het literatuuronderzoek ("Literature study") zal wijzen naar welke temperatuur meetinstrument en - technieken er te krijgen zijn. Vervolgens worden deze alternatieven met elkaar vergeleken a.d.h.v. een lijst met criteria ("Multi-criteria decision making"). De beste optie(s) worden getest op bruikbaarheid ("usability testing"). (Vogel, n.d.)

#### Verschillende meetinstrumenten

De temperatuur speelt vaak een belangrijke rol in een proces, het heeft invloed op efficiëntie, op veiligheid en op kwaliteit. Er zijn verschillende meet instrumenten die gebruikt kunnen worden om de temperatuur van een object te meten.

<https://ebora.nl/instrumentatie/temperatuur.html>

<b>Contact temperatuursensoren</b>	Deze temperatuursensoren moeten in fysiek contact staan met het object dat wordt gedetecteerd en gebruik maken van geleiding om veranderingen in temperatuur te monitoren.
<b>Contactloze temperatuursensoren</b>	Doormiddel van convectie en straling worden veranderingen in temperatuur gemonitord. Ze kunnen worden gebruikt om vloeistoffen en gassen te detecteren die stralingsenergie uitzenden wanneer de warmte stijgt en de koude zich in convectiestromen naar de bodem zet of om de stralingsenergie te detecteren die door een object in de vorm van infraroodstraling wordt overgedragen.
<b>De thermostaat</b>	De thermostaat is een elektromechanische temperatuursensor of schakelaar van het contacttype die bestaat uit twee verschillende metalen die op elkaar zitten om een Bimetaal te vormen. De verschillende lineaire uitzettingssnelheden van de twee verschillende metalen veroorzaken een mechanische buigbeweging wanneer het bimetaal aan hitte wordt blootgesteld. De bimetaalstrook kan zelf worden gebruikt als een elektrische schakelaar of als een mechanische schakelaar bedientien
<b>De thermistor</b>	Dit is een speciaal type weerstand waarvan zijn weerstand verandert bij blootstelling aan temperatuurschommelingen. Thermistoren zijn over het algemeen gemaakt van keramische metalen waardoor ze gemakkelijk beschadigd worden. Hun belangrijkste voordeel is hun snelheid van reactie op eventuele verandering in temperatuur, nauwkeurigheid en herhaalbaarheid.
<b>Resistive temperature detectors (RTD)</b>	De elektrische weerstandstemperatuursensor zijn precisie temperatuursensoren gemaakt van hoog zuivere geleidende metalen die in een spoel zijn gewikkeld en waarvan de elektrische weerstand

	verandert als functie van de temperatuur, vergelijkbaar met die van de thermistor.
<b>Thermokoppel</b>	Thermokoppels zijn thermo-elektrische sensoren die in principe bestaan uit twee knooppunten van twee verschillende metalen die aan elkaar zijn gelast of gekrompen zijn. Het ene knooppunt wordt op een constante temperatuur gehouden, het referentiepunt, terwijl het andere het meetpunt wordt gehouden. Wanneer de twee knooppunten bij verschillende temperaturen zijn wordt een spanning ontwikkeld over het knooppunt die wordt gebruikt om de temperatuur te meten.

Er zijn veel factoren die invloed hebben op de juiste instrumenten keuze voor het meten van de temperatuur. Er moet gekeken worden na het potentiële temperatuurbereik, de vereiste nauwkeurigheid, de vibratietolerantie, de reactietijd, de benodigde kalibratie, de verwachte levensduur, de life-cycle kosten, de aanschafkosten en nog meer.

Eerst wordt er gekeken naar de volgende drie factoren:

- Wat is het temperatuurgebied waarbinnen gemeten dient te worden?

Temperatuursensoren kunnen onbetrouwbare meetdata geven als zij worden ingezet voor temperatuurmetingen die buiten het werkgebied liggen. Wanneer er temperatuurmeting gedaan moeten worden binnen een proces waar temperaturen hoger dan 600-700 graden kunnen worden dan het aan te raden een thermokoppel te gebruiken.

- Wat is de gewenste nauwkeurigheid van de meting

Over het algemeen zijn weerstandsthermometers (RTD-sensoren) nauwkeuriger dan thermokoppels. Als de temperatuur dus onder de 600 graden blijft is een weerstandsthermometer een nauwkeurigere oplossing.

- Is er sprake van vibraties in het proces (machines, leidingwerken, etc) waar rekening mee gehouden dient te worden

Thermokoppels zijn beter bestand tegen vibraties dan weerstandssensoren vanwege de dikke bedrading. Weerstandssensoren met een dunne film kunnen echter ook goed tegen vibraties en kunnen dus ook overwogen worden.

- Dient de temperatuur direct afgelezen te kunnen worden?

Bij bimetaal-thermometers wordt de meetwaarde analoog weergegeven met een naald op een ronde schaalverdeling, hierdoor is de meetwaarde direct af te lezen.

### Criteria en rationale

De criteria en rationale bieden een overzicht van de zaken waarnaar wordt gekeken bij de beoordeling van een temperatuursensor.

Number	Criteria	Rationale
1	Nauwkeurigheid	Zorg ervoor dat de thermometer een hoge nauwkeurigheid heeft om de temperatuur van het poederbed nauwkeurig te meten.
2	Bereik	De thermometer moet zowel de minimale als maximale temperatuur van de bak water kunnen meten.
3	Responstijd	Kies een thermometer met een snelle responstijd, zodat je snel veranderingen in temperatuur kunt detecteren.
4	Stofbestendig	De thermometer moet stofbestendig zijn om schade te voorkomen.
5	Hittebestendig	De thermometer moet hittebestendig zijn en bestand zijn tegen de omstandigheden.

6	Installatiegemak	Controleer of de thermometer gemakkelijk te installeren is in het poederbed.
7	Kalibratie	Zorg ervoor dat de thermometer eenvoudig te kalibreren is en dat de kalibratie stabiel blijft voor nauwkeurige metingen gedurende lange tijd.
8	Dataopslag	De thermometer moet de mogelijkheid bieden om temperatuurgegevens op te slaan voor latere analyse of rapportage.
9	Type thermometer	Kies het juiste type thermometer voor de specifieke toepassing, zoals een contactthermometer voor directe metingen of een infraroodthermometer voor niet-contactmetingen.
10	Kosten	Overweeg de kosten van de thermometer in verhouding tot de prestaties, duurzaamheid en functionaliteit ervan, om een goede prijs-kwaliteitverhouding te waarborgen.
11	Energieverbruik	Overweeg het energieverbruik van de thermometer, met name als deze continu wordt gebruikt, en kies indien mogelijk voor een energiezuinig model.
12	Meetpunt	Kies een thermometer die het juiste meetpunt van het poederbed kan bereiken.
13	Melding (optioneel)	Sommige Thermometers maken gebruik van een app of bluetooth die een melding kunnen sturen wanneer de juiste temperatuur is bereikt.
14	Aantal aansluitingen	Thermometers kunnen meerdere meters (sondes) op 1 thermometer aansluiten om zo meerdere punten in het poederbak tegelijk te meten.
15	Aansluitingen	De thermometer kan worden verbonden met een laptop.

