

RUBEN HOFSTEDE
S2373157

heijmans

31 MEI 2024
V5



HOE VERZAMELDE DATA GEBRUIKT KAN WORDEN VOOR DE ASFALTPLOEG

BACHELOR THESIS

Voorwoord

Allereerst bedankt Seirgei Miller voor uw enthousiaste manier van les geven. Zonder het vak Technology & Innovation in Road Construction was ik niet bij een asfalt gerelateerd onderwerp terechtgekomen voor mijn bachelor thesis. Dank ook bij het helpen zoeken naar een onderwerp, de feedback gedurende het hele proces en de leuke en interessante gesprekken over asfalt en andere onderwerpen.

Wouter Heijsser en Lorenzo van Wijngaarden, bedankt voor de goede begeleiding vooraf en tijdens het onderzoek. Jullie stonden altijd klaar om me te helpen waar nodig, dat heb ik als heel prettig ervaren. Daarnaast waren de meetings nooit saai en altijd vol met relevante informatie van jullie kant. Dank ook naar alle anderen binnen Heijmans die me geholpen hebben gedurende het onderzoek. Zeker ook Angelo Maas en alle andere technologen die me hebben geholpen op projectlocaties en om daar te komen. Maar bovenal de mannen van de asfaltploegen, bedankt voor jullie input, zonder jullie had ik dit onderzoek niet kunnen doen. Ik hoop dat jullie er profijt van gaan hebben.

Mijn familie en vrienden bedankt voor de steun. Speciaal dank naar mijn moeder voor het proeflezen van de hele thesis. Thanks to my girlfriend Louise; without you and your motivational support, this thesis would have been way harder.

Ruben Hofstede
Zalk, 31 mei 2024

Samenvatting

Asfalt is een mix van stenen, zand en bitumen. Bitumen worden vloeibaarder wanneer het wordt verwarmd en dat zorgt ervoor dat de asfaltmix te vervormen is en dus geschikt om neer te leggen en te verdichten (AsfaltNu, z.d.). Het asfalt wordt neergelegd met een spreidmachine met een vooraf ontworpen breedte en dikte. Een wals wordt daarna gebruikt om het asfalt te verdichten tot het de gewenste dichtheid heeft bereikt (Bijleveld et al., 2012). Dit is één van de werkzaamheden die Heijmans in opdracht uitvoert. Ze zijn een beursgenoteerd bedrijf met afgelopen jaar een omzet van 2,1 miljard euro (Heijmans, 2024).

Bij asfalt is het zo dat variabiliteit resulteert in slechte eindkwaliteit (Kuenzel et al., 2016). Homogeniteit is daarom essentieel en om de walsmachinisten hiermee te helpen zijn er beschrijvende systemen. Deze kunnen helpen om binnen de juiste temperatuurrange te verdichten en om tot hetzelfde aantal walsgangen over de hele oppervlakte te komen (Liu et al., 2019). Er wordt veel onderzoek gedaan naar verschillende facetten van het asfaltconstructieproces. Wat opvalt is dat het meeste onderzoek wordt gedaan naar nieuwe functies, maar dat onderzoek naar de daadwerkelijke implementatie in dagelijks gebruik ontbreekt. De betrokken technologie is ook meestal gericht op het eindresultaat in plaats van op de gebruiker. De asfaltploeg is hierin belangrijk, want zij moeten er uiteindelijk mee werken en het integreren in hun manier van werken. Dit kan een uitdaging zijn, omdat ze het werk tot nu toe op ervaring hebben uitgevoerd (Krishnamurthy et al., 1998). Als de ploeg de noodzaak niet inziet, kan dit het gewenste effect tegengaan (Makarov et al., 2023).

Binnen Heijmans worden ook deze beschrijvende systemen gebruikt. Zo zit er op de wals een systeem wat de temperatuur onder de wals meet en het aantal walsgangen bij houdt. Verder wordt het temperatuurbereik waarbinnen gewalst moet worden weergegeven en het aantal walsgangen wat voor optimale verdichting zorgt. Het systeem slaat de gegevens van de wals ook op. Dit komt 's nachts in Hammer, wat een online platform is wat binnen Heijmans in ontwikkeling is. Hier komt verder transport informatie op binnen, informatie van de spreidmachine, weersinformatie en boorkernresultaten.

Het doel van dit project is om te onderzoeken welke data en welke presentaties van deze data bruikbaar en begrijpelijk zijn voor de asfaltploeg, zodat ze snelle feedback kunnen krijgen op uitgevoerd werk en de asfalt kwaliteit, zowel proces- als eindkwaliteit, te kunnen verbeteren. Dit omdat, zoals eerder genoemd, het werk hoofdzakelijk uitgevoerd wordt op basis van ervaring. Daarnaast duurt het ongeveer drie tot vijf dagen voordat een boorkern genomen en getest is en er feedback op uitgevoerd werk komt. Dit zou Heijmans graag veranderen, zodat er geleerd kan worden van uitgevoerd werk.

De hoofdvraag is dan ook als volgt geformuleerd: Wat heeft de asfalt ploeg nodig om tot systematische kwaliteitsverbeteringen te komen, in de context van de Plan-Do-Check-Act (Deming) cirkel. De volgende deelvragen zullen worden gebruikt om deze hoofdvraag te beantwoorden:

1. Wat is de mening en verwachting van de asfalt ploeg over het gebruik van data visualisaties en wat zou een geschikt moment hiervoor zou zijn?
2. Welke data en visualisaties zijn het meest belangrijk, zo dat begrijpelijk is wat er is gedaan, hoe het is gedaan en waar verbeterd zou kunnen worden?

3. Wat is een heldere vorm van de verzamelde data gedurende de dag voor de asfalt ploeg, zodat ze hun eigen presentaties kunnen beoordelen en er lessen uit kunnen trekken?
4. Welke uitdagingen en barrières komen naar boven tijdens het implementeren en hoe kunnen deze verholpen worden?

Om antwoord op deze vragen te krijgen zijn leden van de asfalt ploeg geïnterviewd. Binnen een ploeg zijn er verschillende rollen die daarom soms ook verschillende vragen gekregen hebben. Voor de eerste deelvraag zijn 46 mensen geïnterviewd. Hiervan is 71,7% al meer dan 20 jaar werkzaam in het asfalt. Het personeel van Heijmans is dan ook ervaren en een groot deel zit al langer dan 10 jaar in zijn huidige functie.

Het gebruik van hulpsystemen zoals Pavelink voor de balkmannen, MOBA/Witos voor de spreidmachine en het walssysteem wordt gewaardeerd. Het is handig en ondersteunt de mannen in hun werk. Wel is er behoefte aan betere vastlegging van omgevingsfactoren, zoals conditie van de onderbaan. Dit kan helpen bij het verrijken van de data en ook in de overdracht tussen ploegen.

De boorkernresultaten zijn erg belangrijk voor de ploeg, maar de beschikbaarheid daarvan kan verbeterd worden. Als het niet goed is dan horen ze het graag, maar is het wel goed dan willen ze dat ook horen. Dat betreft niet alleen de boorkernen, maar ook complimenten vanuit bijvoorbeeld de opdrachtgever.

Wat betreft data visualisaties vinden de ploeg en uitvoerders de plots vanuit Hammer interessant om een keer te zien, maar alleen enkele uitvoerders zouden deze overzichtjes vaker willen zien. Ze hechten meer waarde aan informatie tijdens het werk, omdat er dan nog een keer bijgestuurd kan worden. De laborant, die nucleair komt meten, wordt dan ook erg gewaardeerd.