(Istecadmin, 2020)

## Resultaten

In de volgende tabel zijn de meest voor de hand liggende temperatuursensoren vergeleken aan de hand van de opgestelde criteria:

Criteria	VMA339	Boretti BBA87	Kegland RAPT	MLX90640 IR camera
Nauwkeurigheid	± 2.5 °C	± 2 °C		± 2 °C
Bereik	0 °C tot 600 °C	0 °C tot 380 °C		-40 °C tot 300 °C
Responstijd	< 5s	-		Refresh rate 0.5 - 64Hz
Stofbestendig	Ja	Ja	Ja	Ja
Hittebestendig	Ja	Tot 380 °C		Tot 85 °C
Installatiegemak	Redelijk	Gemakkelijk	Gemakkelijk	Lastig
Kalibratie	Fabrieks-kalibratie	Fabrieks-kalibratie	Ja	Fabrieks-kalibratie
Dataopslag	Zelf te regelen	Android/IOS app		Zelf te regelen



Type thermometer	Type-K thermokoppel	Insteeksonde		Infrarood-camera
Kosten	Geen extra	€ 70,-	€ 70,-	€ 75,-
Energieverbruik	5V	Batterij: 2x AA	Batterij: 5 maanden	3.3V (23mA)
Meetpunt	Direct contact	Direct contact		Camera (110° hoek)
Melding (optioneel)	Nee	Via de app		Nee
Aantal aansluitingen	1	1-6 sondes	1	1
Aansluitingen	Ja, micro USB (ESP32)	Draadloze connectie	USB C	Ja, micro USB (ESP32)

(Elektroshop, n.d.), (Boretti BBA87 Met 2 Sondes, 2021), (MLX90640 Thermal Camera, n.d.)  
De vier VMA339 K-type thermokoppels zijn tegelijkertijd getest volgens de meetopstelling.  
Hierbij zijn alle waarden correct opgeslagen in de InfluxDB-cloudomgeving die beschikbaar is gesteld door de HAN.



## Opties bestaande temperatuur meters



### testo 915i - Thermometer met dompel-/steekvoeler en smartphone-bediening

- > Smart Probe voor draadloze temperatuurmeting in allerlei situaties door een grote keuze aan voelers en compatibiliteit met gangbare thermokoppelvoelers van het type K
- > Robuuste en snel reagerende dompel-/steekvoeler (TE type K, klasse 1) met veilige bevestiging door innovatief sluitmechanisme in de handgreep, ideaal voor temperatuurmetingen in vloeistoffen, taaie en halfvaste stoffen, meetbereik -50 tot +400 °C

Bestelnummer **€ 103,00**  
0563 1915 met BTW € 124,63



### testo 915i - Thermometer met oppervlaktevoeler en smartphone-bediening

- > Smart Probe voor draadloze temperatuurmeting in allerlei situaties door een grote keuze aan voelers en compatibiliteit met gangbare thermokoppelvoelers van het type K
- > Snel reagerende oppervlaktevoeler (TE type K, klasse 1) met verende thermokoppelband en veilige bevestiging door innovatief sluitmechanisme in de handgreep, veelzijdig inzetbaar ook bij oppervlakken die niet vlak zijn, meetbereik -50 tot +350 °C

Bestelnummer **€ 108,00**  
0563 2915 met BTW € 130,68



### testo Saveris 2-T2 - WiFi datalogger

- > Alarmfunctie bij overschrijding van de grenswaarden via e-mail of SMS (optie)
- > Geautomatiseerde temperatuurbewaking met 2 externe NTC sensoren en een deurcontact

Bestelnummer **€ 194,00**  
0572 2032 met BTW € 234,74

### **Infraroodcamera**

Het gebruik van de MLX90640 infraroodcamera scoort lager op installatiegemak. Er is meer ontwikkeltijd nodig om een prototype te maken en de camera in de koelruimte te installeren. Dit brengt later echter wel voordelen met zich mee. Bij gebruik van een contacttemperatuursensor, zoals een thermokoppel, moet deze bij elke traywissel opnieuw worden geplaatst. Bij een correcte installatie van de infraroodcamera hoeft alleen rekening te worden gehouden met het consistent plaatsen van de tray.

Het ontwikkelen van een eigen prototype zorgt ervoor dat alle vergaarde data zelf kan worden opgeslagen. Deze data kunnen gebruikt worden voor de analyse en voorspelling van het koelproces. Mogelijke problemen die we voorzien zijn het vuil worden van de lens door stof uit het poederbed en het feit dat de infraroodcamera alleen de buitenkant van de tray kan meten. De tray-analyse van de vorige groep toont aan dat er grote temperatuurverschillen zijn tussen de binnen- en buitenkant van het poederbed. Daarom moet eerst een verband worden gelegd tussen de binnen- en buitentemperatuur, zodat de binnentemperatuur kan worden voorspeld.

Bij gebruik van de MLX90640 infraroodcamera moet eerst een verband worden gelegd tussen de binnen- en buitentemperatuur om de binnentemperatuur te kunnen voorspellen. Dit betekent dat de binnentemperatuur aanvankelijk met een thermokoppel moet worden gemeten.

## Bijlagen 2: Bestaande applicatie

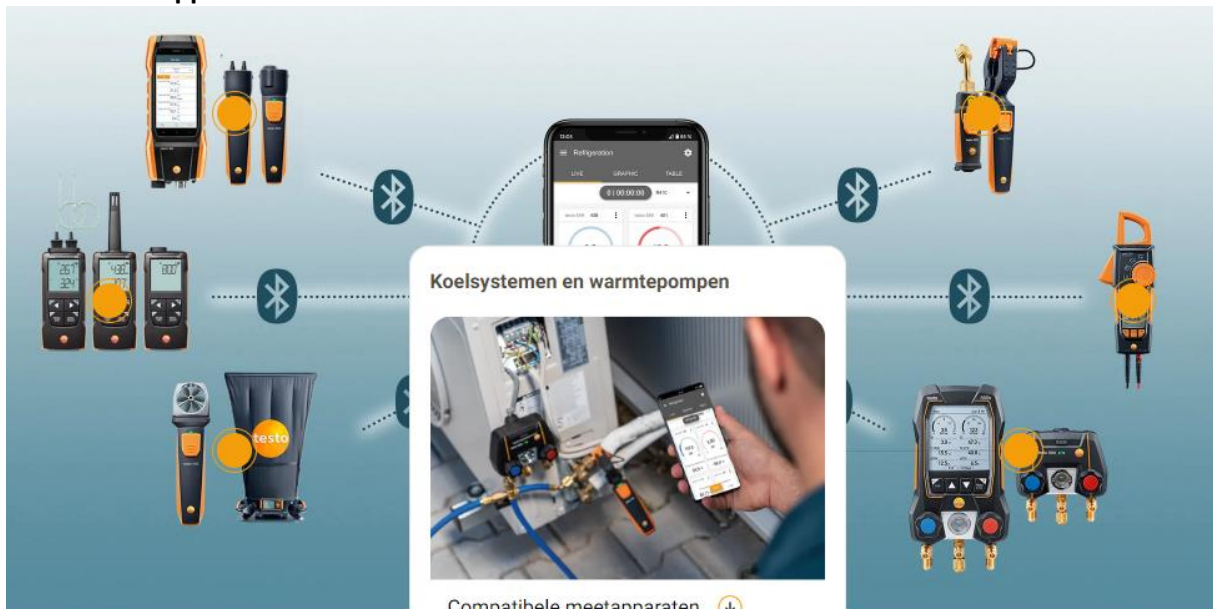
Bij verschillende thermometers wordt een applicatie bijgeleverd of aangeboden. Dit zijn bestaande applicaties die vaak voor de laboratorium en food industrie zijn. Hierna volgen twee voorbeelden van bestaande applicaties bij thermometers.

### Thermo app van barbecook

In het leven geroepen om voor barbecuefanaten een extra aangename ervaring te creëren. Deze applicatie houdt de gaartijd in de gaten. De thermometer dient in het vlees te worden bevestigd. Vervolgens kan er een keuze worden gemaakt uit de voorgeprogrammeerde instellingen welke bereiding er klaar wordt gemaakt en zal deze de gaartijd doorgeven. De app laat een temperatuurcurve van de gegaarde bereiding zien.

<https://barbecook.com/nl/products/bc-acc-7086#:~:text=Installeer%20allereerst%20de%20thermo%20app,de%20zoekknop%20in%20de%20applicatie.>

### Testo Smart app



De testom smart app is voor meting en documentatie mobiel per app te doen. De testo app is te gebruiken voor koel-, airco-, verwarmings- en ventilatie toepassingen met de bluetooth-meetinstrumenten van testo. Verschillende voordelen van de testo smart app:

- Simpel en snel: meetmenu's voor talloze toepassingen helpen optimaal bij het configureren en uitvoeren van de meting van, bijv. oververhitting of onderkoeling;
- Grafische weergave van meetwaarden, bijv. als tabel voor een snelle interpretatie van resultaten
- Digitale meetrapporten incl. foto's als pdf/CSV bestand eter plaatse maken en per e-mail verzonden

De app is gratis verkrijgbaar en maakt indruk met zijn intuïtieve meetprogramma's en slimme functies. Het scala aan functies is nu uitgebreid met een nieuwe functie: het PEO-meetprogramma "Multi-meetpuntmeting" is nu beschikbaar in de testo smart app verkrijgbaar als abonnement model voor 5,99 euro per maand of 59,90 euro per jaar (exclusief BTW).

<https://www.testo.com/nl-NL/testo-915i/p/0563-2915>

## Bijlagen 3: Eigen applicatie

### Wat is een applicatie

Een applicatie is een programma dat gebruikers kunnen downloaden en gebruiken op elk denkbaar scherm. De bekendste applicaties zijn de apps die op je smartphone staan.

<https://coffeeit.nl/applicatie/#:~:text=De%20betekenis%20van%20een%20applicatie,staan%20worden%20doorgaans%20apps%20genoemd>.

### Soorten applicaties

Er zijn verschillende soorten applicaties: games, social media, productiviteit, entertainment, nieuws- en informatie, lifestyle, e-commerce en navigatie. Apps kunnen onderscheiden worden in verschillende categorieën: de native, hybride, PWA en webapp. Native focust zich op één besturingssysteem zoals, Android of iOS. De webapp is een geoptimaliseerde versie van een webpagina. Hybride is een combinatie van web- app en native, een website wordt als het ware vertoond in een app. Ook is er nog de PWA (Progressive Web App) de PWA's worden ontwikkeld voor meerdere besturingssystemen. Het heeft het gemak van een web app, maar dan als app op een telefoon met de bijbehorende voordelen.

### Voordelen van een app

Er zijn vele voordelen, de belangrijkste zijn: gebruiksgemak en toegankelijkheid. Een app is altijd binnen handbereik op je toestel dus altijd beschikbaar. Ook bedrijven hebben baat bij een app. Het werkt mee aan een goed imago en biedt enorm veel kansen om je als organisatie door te ontwikkelen. De belangrijkste voordelen van een app:

**Personalisatie:** Apps kunnen gepersonaliseerde ervaringen te bieden op basis van de voorkeuren, interesses en het gedrag van de gebruiker.

**Tijdbesparing:** Veel apps zijn ontworpen om processen te automatiseren en te vereenvoudigen, hierdoor wordt tijd bespaard bij gebruikers. Voorbeelden hiervan zijn: het automatisch invullen van gegevens, slimme aanbevelingen of het snel en gemakkelijk vinden van informatie zoals hulp-documentatie of een klantenservice.

**Toegang tot informatie:** Apps geven gebruikers toegang tot informatie. Dit maakt het makkelijker om snel en efficiënt antwoorden op vragen te vinden.

### Hoe werkt een app?

Een app werkt niet vanzelf, er is een mobiel besturingssysteem nodig om het te kunnen gebruiken net zoals bij een computer, tablet of laptop. Een app werkt op zijn beurt via een mobiel besturingssysteem, bekende mobiele besturingssystemen zijn: Windows, iOS en Android.

<https://www.appmachine.com/nl/blog/wat-is-een-app>

### Hoe maak je een app?

- Onderzoek jouw app idee

Wat voor app, wat is het doel van de app, wat moet de app kunnen en wie is de eindgebruiker.

- Idee uitwerken tot plan

Hoe moet de app eruit komen te zien (interview met eindgebruiker).

- Functioneel ontwerp van de app

Ontwerp de app

- Ontwikkeling van de app

Ontwikkel de app zo dat de app zijn doel kan verwezenlijken.

- De app testen

Test of de app werkt en of de eindgebruiker tevreden is.

- Finale versie maken

Pas de app aan na de test fase en maak een eindversie

- Lancering app

Implementeer de app, maak een handleiding voor het gebruik van de app.

<https://mylermedia.nl/stories/artikelen/hoe-maak-je-een-app/>

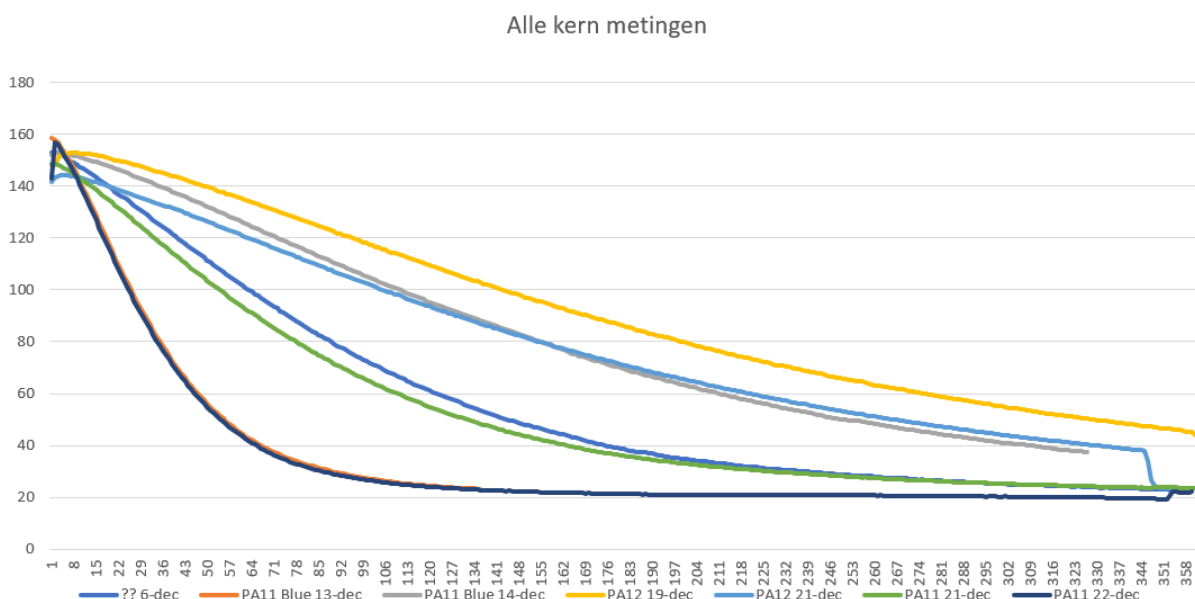
## Bijlagen 4: Samenvatting projectgroep 2023