De hoofdvraag luidt als volgt: Wat heeft de asfalt ploeg nodig om tot systematische kwaliteitsverbeteringen te komen, in de context van de Plan-Do-Check-Act (Deming) cirkel? Het antwoord hierop kan als volgt geformuleerd worden: Alle boorkern resultaten moeten beschikbaar komen na testen, met daarnaast eventueel de informatie over temperatuur en walsgangen. Verder terugkoppeling van zaken die anders moeten en in de data gevonden worden. De uitvoerders toegang geven tot Hammer, zodat zij wanneer ze daar behoefte aan hebben de plots kunnen bekijken en dit kunnen bespreken met de ploeg. Hierbij moet de Risico Contour Plot en een verdichtingsplot toegevoegd worden aan Hammer. Tot slot moet er de mogelijkheid komen om afwijkingen accurater vast te leggen.

In het kader van de Plan-Do-Check-Act cyclus van Deming worden deze bevindingen gezien als input voor systematische kwaliteitsverbeteringen, waarbij onderzoek gedaan zal moeten worden naar de effectiviteit van deze wijzigingen.

Executive summary

Asphalt is a mixture of coarse and fine aggregates, sand and bitumen. Bitumen becomes more fluid when heated which makes the asphalt mixture deformable and thus suitable for paving and compaction (AsfaltNu, n.d.). During paving the asphalt is spread out over a certain width and thickness. A roller is then used to compact the asphalt to the target density (Bijleveld et al., 2012). This is one of the activities that Heijmans carries out as a contractor. They are a publicly traded company with a turnover of 2.1 billion euros last year (Heijmans, 2024).

In asphalt construction, variability results in poor final quality (Kuenzel et al., 2016). Homogeneity is therefore essential. Descriptive systems are used to help roller operators achieve this. These systems can assist in compacting within the correct temperature window and in achieving a uniform number of roller passes across the mat surface (Liu et al., 2019). Research is being conducted on various aspects of the asphalt construction process. What is striking is that most research focuses on new features, but actual implementation is lacking. The involved technology is also usually aimed at the result rather than the user. The asphalt crew is crucial in this regard because they ultimately have to work with it and integrate it into their routines. This can be challenging because they have traditionally relied on experience for executing their work (Krishnamurthy et al., 1998). If the crew does not see the need for it, this can counteract the desired effect (Makarov et al., 2023).

Within Heijmans, these descriptive systems are also used. There is a roller system that measures the temperature on the surface of the asphalt mat, and it registers the number of roller passes. Furthermore, it displays the temperature window within which compaction should take place and the number of roller passes required for optimal compaction. This system also stores the roller data. This data is transferred to Hammer Overnight, which is an online platform currently in development within Heijmans. Next to the roller data also transport information, paver data, weather data and drilling core results can be found in Hammer.

The objective of this project is to investigate what data and representations of them are useful and understandable for the asphalt crew to get fast feedback on executed work so they can learn from executed work and increase asphalt quality, both process and end quality. This is because, as mentioned earlier, the work is mainly executed based on tacit knowledge. Next to that, it takes a while before feedback is delivered to the crew. It takes three to five days for a core to be drilled and tested. Heijmans would therefore like to change this, so that lessons can be learned from executed work.

The main question is the following. What does the asphalt crew need to come to systematic quality improvements, in the context of the Plan-Do-Check-Act (Deming) Cycle?

The following sub-questions will be used to answer this main question:

1. What is the opinion and expectation of the asphalt crew on the use of data representations and what a suitable moment would be to review their performance?
2. Which data and visuals are most important, so it is understandable what is done, how it is and what to improve on?

3. What would be an intuitive representation of the gathered data during the day for the asphalt crew to review their performance and learn lessons from?
4. What challenges or barriers may arise in the implementation process, and how can they be addressed effectively?

To answer these questions members of the asphalt crew were interviewed. Within a crew, there are different roles, so sometimes different questions were asked based on those roles. For the first sub-question, 46 people were interviewed. Of these, 71.7% have been working in asphalt for more than 20 years. Heijmans' staff is experienced, with almost two-thirds having been in their current position for over 10 years.

The use of support systems such as Pavelink for the paver operators, MOBA/Witos for the paver and the roller systems is appreciated. It is convenient and supports the men in their work. However, there is a need for better capturing of sub-optimal conditions, such as the condition of the subsurface. This can help as a data enrichment as well as the handover between crews.

Drill core results are very important to the crew, but their availability can be improved. When one fails to meet the requirements then they want to hear about it, but when it falls within the testing criteria they want to know that as well. This is not only the case for drill cores, but about compliments from, for example, the client as well.

Regarding data visualisation, the crew and the crew managers find the plots from Hammer interesting to see, but only a few managers would like to see these for themselves regularly. They attach more value to information during work because adjustments can still be made. Because of that, the technicians who come to measure the density using a nuclear gauge are highly appreciated.

This was the main question of this report: What does the asphalt crew need to come to systematic quality improvements, in the context of the Plan-Do-Check-Act (Deming) Cycle? The answer can be formulated as the following: All drill core results need to be available for the crew, with information on temperature and roller passes alongside for cores that fail to meet the requirements. The crew welcomes feedback on areas that need improvement, based on the data. Grant the managers access to Hammer, so that they can view the plots when they feel the need to and they can discuss this with their crew. The Risk Contour Plot and compaction plot are missed in Hammer. Finally, there should be the possibility to capture sub-optimal conditions better.

In the context of Deming's Plan-Do-Check-Act cycle, these findings can be seen as input for systematic quality improvements, which will require research into the effectiveness of the proposed changes.

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| <i>Voorwoord</i> | 2 |
| <i>Samenvatting</i> | 3 |
| <i>Executive summary</i> | 5 |
| <i>Inhoudsopgave</i> | 7 |
| <i>1. Inleiding</i> | 9 |
| <i>2. Context</i> | 10 |
| 2.1 Onderzoek motivatie..... | 10 |
| 2.2 Probleem beschrijving..... | 10 |
| 2.3 Onderzoeksgebied..... | 11 |
| <i>3. Theoretical framework</i> | 13 |
| 3.1 Deming cirkel | 13 |
| 3.2 Weergave van data..... | 14 |
| <i>4. Inleiding in het onderzoek</i> | 16 |
| 4.1 Onderzoeksdoel | 16 |
| 4.2 Onderzoeksvragen..... | 16 |
| 4.3 Scope..... | 16 |
| 4.4 Analysemethode | 17 |
| <i>5. Beschikbare data</i> | 18 |
| 5.1 Spreidmachine | 18 |
| 5.2 Balk..... | 19 |
| 5.3 Wals..... | 21 |
| 5.4 Hammer | 22 |
| 5.4.1 Transport | 22 |
| 5.4.2 Spreidmachine..... | 23 |
| 5.4.3 Boorkernen..... | 24 |
| 5.4.4 Verwerkingsomstandigheden..... | 25 |
| 5.4.5 Wals..... | 25 |
| 5.5 Conclusie | 27 |
| <i>6. Mening van de asfaltploeg over de systemen en feedback</i> | 28 |
| 6.1 Geïnterviewd personeel..... | 28 |
| 6.1.1 Leeftijdscategorie | 28 |
| 6.1.2 Hoofdrol in de ploeg..... | 29 |
| 6.1.3 Ervaring | 29 |
| 6.1.4 Dienstverband | 30 |
| 6.2 Werken met asfalt | 31 |
| 6.3 Hulpsystemen..... | 31 |
| 6.3.1 Walsmachinisten | 32 |
| 6.3.2 Balkmannen..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 6.3.3 Spreidmachine machinisten | 34 |
| 6.4 Aansturing en terugkoppeling..... | 34 |
| 6.5 Kwaliteit | 35 |
| 6.6 Conclusie | 36 |
| 6.6.1 Walsmachinisten | 36 |
| 6.6.2 Balkmannen..... | 37 |
| 6.6.3 Spreidmachine machinisten | 37 |
| 6.6.4 Antwoord deelvraag..... | 37 |
| 7. Data beschikbaarheid en potentie voor de asfalt ploeg..... | 38 |
| 7.1 Resultaten | 38 |
| 7.1.1 Geïnterviewd personeel | 38 |
| 7.1.2 Uitvoerders..... | 39 |
| 7.1.3 Balkmannen..... | 40 |
| 7.1.4 Spreidmachine machinisten | 40 |
| 7.1.5 Walsmachinisten | 41 |
| 7.2 conclusie | 42 |
| 8. Leren van uitgevoerd werk..... | 43 |
| 8.1 Resultaten | 43 |
| 8.1.1 Uitvoerders..... | 43 |
| 8.1.2 Walsmachinisten | 44 |
| 8.2 Conclusie | 45 |
| 9. Verificatie | 46 |
| 9.1 Vergelijking met onderzoek van Wael Alasadi (2023) | 47 |
| 9.1.1 Vergelijking met de conclusies Wael Alasadi (2023)..... | 47 |
| 9.1.2 Vergelijking met de aanbevelingen van Wael Alasadi (2023) | 48 |
| 10. Discussie | 49 |
| 10.1 Beperkingen | 51 |
| 11. Conclusie | 52 |
| 12. Aanbevelingen..... | 54 |
| 13. Literatuurlijst..... | 57 |
| 14. Appendix | 62 |
| Appendix 14.A..... | 62 |
| Appendix 14.B..... | 65 |
| Appendix 14.C | 68 |
| Appendix 14.D..... | 70 |