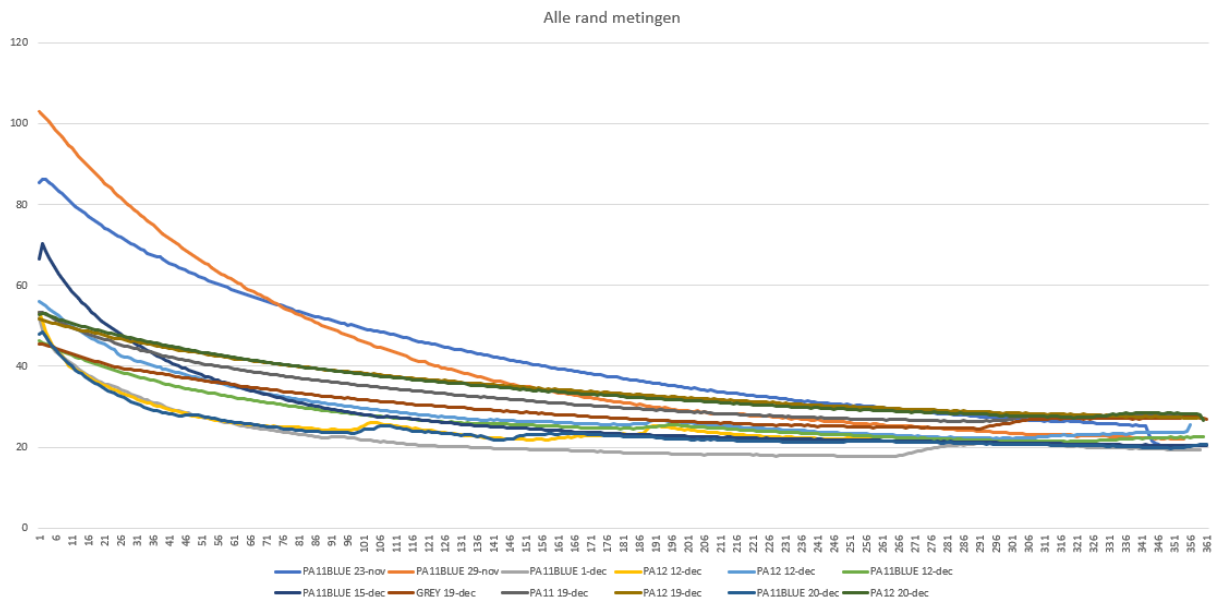
De projectgroep van 2023 heeft zich gericht op het inzichtelijk maken van het koelproces van de trays van de P100 series 3d-printers bij Oceanz, met name de koeltijd van de kerntemperatuur en randtemperatuur. Tijdens het uitvoeren van het project is de projectgroep tot de conclusie gekomen dat het huidige koelproces nog niet inzichtelijk genoeg was. Er was niet bekend hoe lang de koeltijden op dit moment waren van de verschillende trays. Dus om het koelproces te kunnen verkorten kwamen ze tot de conclusie dat er eerst inzicht in het koelproces gecreëerd moet worden. Tijdens de eerste fase is er een nieuwe opdracht ontstaan: inzicht creëren in het koelproces van de trays van de P100 3d-printers bij Oceanz. Om met deze gegevens inzicht te creëren en op basis van voldoende gegevens een globale voorspelling te kunnen doen van de koeltijd van deze trays.

### Soort meetapparatuur

Eerst werd er bedacht dat een vleesthermometer wellicht kan helpen bij het uitvoeren van de metingen. De thermometers diende een temperatuur van 200 graden aan te kunnen, aangezien de trays deze temperatuur kunnen hebben. De thermometer die gevonden is, had een display waarbij vier thermometers aangesloten konden worden. Echter, diende de medewerkers bij Oceanz zelf de temperatuur te loggen, zodat wij een temperatuurverloop konden ontwikkelen. Na wat sparren met de projectleden en met Eva kwamen ze tot de conclusie dat de thermometers een eigen log functie diende te hebben, zodat de medewerkers niet tot last zouden zijn. Na verder onderzoek werd ontdekt dat binnen de industrie vaak thermokoppels in gebruik zijn om soortgelijke metingen uit te voeren. De thermokoppels die gevonden zijn, bevatten geen log functie. Deze thermokoppels kunnen echter wel worden aangesloten op microcontroller. Aangezien de projectgroep tijdens hun minor een aantal workshops hebben gehad over microcontrollers, hebben ze besloten om deze expertise te gebruiken, en is gekozen om microcontroller (ESP32) toe te passen bij Oceanz.

Vier ESP32-computers zijn aangeschaft om gelijktijdig vier metingen uit te voeren. De eerste versie van de thermokoppels die was besteld, voldeed helaas niet aan de wensen. Dit komt omdat het thermokoppel uit een touw bestond, waardoor deze niet in poeder kon worden geduwd, aangezien het poeder solide is na het printen. Vervolgens is er meer onderzoek gedaan en kwamen ze bij een andere thermokoppel uit, met een ijzeren behuizing zodat dit op een thermometer lijkt. Wanneer deze eenmaal binnen was, is deze getest. Deze thermokoppel kon gemakkelijk door het poeder zodat deze in de tray kon meten.





## Bevindingen en adviezen

De verzamelde data hebben geleid tot volgende bevindingen en adviezen:

### Temperatuuranalyse

1. Het is momenteel moeilijk om op basis van de beperkt verzamelde metingen en data een duidelijk verband te leggen tussen de randtemperatuur en de kerntemperatuur van de tray.
2. Uit de verzamelde metingen valt te concluderen dat de gemiddelde koeltijd van de trays van de P100 serie 3d-printers ongeacht materiaal, ongeveer 17 uur bedraagt.

### Advies en toekomstvisie

2. InfluxDB implementatie:
  - Overweeg gebruik te maken van de Influx database te gebruiken om het beheer van gemakkelijk te maken. Het is mogelijk om gratis van deze omgeving gebruik te maken op basis van een kleine workload en een gedeelde infrastructuur.
  - Het is mogelijk om de database in eigen beheer te nemen echter vereist dit IT-expertise van containerisatie en platformbeheer.
3. Wifi Problemen:
  - Er zijn problemen met het Oceanz Guest wifi netwerk ervaren, wat de dataoverdracht en communicatie met het internet beïnvloedt.
  - Het is aanbevolen om de ESP's te testen op het reguliere netwerk om eventuele problemen met het gast netwerk uit te sluiten. Let op! Hier zitten risico's aan verbonden omdat er informatie wordt verstuurd naar derden, doe dit daarom altijd in overleg met de desbetreffende IT-beheerder om risico's te voorkomen.
4. Vulpercentage Trays:
  - Het is essentieel om het vulpercentage van de tray te noteren om nauwkeurige interpretatie van de temperatuurmetingen in de toekomst mogelijk te maken.
5. Materialen en formaten Trays:
  - Om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van de koeltijden, zijn meer metingen nodig met verschillende materialen en verschillende formaten trays, omdat het huidige onderzoek zich heeft gericht op de trays van de P100 serie 3d-printers

## Conclusie

Er is veel data verzameld en verwerkt in de loop van het project. Deze data is verwerkt en op basis daarvan kunnen de volgende conclusies uit trekken; dat het op dit moment lastig is om een verband vast te stellen tussen de kerntemperatuur en de randtemperatuur van de tray. De trays van de P100 3d-printers lijken een gemiddelde koeltijd van 17 uur te hebben op basis van onze testen. Dat er nog



aanvullende testen uitgevoerd moeten worden met zowel een thermokoppel in de kern als een thermokoppel aan de rand van de tray om verder een verband tussen deze twee temperaturen te kunnen vaststellen en hiermee het makkelijker te maken om de verwachte koeltijd te voorspellen.

#### Conclusie data kern

Uit de resultaten van de data van de thermokoppels uit de kern is te concluderen dat er wel verschillend koelgedrag ontstaat bij verschillende materialen voor zover deze resultaten kunnen aantonen. Echter is wel te zien dat de koeltijd van de kern gemiddeld +/- 17 uur is aan de hand van onze testen.

#### Conclusie data rand

Uit de resultaten van de data van de thermokoppels uit de randmetingen is te concluderen dat alle materialen vrijwel hetzelfde koelverloop tonen in onze resultaten. Ook is duidelijk te zien dat de buitenkant, oftewel de rand van de tray al heel snel de gewenste maximale aanraaktemperatuur bereikt van 50 graden.

#### Conclusie data kern en rand

Uit de resultaten van de data van de 2 thermokoppels die tegelijk zowel de rand van de tray als de kern van de tray hebben gemeten met een materiaal van PA12 EK is het volgende te concluderen. Dat na circa 17 uur in deze test kerntemperatuur van de tray een temperatuur bereikte van onder de 50 graden en dat de rand van de tray op dat moment 27 graden was. In de grafiek in de resultaten is te zien dat de temperatuur van de rand heel langzaam zakt naarmate tijd verstrijkt, dit maakt het dus lastig om een verband te leggen omdat de omgevingstemperatuur van 25 graden dicht bij de afgekoelde temperatuur van de tray ligt. Dit kan het dus bij grotere trays nog lastiger maken om een verband te leggen tussen de temperatuur van de randtemperatuur van de tray en de kerntemperatuur van de tray.

### **Advies en toekomstvisie**

#### Aanbeveling van Influx

Voor het implementeren van InfluxDB is het een optie om de database te laten draaien op de servers van Influx zelf. Er is een gratis versie beschikbaar van de database, maar deze is beperkter dan de versie die gebruikt is tijdens de metingen. Voor toegang tot de volledige functionaliteiten is waarschijnlijk een abonnement bij Influx nodig, waarbij tevens ondersteuning wordt geboden. De kosten hiervan zijn momenteel niet bekend en moeten worden opgevraagd door Oceanz bij Influx. Daarnaast bestaat de mogelijkheid om zelf een InfluxDB op te zetten. Hierbij zijn er geen abonnementskosten vanuit Influx, maar het beheer ligt in eigen handen. Deze aanpak vereist echter wel de nodige kennis van containisatie en het beheren en onderhouden van het platform.

#### Wi-Fi

Er zijn problemen geconstateerd met de Oceanz Guest wifi in de afkoel ruimte. Het signaal is voldoende, maar twee van de vier ESP's versturen data. Er zijn verschillende testen gedaan om erachter te komen waarom niet alle vier de ESP's functioneren. De grondoorzaak is niet gevonden, maar er zijn wel een aantal ontdekkingen gedaan. Als de laptop wordt verbonden met het Oceanz\_Guest wifinetwerk en vervolgens de mobiele hotspot van de laptop inschakelen, waardoor het wifisignaal opnieuw door de laptop wordt verzonden versturen wel alle 4 de ESP's tegelijkertijd hun data door naar de InfluxDB. Hierom is ons advies om te testen met de 4 ESP's op het reguliere Oceanz netwerk, om te troubleshooten of het probleem ligt in het gastnetwerk.

#### Vulpercentage tray

In de resultaten zijn 2 metingen snel gedaald in temperatuur. Het vermoeden is dat deze metingen in een halfgeevulde tray zijn uitgevoerd, maar dat kan niet bevestigd worden. Het advies is om in de toekomst deze informatie te laten noteren zodat het makkelijk terug te vinden is.

#### Verschillende materialen en formaten trays

Om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van het verloop van het koelpatroon, zullen er meer metingen uitgevoerd moeten worden. Zowel met de verschillende materialen, als de formaten van trays. In dit onderzoek zijn alleen metingen uitgevoerd met de trays van de P100 machines.

## Bijlagen 6: aannamen kosten-batenanalyse

KOSTEN BATEN ANALYSE									
wanneer er uit word gegaan van de volgende gegevens, bedragen worden genoemd in euro:									
800 trays per jaar geprint, 1000 orders per jaar , 0,125 tray per uur, 1 trays per dag , 250 werkdagen per jaar, 8 uur per werkdag, werknemer kosten per uur 25,- euro, 1.500.000,- euro opbrengst per jaar aan orders, 127.500,- euro winst per jaar (8,5 procent van de opbrengst), plaatse thermometer en controleren app 3 minuten									
<b>Kosten-batenanalyse</b>									
<b>Tijd besparing</b>		berekening			uitkomst			uitkomst	
Oude koeltijd standaard (kleine tray 48 uur, grote tray 72 uur) - nieuwe koeltijd = bespaarde tijd per tray		48	31		17	bespaarde tijd per tray			
Aantal trays die per jaar worden geprint x bespaarde tijd per tray= bespaarde tijd per jaar		800	31		24800	bespaarde tijd per jaar			
bespaarde tijd per tray= onnodige stilstand uren die bespaard word		1	31		31	onnodige stilstand uren die bespaard worden			
stilstand uren die bespaard word per dag x aantal werkdagen per jaar : aantal uur van een werkdag = aantal werkdagen die bespaard worden		31	8		3,875	aantal werkdagen die bespaard worden			
Aantal order per jaar: aantal werkuren per jaar= aantal order per uur x bespaarde tijd per tray= aantal orders die meer geproduceerd kunnen worden per jaar		1000	2000		0,5	aantal order per uur	31	15,5	aantal orders die meer geproduceerd kunnen worden per jaar
<b>Kosten besparing</b>									
Werknemer kosten per uur x bespaarde tijdper tray= bespaarde werknemer kosten (door dat er geen onnodige stilstand is)		25	31		775	bespaarde werknemer kosten (door dat er geen onnodige stilstand is)			
Aantal orders die meer geproduceerd kunnen worden per jaar x opbrengst per order (aantal orders per jaar : opbrengste per jaar aan orders= opbrengst per order)= extra opbrengst die gegenereerd kan worden		15,5	1500		23250	extra opbrengst die gegenereerd kan worden			
		1000	1500000		1500	opbrengst per order			
(winst per jaar : aantal werkdagen per jaar : 24 uur= winst per uur) winst per uur x bespaarde tijd per tray= winst die nu word genegeerd in stilstand		127500	250	24	21,25	winst per uur	31	658,75	winst die nu word genegeerd in stilstand
winst die nu word genegeerd in stilstand + winst per jaar = nieuwe winst wanneer bespaarde tijd opgevuld word met orders		658,75	127500		128158,75	nieuwe winst wanneer bespaarde tijd opgevuld word met orders			
<b>Kosten</b>									
Aantal minuten plaatste thermometer x werknemer kosten per minuut (werknemer kosten per uur: 60 = werknemer kosten per minuut)= kosten werknemer plaatste thermometer		3	0,416667		1,2500001				
		25	60		0,4166667	werknemer kosten per minuut			
Onderhoud app en thermometer	1 uur per maand								