1. Inleiding

Asfalt is een mix van stenen, zand en bitumen. Bitumen worden vloeibaarder wanneer het wordt verwarmd en dat zorgt ervoor dat de asfaltmix te vervormen is en dus geschikt om neer te leggen en te verdichten (AsfaltNu, z.d.). Het asfalt wordt neergelegd met een spreidmachine met een vooraf ontworpen breedte en dikte. Een wals wordt daarna gebruikt om het asfalt te verdichten tot het de gewenste dichtheid heeft bereikt (Bijleveld et al., 2012). Asfalt wordt niet alleen gebruikt voor snelwegen en vliegvelden, maar ook in steden en dorpen voor auto's, fietsen en andere vervoermiddelen. De meeste mensen zullen wel eens langs een project zijn gekomen waar geasfalteerd wordt.

Deze projecten zouden zomaar uitgevoerd kunnen worden door Heijmans. Heijmans is een bouwbedrijf in Nederland, die een prominente rol speelt in de bouw en infrastructuur. Het is opgericht in 1923 in Rosmalen en sindsdien uitgegroeid tot één van de grootste bouwbedrijven in Nederland. Het hoofdkantoor staat nog steeds in Rosmalen (Heijmans, z.d.-a). Heijmans is een beursgenoteerd bedrijf en had in 2023 een omzet van 2,1 miljard euro en een verwachte omzet van 2,5 miljard euro in 2024 (Heijmans, 2024). Ze doen onder andere de ontwikkeling van huizen, kantoren en wijken (Heijmans, z.d.-b), maar ook infrastructuur en het onderhoud daarvan (Heijmans, z.d.-c).

Het verdichten van asfalt heeft grote invloed op de kwaliteit van het asfalt (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021). Variabiliteit tijdens het aanleggen van een weg kan vroegtijdig falen veroorzaken van een stuk asfalt (Zhan et al., 2023). Dit kan gebeuren omdat het asfalteer proces hoofdzakelijk wordt uitgevoerd op basis van ervaring (Krishnamurthy et al., 1998). Op het gebied van innovaties is de bouwsector behoorlijk conservatief in vergelijking met andere sectoren (Bijleveld & Dorée, 2014). Op dit moment wordt er binnen Heijmans door alle spreidmachines en walsen data verzameld en bij elkaar gebracht in een online dashboard. Dit dashboard is binnen Heijmans in ontwikkeling en bevat onder andere temperatuur en gps-data van de machines, maar ook weersomstandigheden, transport informatie en boorkern resultaten.

Heijmans zou dit graag willen uitbreiden naar de asfalt ploeg, zodat de ploeg kan zien wat ze hebben gedaan. Op dit moment krijgen ze onregelmatig feedback op afgerond werk. Hooguit wanneer een geteste boorkern de ontwerp dichtheid niet haalt, en de kern dus faalt, zal dat aan de ploeg duidelijk gemaakt worden. Hier gaat tijd overheen en wanneer alles keurig is gedaan wordt er niets doorgegeven. Het doel van regelmatig zien wat er gedaan is en daar kritisch naar kijken is de asfalt kwaliteit verhogen waar dat kan.

Dit verslag zal als volgt opgebouwd zijn: in het volgende hoofdstuk zal de context besproken worden, gevolgd door het theoretical framework. Op basis hiervan worden de hoofdvraag en de deelvragen geformuleerd in hoofdstuk vier. In hoofdstuk vijf zal de beschikbare data beschreven worden. In de hoofdstukken daarna zullen de resultaten vanuit de interviews voor de deelvragen besproken worden met afsluitend de verificatie van de resultaten. Dit zal gevolgd worden door een discussie, conclusie en het hoofdstuk met aanbevelingen.

2. Context

In dit hoofdstuk zal de context van dit onderzoek gepresenteerd worden. Dit gebeurt aan de hand van de onderzoeks motivatie, probleembeschrijving, gevolgd door een literatuuronderzoek.

2.1 Onderzoek motivatie

Gedurende het asfalteren wordt er data verzameld. Dit gebeurt nu ongeveer tien jaar en is één van de innovaties in de wegenbouw sector. Zowel onderzoekers als machinebouwers zijn druk met het onderzoeken en implementeren van nieuwe innovaties die de asfaltkwaliteit ten goede kunnen komen. Voor Heijmans betekent dit dat alle spreidmachines en walsen met gps, een temperatuur sensor en een display, waar deze informatie op te zien is, uitgerust zijn. Voor de asfalt ploeg is dat het enige wat ze er mee kunnen en Heijmans wil er meer mee gaan doen. Voor Heijmans is het eindresultaat belangrijk, want dat is voor de klant van belang. Een lagere kwaliteit dan verlangd, kan resulteren in het eerder falen van de constructie en dus meer onderhoudskosten, of in het geval van slechte kwaliteit, het opnieuw moeten asfalteren.

Homogeniteit als ook het verdichten in de juiste temperatuur range en walsgangen, zijn de sleutel tot goede asfalt kwaliteit (Krishnamurthy et al., 1998). De gps- en temperatuurdatta kunnen hier veel over onthullen en dit is dan ook de oorsprong van de uitdaging. De data kunnen een verhaal vertellen waaruit de asfalt ploeg lessen kan trekken. Het kan zichtbaar gemaakt worden hoe het is uitgevoerd en waar er ruimte is voor verbetering of wat er goed is gegaan. Daarom is Heijmans aan het onderzoeken hoe er goed gebruik gemaakt kan worden van deze data. Dit moet gedaan worden in samenwerking met de asfalt ploeg, aangezien het doel is om ze te helpen. Het uiteindelijke doel is hen te helpen met het verbeteren van de eindkwaliteit. Het asfalteren en verdichten gebeurt op dit moment hoofdzakelijk op gevoel en ervaring. Heijmans wil dit veranderen door de verzamelde data te gaan gebruiken.