## Bijlagen 7: handleiding van applicatie voor medewerker

De applicatie kan worden gebruikt op een mobiele telefoon en op een webbrowser.

### Eindgebruiker

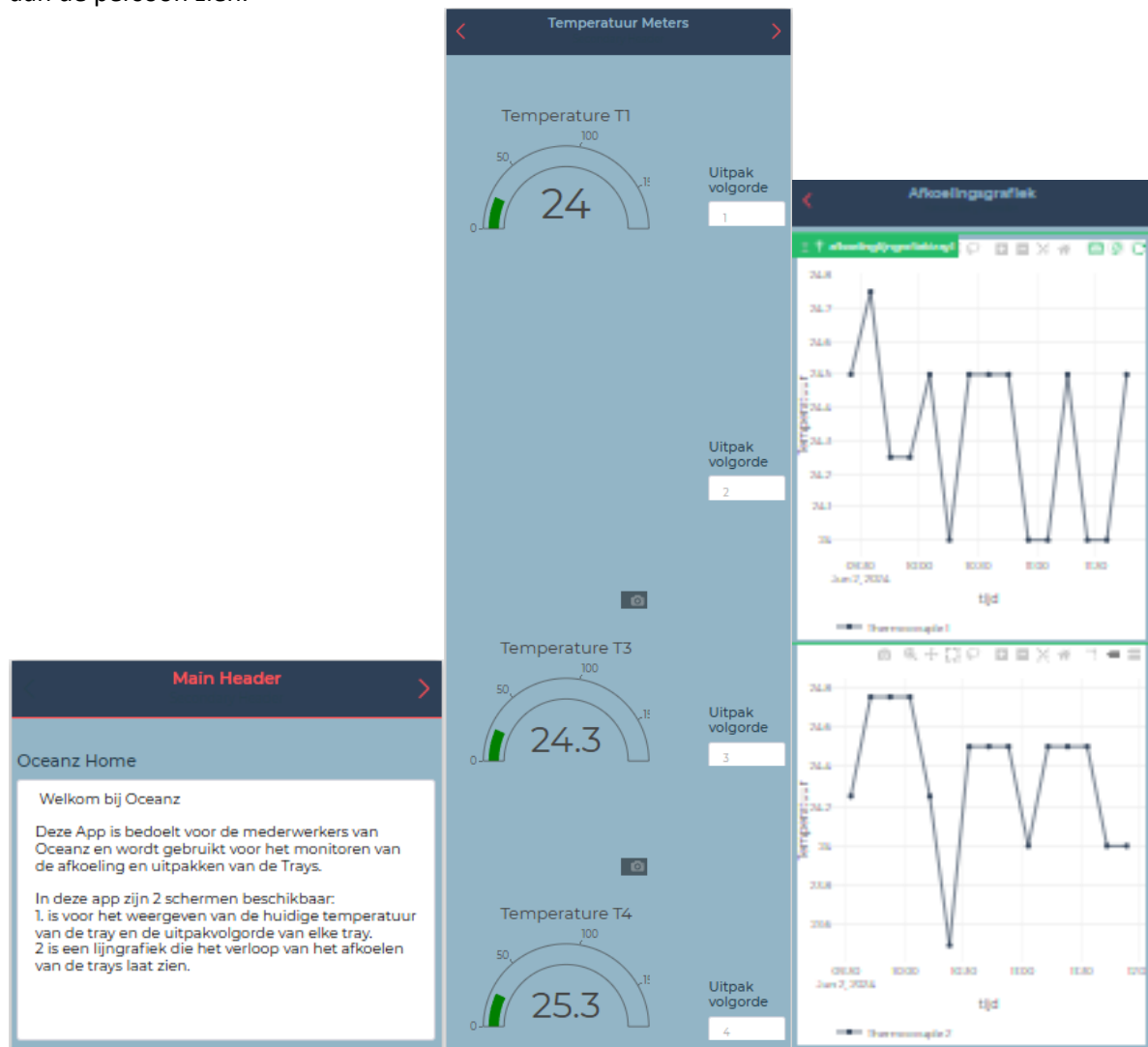
De applicatie is bedoeld voor de productiemedewerkers van Oceanz, maar kan ook gebruikt worden door het sales team om data te vergaren en om een uitpakvolgorde aan te geven.

### Doel applicatie

De applicatie is bedoeld als een hulpmiddel om meer inzicht te geven aan koelproces en om de productiemedewerkers gemakkelijk te laten weten wanneer er een tray kan worden uitgepakt en het proces sneller kan verlopen.

### Wat doet de applicatie

De applicatie geeft de temperatuur weer van 4 trays, zolang de thermokoppels worden gebruikt. Ook geeft het een notificatie wanneer de persoon een tray kan gaan uitpakken en laat het afkoelproces aan de persoon zien.



De gebruiker van de app begint bij Oceanz home, hier is een korte inleiding in de app te vinden, vervolgens kan de gebruiker met de pijltjes bovenaan navigeren naar verschillende schermen. In het tweede scherm kan de gebruiker de huidige temperatuur zien, ook kan aan de rechterkant van de temperatuur gauges de uitpakvolgorde worden aangegeven en aangepast. In het derde scherm zijn de afkoelgrafieken van de trays weergegeven.

## Bijlagen 8: uitwerking implementatie plan

### Grote van verandering

De grote van de verandering en moet onderzocht worden voor het maken van een goede implementatie. In figuur... worden de veranderingen geclassificeerd in een van de vier soorten veranderingen: aanpassing, fundamenteel, grootschalig en heroriëntatie.



Figuur 1 - Type van verandering volgens Cummings en Worley (1993)

<https://boommanagement.nl/artikel/wat-is-verandering/>

De verandering is een aanpassing. Bij de verandering is sprake van het aanpassen van het huidige koelproces, wat leidt tot verbetering bij een specifieke afdeling en niet de gehele organisatie. Wanneer de verandering wordt uitgebreid of geoptimaliseerd tot het verkorten van het koelproces, kan de verandering lijden tot een fundamentele verandering of zelfs een grootschalige verandering en geen aanpassing. De verandering zal dan invloed hebben op systemen.

<https://boommanagement.nl/artikel/wat-is-verandering/>

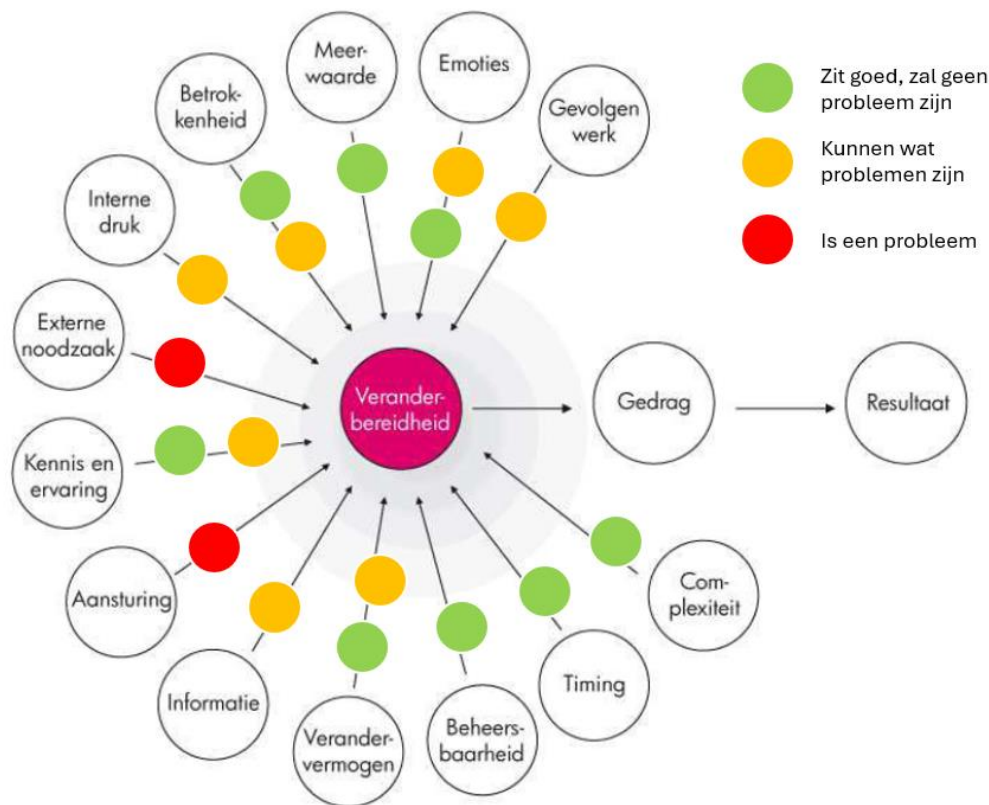
### Veranderbereidheid

In figuur 1 is de veranderbereidheid van Oceanz afgewogen tegen de verandering. De veranderbereidheidscirkel geeft inzicht op welke onderdelen moeilijkheden of weerstand kan ontstaan.

Groen= dit onderdeel zal geen dreiging vormen.

Oranje= dit onderdeel kan voor dreiging zorgen en moet in de gaten gehouden worden.

Rood= dit onderdeel zal voor dreiging zorgen er moeten voorzorgsmaatregelen genomen worden om de dreiging te beperken.



Figuur 2 veranderbereidheid model van Azjen

Er is volle vertrouwen in Oceanz en de medewerkers om de verandering succesvol te implementeren. De medewerkers zullen soms wat extra motivatie of overtuiging nodig hebben, maar het zal hun zeker lukken om de verandering succesvol te implementeren.

Gevolgen van werk: Het proces zal iets veranderen waardoor er een handeling bij komt, maar het zal het ook vergemakkelijken door dat er een notificatie wordt gestuurd wanneer de tray is afgekoeld.

Emoties: Ondanks dat de medewerkers zijn betrokken bij de verandering en enthousiast waren.

Wordt er verwacht dat bij de implementatie er toch wat gemixte gevoelens zullen zijn, omdat er een bijdragen van de medewerker verwacht.

Betrokkenheid: De medewerkers zijn betrokken bij het project maar hebben geen deelgenomen aan het project, er is dus een lichte kloof bij de betrokkenheid van de medewerkers.

Interne druk: De interne Druk voor verandering is niet noodzakelijk, maar wel gewenst.

Externe noodzaak: Er is geen externe noodzaak naar verandering wat kan leiden tot weerstand.

Wanneer er geen noodzaak is of matige noodzaak zal het enthousiasme en de motivatie voor het succes van een verbetering afnemen.

Kennis en ervaring: De kennis en ervaring is goed de werknemers zijn slimme mensen maar moeten wel wennen aan de applicatie en even uitzoeken hoe deze werkt en hoe zij deze het beste kunnen in zetten.

Aansturen: Aangezien de bedenkers van de verbetering niet de implementatie zullen uitvoeren is dit een risicogebied en kunnen er problemen ontstaan. Er zal een team moeten worden opgesteld wat de implementatie zal gaan uitvoeren en dit ook daadwerkelijk moeten doen.

Informatie: Alle informatie is van de projectgroep overgedragen aan Oceanz en mochten er nog vragen zijn kan Oceanz altijd contact opnemen met de projectgroep.

Verandervermogen: Oceanz staat open voor verandering maar de medewerkers moeten soms nog overtuigt en gemotiveerd worden het is dan van belang om de implementatie op de medewerkers af te stemmen.

### **Implementatie aanpak**

Voor het identificeren welke benadering techniek voor Oceanz en de verandering geschikt is wordt het kleurenmodel van De Caluwé en Vermaak gebruikt. Dit kleurmodel onderscheid vijfkleuren die verschillende denkwijzen en benaderingen van veranderingen vertegenwoordigen. Er is gekozen voor het kleurmodel van De Caluwé en Vermaak zodat er voor de implementatie een benaderwijze gekozen kan worden voor de verandering en om de situatie en betrokken personen te typeren. Doormiddel van het kleurenmodel kan een implementatie model worden afgestemd op de situatie en personen en kan er draagvlak gecreëerd worden.

<https://managementmodellensite.nl/kleurenmodel-caluwe/>

#### **Geeldrukdenken:**

Gaat ervanuit dat mensen pas bereid zijn om te veranderen wanneer hun eigenbelang wordt erkend en bediend of wanneer ze worden overtuigd of gedwongen door bepaalde opvattingen. Volgende kernwoorden zijn hierbij van belang: eigenbelang, onderhandeling, overtuigen en dwang.

#### **Blauwdrukdenken:**

Gaat ervanuit dat mensen en situaties zullen veranderen wanneer er een duidelijk gespecificeerd resultaat wordt vastgelegd en alle stappen nauw worden gepland en beheerd. De belangrijke kernwoorden bij blauwdrukdenken zijn: planning, structuur, controle, efficiëntie en resultaatgerichtheid.

#### **Rooddrukdenken:**

Bij rooddrukdenken wordt ervan uitgegaan dat mensen en organisaties zullen veranderen als de juiste HRM-instrumenten worden ingezet en op een effectieve manier worden gebruikt. Belangrijke kernwoorden zijn: beloning, straf, motivatie, orestatie en beoordeling.

#### **Groendrukdenken:**

Deze benadering gaat ervanuit dat mensen veranderen wanneer gemotiveerd zijn om te leren en wanneer ze worden blootgesteld aan leersituaties en effectieve leermethoden. De volgende kernwoorden zijn hierbij van belang: motivatie, leren, ontwikkeling, verandering, groei en competentie.