2.2 Probleem beschrijving

Het specifieke probleem waar het hier om gaat, is dat het asfalteren en verdichten hoofdzakelijk gebeurt op ervaring en dat er niet wordt geleerd van uit uitgevoerd werk. Hoewel er data verzameld wordt op elk project, wordt dit niet gebruikt om te bekijken of om te verbeteren voor volgende projecten. Verder is de enige vorm van feedback die de asfalt ploeg krijgt, wanneer er een boorkern niet aan de eisen voldoet. Zulke feedback krijgen is nooit leuk, maar dat is het enige moment waarop ze wat horen over hun prestaties, wat demotiverend kan zijn. Daarnaast kan het meerdere weken duren, voordat de ploeg dit te horen krijgt.

Dit kan veranderd worden door de data te gebruiken als basis om de machinisten hun prestaties te laten zien. Op dit moment wordt de data alleen verzameld en is deze te zien in een online dashboard. Het doel is om dit beschikbaar te maken voor de ploeg, zodat ze hun eigen werk samen kunnen beoordelen. Een deel van het onderzoek zal het implementeren hiervan zijn. Dit kan alleen als de ploeg mee wil werken hieraan en van de data wil leren. Dit

kan een uitdaging zijn, afhankelijk van de wil en de kunde van de ploegen om veranderingen in hun standaard manier van werken aan te brengen.

De beschikbaarheid van de data kan een limiterende factor zijn. De data moeten kloppen om het te kunnen gebruiken. Duidelijk werd in gesprekken met personeel van Heijmans dat de machinisten de juiste laag en type asfalt moeten selecteren. Wanneer dit niet goed gebeurt kan er wat misgaan in de verwerking van de verzamelde data. Data synchronisatie kan misgaan, naast andere technische mankementen die het reflecteren op de data kunnen verhinderen. De gevonden oplossing kan ook bedrijfsspecifiek zijn. Heijmans loopt voorop de concurrentie in het verzamelen van data. Wat binnen Heijmans werkt, werkt bij anderen misschien niet.

2.3 Onderzoeksgebied

Het asfalteer proces bestaat uit een asfaltspreidmachine die het asfalt op een bepaalde dikte evenredig verdeeld, gevolgd door meestal meerdere walsen. Deze walsen verdichten het asfalt wat zorgt voor een glad rijoppervlak en als het op de juiste manier gedaan wordt neemt de draagkracht van het asfalt toe (Bijleveld et al., 2012). De dichtheid van het asfalt na het verdichten is van cruciaal belang voor een asfaltmat die voldoet aan de criteria. Om de gewenste dichtheid te bereiken, is een bepaald aantal walsgangen nodig (Krishnamurthy et al., 1998). Onderverdichting leidt tot een verminderde draagkracht en kan vroegtijdig falen van het asfalt veroorzaken, terwijl oververdichting leidt tot een verminderde sterkte en stabiliteit van het asfalt (Zhan et al., 2023). Ongelijkmatige verdichting veroorzaakt een oncomfortabel rijoppervlak en veiligheidsrisico's (Zhan et al., 2023). Walsmachinisten moeten veel informatie verwerken en deze in combinatie met hun kennis en ervaring gebruiken om een gelijkmatig verdicht oppervlak te krijgen met het beoogd aantal walsgangen (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021). De machinisten moeten beoordelen of het asfalt voldoende verdicht is (Bijleveld et al., 2012).

Dit zal resulteren in variabiliteit, omdat het voor een operator moeilijk is om het resterende aantal werkgangen te onthouden of hoe lang een oppervlak al verdicht is (Kuenzel et al., 2016). Het juiste aantal werkgangen binnen het juiste temperatuurbereik is cruciaal voor de eindkwaliteit (Kuenzel et al., 2016). Over het algemeen is er oververdichting in het midden en onderverdichting aan de randen (Bijleveld et al., 2012). Verder worden stopplekken van de spreidmachine, speciale constructies (Bijleveld, Miller, & Dorée, 2015) en naden onvoldoende verdicht (Miller et al., 2007). Er zijn verschillende methodes om de verdichting te testen, maar deze zijn allemaal na het werk en voor een klein aantal meetpunten en zijn daardoor een slechte weergave van het volledige oppervlak (Zhan et al., 2023).

Al deze variabiliteit resulteert in extra kosten, want volgens bouwdeskundigen wordt 5% van de bouwsom besteed aan reparaties van kwaliteitsgebreken (Kuenzel et al., 2016). Om de variabiliteit te verminderen en de eindkwaliteit te verhogen, wordt onderzoek gedaan naar veel facetten van het asfalteerproces. Bijvoorbeeld naar het koppelen van het asfalteer en verdichtingsproces. Hiermee kan de productiviteit van een van beide worden vastgesteld en kan de productiviteit en dus de hoeveelheid machines en hun snelheid worden bepaald voor het andere proces. Dit is nodig omdat het geen losstaand proces is. (Arbeider et al., 2017) Dit komt ook naar voren in een ander onderzoek, als de snelheid van de asfaltspreidmachine consistent is, is de rest van de operatie dat ook (Bijleveld, Miller, & Dorée, 2015). Intelligent compaction is een breed begrip waaraan verschillende onderzoekers hebben bijgedragen.

Een combinatie van gps- en temperatuursensoren op de asfaltspredmachine en de walsen wordt gebruikt om de machinist te laten zien welke gebieden de hoogste verdichtingsprioriteit hebben (Makarov et al., 2023) (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021). Deze systemen zijn sturend maar nog in onderzoek, terwijl de huidige systemen die bijvoorbeeld door Heijmans gebruikt worden, beschrijvend zijn. Met deze systemen kan de machinist de huidige positie, de temperatuur en het aantal walsgangen op de huidige locatie in de gaten houden (Lu et al., 2021). Dit is nuttige informatie voor de Walsmachinist en het is dan ook bewezen dat het een nuttige kwaliteitscontroletechniek is, omdat het onder- of oververdichting vermindert (Liu et al., 2019). Tegelijkertijd kan een negatieve houding tegenover deze systemen het effect ervan beperken of zelfs tenietdoen (Makarov et al., 2023).

Er is ook onderzoek gedaan naar real-time dichtheidsschattingen. Zo kan een neuraal netwerk dat is ontwikkeld door het te trainen met vibratiegegevens en de werkelijke dichtheidsgegevens de dichtheid inschatten tijdens het verdichten (Beainy et al., 2010). De basis hiervan is een systeem op basis van versnellingsmeters dat de dichtheid van het materiaal aangeeft (Hu et al., 2019). Deze modellen missen echter vooral nauwkeurigheid en de relatie tussen de weersomstandigheden en de kwaliteit van verdichting (Zhan et al., 2023). Andere systemen gaan verder en doen onderzoek naar meer autonome oplossingen (Krishnamurthy et al., 1998) (Kuenzel et al., 2016).

Naast andere factoren heeft de verdichtingstemperatuur de grootste invloed op de verdichting van mengsels (Mo et al., 2012). Het temperatuurbereik is belangrijk evenals het koelen tijdens het verdichten (Bijleveld, Miller, De Bondt, et al., 2015). Verdichten buiten deze range kan resulteren in verminderde scheurtaaiheid en een verhoogde scheurgroei (Bijleveld et al., 2012). Het juiste aantal walsgangen binnen de juiste temperatuur is dus cruciaal voor de eindkwaliteit (Kuenzel et al., 2016). De tijd die beschikbaar is om de walsgangen uit te voeren is afhankelijk van de temperatuur en de windsnelheid en daarom wordt hier ook onderzoek naar gedaan (Husemann et al., 2020). Het programma PaveCool is ontwikkeld om de koelsnelheid te bepalen op basis van de verschillende weersvariabelen. De belangrijke beperking van dit programma was dat het slechts rekening hield met één laag, dus het werd uitgebreid met CalCool, wat rekening houdt met meerdere lagen die als warmtebron kunnen dienen (Timm et al., 2001). Het nadeel is dat er handmatige invoer nodig is. Onderzoekers hebben vervolgens andere meer geautomatiseerde oplossingen ontwikkeld die automatisch de koelsnelheid kunnen voorspellen of de temperatuurgegevens direct na het asfalteren kunnen combineren met thermokoppels om de koelsnelheid in real-time te kunnen voorspellen (Vasenev et al., 2012). Een ander onderzoek heeft ook aangetoond dat de afkoeling van asfalt kan worden voorspeld bij verschillende weersomstandigheden (Wang et al., 2014). Het beoordelen van de manier van verdichten kan worden gedaan door gebruik te maken van de ontwikkelde 'effective compaction rate'. Cellen met het juiste aantal overgangen binnen de temperatuurrange, alleen die hebben 'voldoende verdichting' gekregen (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021).

Samenvattend: variabiliteit resulteert in slechte eindkwaliteit. Homogeniteit is daarom essentieel en om de walsmachinisten hiermee te helpen zijn er beschrijvende systemen. Deze kunnen helpen om binnen de juiste temperatuurrange te verdichten en om tot hetzelfde aantal walsgangen over de hele oppervlakte te komen. Er wordt veel onderzoek

gedaan naar verschillende facetten van het asfaltconstructieproces. Wat erg opvalt is dat het meeste onderzoek wordt gedaan naar nieuwe functies, maar dat de daadwerkelijke implementatie in dagelijks gebruik ontbreekt. De betrokken technologie is ook meestal gericht op het eindresultaat in plaats van op de gebruiker. De asfaltploeg is hierin belangrijk, want zij moeten er uiteindelijk mee werken en het integreren in hun manier van werken. Zoals gezegd kan dit een uitdaging zijn, omdat ze het werk tot nu toe op ervaring hebben uitgevoerd. Als de ploeg de noodzaak niet inziet, kan dit het gewenste effect tegengaan.

3. Theoretical framework

Zoals gebleken in het onderzoeksgebied, wordt er veel onderzoek gedaan om de eindkwaliteit van asfalt te verhogen. De asfaltbranche is nog steeds een low-tech, onderontwikkelde sector (Bijleveld & Dorée, 2014). Dat aanpassing traag kan verlopen, blijkt uit Bijleveld (Bijleveld, 2014). Hij stelt dat monitoring op locatie nodig is om te leren van uitgevoerd werk. Acht jaar later gebeurt dit, maar wordt er nog weinig met deze gegevens gedaan. Ander onderzoek wijst ook uit dat er veelbelovende technologieën zijn, maar dat de adoptie ervan ontbreekt (Ogunrinde et al., 2021) (Ma et al., 2021).

Onderzoeken naar meer sturing op basis van de monitoringsystemen laten veelbelovende resultaten zien. Het laat zien dat begeleiding de effectiviteit van verdichten aanzienlijk kan verhogen en de variabiliteit kan verminderen. Maar de menselijke factor is hierbij erg belangrijk. De walsmachinisten, die zelf verantwoordelijk zijn voor het resultaat dat ze afleveren, nemen veel liever hun eigen beslissingen. Hoewel ze de potentie ervan inzien, is hun denkwijze gebaseerd op intuïtie en ervaring. (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021) (Makarov et al., 2023)

De volgende stap na het installeren van de monitoringsystemen en het verzamelen van de gegevens is om deze te gebruiken. Het leerproces kan worden verbeterd. Op dit moment ontbreekt de terugkoppeling naar de walsmachinisten. Dit staat in de literatuur, maar wordt ook bevestigd in de praktijk. In gesprek met een technoloog zei hij dat de walsmachinisten hem vaak vragen hoe ze het doen, omdat ze daar bijna nooit feedback over krijgen. De rol van de technoloog is om de kwaliteitsborging ter plekke uit te voeren. Zijn opmerking suggereert dat de asfaltploeg open zou kunnen staan voor feedback. (Bijleveld & Dorée, 2014)

3.1 Deming cirkel

Er is dus de mogelijkheid om feedback te gaan geven aan de machinisten, gebaseerd op de verzamelde gegevens. Binnen Heijmans is de kwaliteitscontrole conform ISO 9001. Simpel gezegd dwingt de norm je om te zeggen wat je doet, dit uit te voeren zoals je zegt en dat vervolgens te bewijzen (NEN, z.d.). Voor Heijmans betekent dit dat er op het gebied van wegebouw verschillende handboeken zijn waarin beschreven staat hoe alles van begin tot eind moet gebeuren. Zoals de norm beschrijft moet er ook kwaliteitscontrole zijn. Daarom worder er tijdens het proces veel dingen gecontroleerd. Is de fundering goed om op te asfalteren en wordt het juist asfalt geleverd? Dat wordt er onder andere gecontroleerd

tijdens het proces om er zeker van te zijn dat het wordt uitgevoerd zoals beloofd. Dit gebeurt allemaal digitaal en wordt op één plek opgeslagen. Nadat het asfalt is geasfalteerd, worden er nog meer kwaliteitscontroles uitgevoerd. Boorkernen worden getest, remtesten worden uitgevoerd op zowel droog als nat asfalt en er wordt een stroefheidstest uitgevoerd.

Dit gebeurt allemaal omdat de ISO-norm gebaseerd is op de Deming cirkel. Deze bestaat uit 4 fasen: Plan, Do, Check en Act. Voor Heijmans betekent dit dat alles begint met Plan, de planning van een project. Als dat klaar is kan een project worden uitgevoerd. De Checks worden gebruikt om de kwaliteit te bevestigen, zoals beschreven in de vorige paragraaf. Als een ontwerp waarde niet gehaald wordt bij het testen in de Check-fase, dan kan dat door middel van de Act-fase opgelost worden. (The W. Edwards Deming Institute, z.d.)

Dezelfde cyclus kan worden gebruikt voor kwaliteitsverbeteringen, zoals beschreven door Skovic et al. (2010). Het begint met de fase Plan, waarin de manier van kwaliteitsverbetering wordt gepland. Dit plan wordt vervolgens uitgevoerd in de Act-fase. De Check-fase controleert of er daadwerkelijk verbeteringen zichtbaar zijn. In de Act-fase kan de ontwikkelde methode worden geïmplementeerd. Dat is het lange termijn doel van dit onderzoek, dat de asfaltploeg ook gebruik kan maken van het dashboard waarop de verzamelde gegevens zichtbaar zijn. Wat een geschikt moment hiervoor zou zijn, is op dit moment onbekend. (Sokovic et al., 2010) (Lerche et al., 2020)

3.2 Weergave van data

Wat duidelijk werd in het vorige hoofdstuk, is dat je voor asfaltkwaliteit homogeniteit nodig hebt. Want variabiliteit leidt tot slechte kwaliteit, zowel voor temperatuur als voor het aantal walsgangen. Belangrijk bij temperatuur is de temperatuurrange. Voor elk type asfalt is er een bepaalde range waarbinnen de verdichting moet plaatsvinden. Verdichting buiten deze range resulteert in onder- of oververdichting. Daarnaast is het aantal walsgangen belangrijk. Binnen de temperatuurrange moet de gewenste hoeveelheid bereikt worden, maar ook weer zonder variabiliteit.

Om dit te meten zijn Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al. (2021) met de Effective Compaction Rate (ECR) gekomen. Deze bepaalt over het hele oppervlak welk percentage effectief verdicht is. Dit is het geval als een cel het beoogde aantal walsgangen ± 1 bereikt, waarbij ten minste een bepaald percentage binnen de temperatuurrange is gedaan. Al deze gegevens zijn beschikbaar binnen Heijmans, dus deze ECR is berekenbaar.