#### **Witdrukdenken:**

Bij deze benadering wordt ervan uitgegaan dat alles in een constante staat van verandering. Het uitgangspunt is dat verandering inherent is aan de dynamiek van systemen en dat complexiteit verrijkend is in plaats van verstorend. Enkele kernwoorden die hierbij horen zijn: dynamiek, complexiteit, vernieuwing, creativiteit, autonomie en zingeving.

Voor Oceanz wordt er uit gegaan van de geeldrukdenker, aan de hand van de eerdere beschrijving van Erik hoe zijn medewerkers zijn en hoe het bij de vorige projectgroep ging. De medewerkers zijn bereid mee te werken, maar er moet wel een voordeel of beloning voor hun zelf aan zitten of ze moeten bewust gemaakt worden dat ze er zelf iets aan hebben. Ook vertelde Erik dat er vaak goede ideeën komen, maar er dan toch niets meer mee wordt gedaan.

Voor de implementatie van de thermometer en de applicatie wordt er dan ook geadviseerd een combinatie van twee benaderwijzen te hanteren: geeldrukdenken en blauwdrukdenken. De geeldrukdenken zal gehanteerd worden in de manier van informatie geven: overtuigen, belang van de medewerkers bij de verandering benoemen dit omdat deze aanpak aansluit bij de werknemers. De blauwdrukdenken zal gehanteerd worden bij de uitvoering en zal voor structuur zorgen. Zo zal er een stappenplan worden ontwikkeld voor de implementaties zodat de verandering ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd en niet blijft liggen.

### **Planning**

Voor het succesvol implementeren van de verbetering is een planning van 9 weken opgesteld. Dit is een ruime planning met pitstops en PDCA-meeting, waarbij het plan en/ of de verbetering kan worden bijgesteld. De planning is zo opgesteld dat de verbetering zo goed mogelijk wordt

geïmplementeerd met een vaste structuur van Plan, Do, Check, Act zo dat de verbetering zo succesvol mogelijk zal functioneren binnen Oceanz.

			week 1	week 2	week 3	week 4	week 5	week 6	week 7	week 8	week 9
<b>Informer</b>											
	Bijeenkomst 1: informeren	medewerkers koelproces, ICT en Erik (optioneel voor overige werknemers)									
	Bijeenkomst 2: planning	medewerkers koelproces, ICT en Erik									
<b>Voorbereiding</b>											
	Voorbereiden implementatie	medewerkers koelproces, ICT									
<b>Implimenteren</b>											
	Start nieuwe koel proces	medewerkers koelproces									
	Pitstop	medewerkers koelproces en Erik									
	PDCA	medewerkers koelproces, ICT en Erik									
<b>Eind</b>											
	Nieuw koelproces geïmplementeerd	Medewerkers, ICT en Erik									

Advies: houdt twee bijeenkomsten, laat tussen deze bijeenkomsten een weektijd zitten zodat de informatie verwerkt kan worden en er gewend kan worden aan wat gaat komen.

Bijeenkomst 1 informeren: bespreek wat er gaat veranderen en hoe deze verandering er uit ziet en werkt en wat het belang hiervan zal zijn. Het belang op het proces, de werkzaamheden van de werknemer en welke voordelen het biedt zullen hier worden toegelicht. Ook is deze bijeenkomst het moment om de medewerker er nog bij te betrekken. Geef ze de ruimte om hun mening en zorgen te delen en wellicht te onderhandelen over hoe de implementatie er uitkomt te zien zodat zij overtuigt worden van het belang van de verandering en tijdens de implementatie geen tot nauwelijks weerstand zullen geven. Tijdens deze bijeenkomst wordt de geeldrukdenken benadering gehanteerd.

Bijeenkomst 2 planning: aangezien het een uitdaging is om een verandering daadwerkelijk te implementeren en niet te laten liggen zal er een planning komen. Deze planning zal er over gaan hoe de verandering geïmplementeerd kan worden en daadwerkelijk zal wordt geïmplementeerd. De voordelen en het belang van de verandering wordt nog eens kort toegelicht om de medewerker hier nogmaals bewust van te maken. Tijdens deze bijeenkomst zal er een mix tussen geeldrukdenken en blauwdrukdenken worden gehanteerd.

Voorbereiding: de ICT-afdeling zal in Influx een eigen pagina maken en zorgen dat de app werkt. Ook zal de ICT-afdeling de thermometer en de computer waarmee de thermometers verbonden zijn en de app controleren zodat deze goed werken en klaar zijn om gebruikt te worden. Een medewerker van het koelproces zal zorgen dat de thermometer en laptop op de juiste plek liggen.

Start nieuwe proces: hier zal het nieuwe proces worden geïmplementeerd en zal er gewerkt worden met de thermometer en app door de medewerkers van het koelproces. (DO)

Pitstop: tijdens deze eerste maand zullen er wekelijkse pitstops momenten plaats vinden om zo de voortgang van de implementatie, de verandering en de ervaring van de medewerker te bespreken. (CHECK)

PDCA: tijdens de PDCA-meeting wordt er gekeken waar de verandering aangepast moet worden zodat er goed met de verandering te werken is. (PLAN, ACT)



Eind: na het aanpassen van de verandering is er optimale verandering ontstaan en is de nieuwe werkwijze gestandaardiseerd in de organisatie.

Tussen de PDCA-meetings zit twee weken zo dat de medewerkers kunnen wennen aan het nieuwe proces. Dit omdat een vernieuwing altijd op het begin als lastig wordt ervaren en medewerkers moeten wennen. Soms zijn er knelpunten maar soms zijn deze knelpunten geen knelpunten maar een wen momenten die even moeilijker zijn voor dat ze makkelijker worden. Daarom ook de twee weken tussen de PDCA-momenten zodat het nieuwe proces niet te snel/ onnodig wordt bijgesteld omdat medewerkers simpel weg gewoon moeten wennen aan de verandering.

#### **Uitvoering implementatieplan taakverdeling**

Aangezien het project van de projectgroep zal stoppen zal Oceanz zelf de implementatie moeten gaan uitvoeren. Hiervoor wordt geadviseerd om 2 personen aan te wijzen die dit op pakken en de planning zullen uitvoeren en bewaken. Het advies is om dit te laten uitvoeren door: Erik en een medewerker van het koelproces.

#### **Uitvoering implementatieplan taakverdeling**

Aangezien het project van de projectgroep zal stoppen zal Oceanz zelf de implementatie moeten gaan uitvoeren. Hiervoor wordt geadviseerd om 2 personen aan te wijzen die dit op pakken en de planning zullen uitvoeren en bewaken. Het advies is om dit te laten uitvoeren door de opdrachtgever van het project: Erik, dit omdat Erik betrokken was bij het opstellen van het project, deze verandering zelf graag wilde en wanneer er problemen zijn hier over kan mee denken, inzichten kan geven en wat extra motivatie kan geven aan de medewerkers wanneer nodig. De tweede persoon die helpt bij de implementatie adviseren wij een medewerker te kiezen die succes in de verandering ziet en veel bezig is met het koelproces, deze persoon kan praktijk inzichten geven en de medewerkers vertegenwoordigen.