Om duidelijker te maken waar het aantal walsgangen is uitgevoerd en waar er walsgangen ontbreken, kan een plot gemaakt worden. De zogenaamde Compaction Contour Plot (CCP). Deze kan worden gebruikt om het aantal walsgangen voor elke cel te visualiseren. Dit kan handig zijn voor de walsmachinisten om te zien waar er meer gewalst moet worden om de ECR omhoog te krijgen. (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021)

Een Temperature Contour Plot (TCP) kan worden gebruikt om de temperatuurhomogeniteit direct na het asfalteren weer te geven. Achter elke asfaltspredmachine van Heijmans is een temperatuursensor geplaatst om de temperatuur van het asfalt achter de machine te meten. Wanneer dit wordt gevisualiseerd, is heel duidelijk te zien of de asfalttemperatuur homogeen was. Zo niet dan kan onderzocht worden wat hiervan de oorzaak is. Mogelijke

oorzaken zijn asfalt dat niet goed gemengd is in de trechter, maar ook een stopplek waar nieuw asfalt in de hopper is gestort. (Ter Huerne et al., 2009).

Zoals eerder beschreven is het bereiken van het beoogde aantal walsgangen binnen het temperatuurvenster belangrijk om de gewenste eindkwaliteit te bereiken. Dit is de basis van de Risico Contour Plot (RCP), waar afwijkingen in het proces geïdentificeerd kunnen worden (Makarov et al., 2022). De basis is de CCP, alleen wordt hierbij een oordeel aan het aantal walsgangen gehangen waarbij ook de temperatuur waarbij deze gemaakt zijn van belang is (Oosterveld et al., 2023).

Al deze plots en de ECR maken gebruik van de gegevens die door de machines verzameld worden en zetten die om in begrijpelijke plots. De ECR is een hard getal dat kan worden gebruikt om snel aan te geven hoe een walsmachinist heeft gepresteerd. De plots kunnen verder uitleggen waar er ruimte is voor verbetering. Daarnaast kunnen eenvoudige statistieken als gemiddelde en standaardafwijking worden gebruikt om iets te zeggen over de variabiliteit. Op dit moment worden de CCP en TCP gegenereerd in een online dashboard voor intern gebruik binnen Heijmans. Hun wens is om dit uit te breiden naar de asfaltploeg. Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen in welke vorm dit kan gebeuren. De mensen zijn hier echt belangrijk in en staan centraal. In de meeste onderzoeken staat de technologie centraal, waardoor er een kloof ontstaat. Het doel is om een brug te slaan over deze kloof, zodat de bemanning gebruik kan maken van waardevolle gegevens op een manier die bij hen past. Uiteindelijk is de bemanning er niet voor de data, maar zijn de data er voor de bemanning.

4. Inleiding in het onderzoek

4.1 Onderzoeksdoel

Volgend op de beschrijving van de context en het theoretical framework is het onderzoeksdoel als volgende geformuleerd: het doel van dit project is om te onderzoeken welke data en welke presentaties van deze data bruikbaar en begrijpelijk zijn voor de asfalt ploeg, zodat ze snelle feedback kunnen krijgen op uitgevoerd werk en de asfalt kwaliteit kunnen verbeteren.

4.2 Onderzoeksvragen

Op basis hiervan is de hoofdvraag als volgt: Wat heeft de asfalt ploeg nodig om tot systematische kwaliteitsverbeteringen te komen, in de context van de Plan-Do-Check-Act (Deming) cirkel.

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn er vier deelvragen:

1. Wat is de mening en verwachting van de asfalt ploeg over het gebruik van data visualisaties en wat zou een geschikt moment hiervoor zou zijn?
2. Welke data en visualisaties zijn het meest belangrijk, zo dat begrijpelijk is wat er is gedaan, hoe het is gedaan en waar verbeterd zou kunnen worden?
3. Wat is een heldere vorm van de verzamelde data gedurende de dag voor de asfalt ploeg, zodat ze hun eigen presentaties kunnen beoordelen en er lessen uit kunnen trekken?
4. Welke uitdagingen en barrières komen naar boven tijdens het implementeren en hoe kunnen deze verholpen worden?

4.3 Scope

Dit onderzoek zal zich focussen op de asfalt ploegen van Heijmans. Niet gelimiteerd tot één ploeg.

Binnen dit onderzoek zijn de volgende concepten gedefinieerd:

- **Asfalt ploeg:**
voor dit onderzoek zal de hele asfaltploeg in beschouwing worden genomen. Het neerleggen van kwalitatief goed asfalt is een teamprestatie, er zal dan ook een gezocht worden naar een oplossing voor de hele ploeg. Verschillende rollen binnen de ploeg kunnen aan andere dingen behoefte hebben. Het doel is dus niet een 'one size fits all'.
Een standaard asfaltploeg bestaat uit 8 personen. Een uitvoerder: deze heeft de leiding over de ploeg. Een spuitwagenchauffeur: deze vrachtwagen kan zowel schoonmaken als een laagje bitumenemulsie neerleggen, wanneer een volgende laag boven op een bestaande laag geasfalteerd gaat worden. Verder bestaat de ploeg uit een spreidmachine machinist en een balkman die de balk bedient die zorgt voor de breedte en de dikte van het asfalt. Twee afwerkers en 2 walsmachinisten complementeren de ploeg.

- Data:
De verzamelde data bestaan uit meerdere elementen. Informatie over het weer is verzameld. Door de wals en spreidmachine wordt informatie verzameld over locatie door middel van gps- en temperatuurdata. Ook is er een transportsysteem waar informatie in verzameld wordt over het aangeleverde asfalt.
- Data visualisaties:
Dit betekent de vorm waarin de ploeg de data zal gaan gebruiken. In welke vorm is onbekend, omdat gebaseerd zal worden op de input van de asfalt ploeg.

4.4 Analysemethode

Om tot een antwoord op de deelvragen te komen, zoals genoemd in Hoofdstuk 4.2, zullen de verschillende leden van meerdere asfaltploegen geïnterviewd worden. Dit zal gebeuren aan de hand van een per deelvraag opgestelde vragenlijst. Hier kunnen ook rol specifieke vragen inzitten.

Om deze afgenomen interviews te analyseren, zal de thematische analyse gebruikt worden. Dit kan gebruikt worden om gemeenschappelijke thema's, onderwerpen, ideeën en patronen te ontdekken die vaker voorkomen volgens Caulfield (2023). Dit is een geschikte methode die gebruikt kan worden bij het analyseren van interviews.

De volgende stappen zullen vervolgens doorlopen worden om de interviews en de daarmee verzamelde data te analyseren:

1. Bekend worden met de verzamelde data. Aangezien de interviews allemaal opgenomen zijn, is dat in dit geval het uitschrijven daarvan. Door de uitgeschreven interviews door te lezen kan men bekend worden met de data.
2. Het coderen van de data. Hiermee wordt bedoeld dat bepaalde delen uit het interview gemarkeerd worden en de inhoud daarvan met een korte code omschreven wordt.
3. Patronen in deze codes te ontdekken en ze samen te voegen in thema's.
4. Kritisch kijken naar de thema's. Is alles goed beschreven of missen er zaken.
5. Thema's definiëren.
6. Thema's uitschrijven in de resultaten en conclusies.

(Caulfield, 2023)

5. Beschikbare data

In dit hoofdstuk zal beschreven worden welke data er verzameld wordt binnen Heijmans en op welke manier. Ook de verschillende manieren waarop deze gevisualiseerd worden zal besproken worden. Daarnaast zal er een korte uitleg zijn over het dashboard waarin alle data verzameld wordt, genaamd Hammer, wat op dit moment in ontwikkeling is binnen Heijmans.

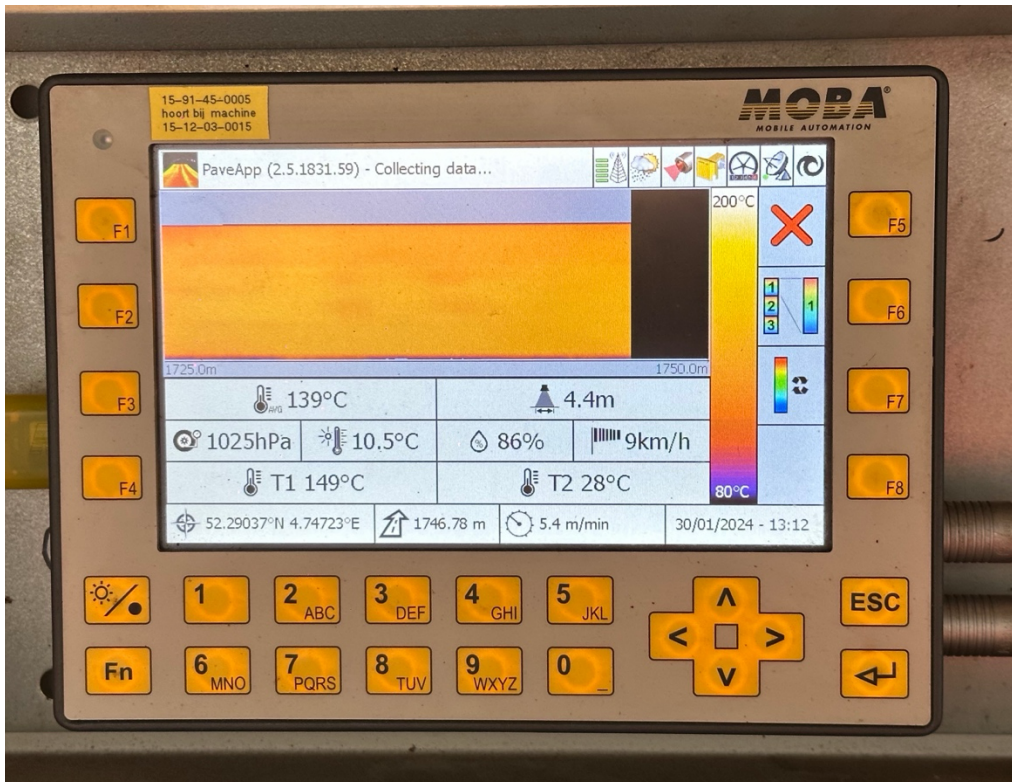
5.1 Spreidmachine

De spreidmachine wordt gebruikt om het asfalt op de juiste dikte en breedte neer te leggen. In Figuur 6 is zo een machine te zien. Op deze machine zitten 2 temperatuur sensoren. Eentje in de hopper(A) en eentje achter op de machine(B) die daar de temperatuur achter de machine meet. Dit gebeurt doormiddel van een infrarood sensor die constant in de breedte heen en weer gaat. Doormiddel van een gps-systeem(C) op de machine worden deze gegevens gekoppeld aan de locatie. Ook wordt hiermee de snelheid van de machine bijgehouden. Verder zit er een weerstation op het dak(D), die de luchtdruk, luchtvochtigheid, temperatuur en windsnelheid meet. Al deze gegevens worden opgeslagen wanneer het bedieningspaneel aanstaat(E) en daar een project is geselecteerd of nieuw is aangemaakt en de laag is geselecteerd. Deze gegevens zijn verder voorzien van datum en tijd en worden constant doorgestuurd naar de eigen omgeving en vandaar naar Hammer.

Voor de machinist is al deze data te zien in het bedieningspaneel(E) dat in het midden van de machine zit, ook wel het hart genoemd. Een voorbeeld hiervan is te zien hieronder in Figuur 7. Dit is het MOBA-systeem wat voor bijna alle Heijmans spreidmachines gebruikt wordt. Er is één spreidmachine met een ander systeem, genaamd WITOS. Deze kan in principe hetzelfde als het MOBA-systeem, alleen is deze geïntegreerd in het bedieningspaneel van de machine. Ook is het WITOS-systeem breder te gebruiken en is het ook aan het transportsysteem en de walsen te koppelen (VÖGELE, 2018).



Figuur 6: Voorbeeld van een asfalt spreidmachine, de letters A-E verwijzen naar de bijbehorende apparatuur zoals genoemd in de tekst. (MOBA, z.d.)

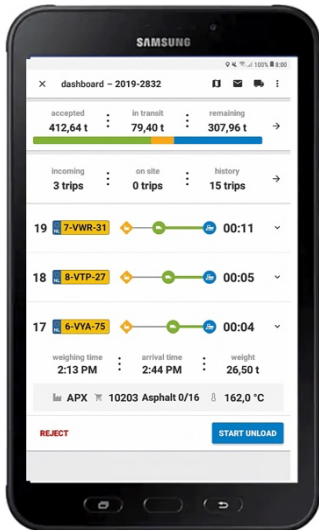


Figuur 7: Voorbeeld van het scherm zoals te zien door de machinist op de spreidmachine.

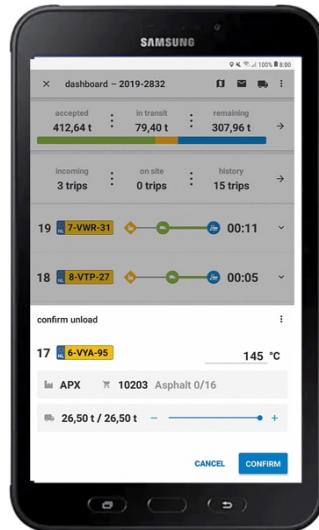
5.2 Balk

De balkman, zoals de naam het al zegt, bediend de balk. Deze is onder andere in te stellen op dikte en breedte. Op de balk wordt door de balkman gebruik gemaakt van Pavelink. Dit systeem wordt gebruikt voor de rittenregistratie van de vrachtauto's die asfalt brengen van de asfaltcentrale naar de spreidmachine. Bij de asfaltcentrale wordt het aantal tonnen, wat vervoerd wordt door de vrachtwagen, gewogen en opgeslagen met de tijd van wegen. Dit wordt samen met het type mengsel per vrachtwagen opgeslagen. Wanneer de vrachtwagen bij de hopper aankomt, wordt deze door de balkman afgevinkt in het systeem. Hieruit wordt de transporttijd bepaald. Ook de centrale waar het vandaan komt is bekend. Hieronder in Figuur 8, 9 en 10 zijn enkele screenshots te zien, die de balkman kan zien op de tablet die op de balk aanwezig is.

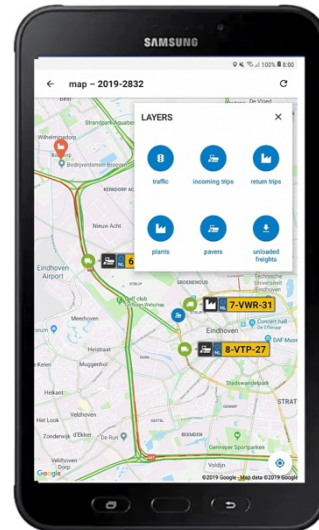
Figuur 8 geeft een overzicht van de geplande ritten, inclusief de vertrektijden en het aantal tonnen wat aanwezig is in de vrachtauto. In Figuur 9 is het afvinken van de vrachten te zien, waarin de hoeveelheid asfalt wordt bevestigd en de transporttijd wordt bepaald. In Figuur 10 is de live view te zien. Hierin zouden de vrachtwagens live te volgen zijn, maar dat werkt alleen als de chauffeurs hun app aan hebben staan en dit wordt vaak vergeten. In dat geval wordt er een inschatting van de aankomsttijd gegeven. Voor de balkman is hier alleen de locatie van de asfaltcentrale en de plek van asfalteren te zien op dit moment, samen met de verwachte tijd van aankomst. De tablet achter op de spreidmachine zit in een box, zoals te zien in Figuur 11.



Figuur 8: Inkomende ritten. (Topcon Positioning Systems, Inc., 2021)



Figuur 9: Afvinken van een vracht. (Topcon Positioning Systems, Inc., 2021)



Figuur 10: Live view. (Topcon Positioning Systems, Inc., 2021)



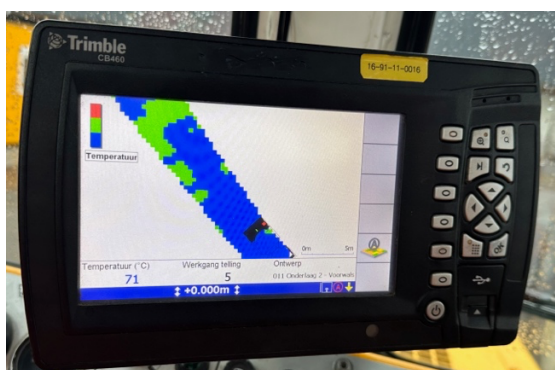
Figuur 11: De tablet zoals achter op de spreidmachine in een beschermende box.

5.3 Wals

Op de walsen van Heijmans zit een systeem van Trimble. Hierin moet eerst ingevuld worden welke laag en welk type mengsel er gewalst wordt. Vervolgens wordt aan de hand van die informatie het juiste wals model geselecteerd. Een wals model wordt gebruikt om weer te geven hoe er theoretisch gewalst zou moeten worden. Dit gaat dan zowel over temperatuur als over walsgangen. Deze zijn in het verleden binnen Heijmans ontwikkeld. Deze zijn geverifieerd door in de praktijk te walsen en vervolgens nucleair te meten. Hier is zowel data, de Aspari Proces Quality Improvements meetmethodes (Aspari, z.d.), als impliciete kennis voor gebruikt. Dit is gedaan voor elk mengsel en ook voor verschillende weersomstandigheden en verschillende ondergronden.

Dit was alleen veel te gecompliceerd voor de walsmachinisten, aangezien er zoveel wals modellen waren dat het lastig kiezen was. Daarom zijn ze op een gegeven moment gebundeld en zijn dezelfde type mengsels bij elkaar gevoegd. Hierbij zijn ook de modellen voor verschillende weersomstandigheden en type ondergrond verdwenen.

Wanneer een model geselecteerd is, geeft het systeem een doel aan voor het aantal wals overgangen en een temperatuurbereik waarbinnen er gewalst moet worden. Dit is te zien op 2 verschillende tabbladen in het systeem. De positie ten opzichte van de rest van het gewalste gedeelte is te zien, waarbij te zien is of je goed zit of niet. Voor de temperatuur is dit te heet (rood), goed(groen) of te koud(blauw), zoals te zien in Figuur 12. De walsgangen zijn te veel(blauw), goed(groen) of te weinig (rood), zoals te zien in Figuur 13. Dit gebeurt op basis van de gps en temperatuur sensor die op elke wals zit. Verder is op de locatie waar je nu rijdt de live temperatuur van het asfalt te zien en het aantal walsgangen op die locatie. De temperatuur wordt gemeten door een infrarood sensor die vanaf de onderkant van de machine op het asfalt meet. Het is dus de oppervlaktetemperatuur, de temperatuur in het asfalt is warmer. Deze data worden bijgehouden en 's nachts verzonden naar Hammer, dit gebeurt alleen als er vooraf een gebied ingetekend is.



Figuur 12: Temperatuur weergave.



Figuur 13: Walsgangen weergave.

5.4 Hammer

Hammer wordt binnen Heijmans ontwikkeld en is een webapplicatie waarin meerdere datastromen binnenkomen en verwerkt worden. Data is er inzichtelijk vanuit Pavelink, Moba en Trimble. Oftewel het transportsysteem en het systeem van de spreidmachine en wals. Dit is belangrijk, omdat ze individueel niks zeggen over het totale proces. Alle data samen zegt wat over de kwaliteit van het asfalt, aangezien dit afhankelijk is van alle vier de stappen: de mix kwaliteit, transport kwaliteit, asfalteer kwaliteit en de wals kwaliteit (Han et al., 2022). De data maakt het uitgevoerde werk expliciet en kan gebruikt worden om van te leren (Pradena et al., 2020).

Ook boorkern resultaten zijn er inzichtelijk en komen uit PIM, wat staat voor 'Pavement Information Model'. Dit is ontwikkeld vanaf 2016 door acht aannemers, waaronder Heijmans, om de aanleg van wegen digitaal te ondersteunen. Dit ter vervanging van papier en verouderde, zelfontwikkelde software (PIM, z.d.). Het is bruikbaar van de productie van asfalt tot en met de kwaliteitscontrole. Concreet op een project wordt het door de asfalt uitvoerders van Heijmans gebruikt voor dagrapporten en er wordt door de laborant bij het boren van de kernen de locatie en de testresultaten in PIM opgeslagen.

5.4.1 Transport

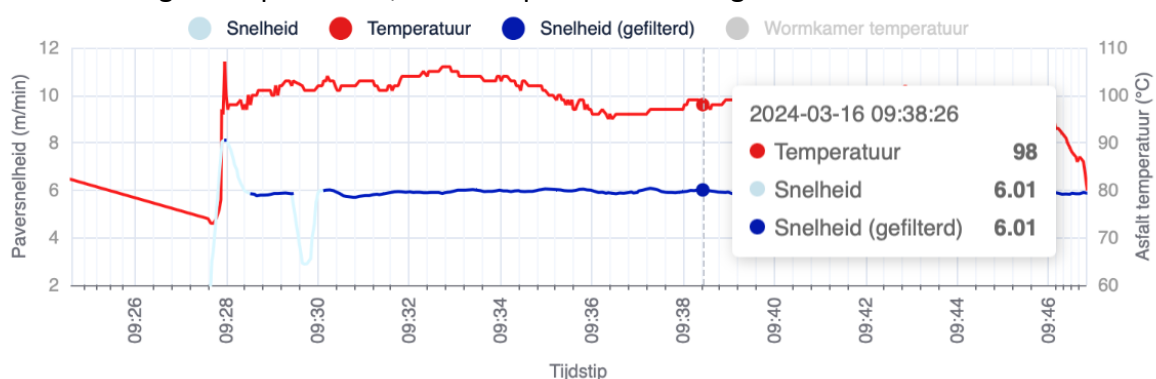
Vanuit het transportsysteem Pavelink zijn de volgende gegevens inzichtelijk, zoals te zien in Figuur 14. Allereerst bovenin bij Transport zijn per mengsel zichtbaar: de mengselcode, mengsel beschrijving en het totaal aantal aangevoerde tonnen zichtbaar. Vervolgens is bij Transporttijd per mengsel een gemiddelde transporttijd van de asfaltcentrale naar de spreidmachine toe. Per rit is het tijdstip van het wegen en de duur te zien, samen met het mengsel wat vervoerd is en de code van de centrale. Deze ritduur is alleen te zien als de vracht wordt afgevinkt op de tablet achter op de balk wanneer deze aankomt bij de spreidmachine. Op basis hiervan zouden het aantal verwerkte tonnen over tijd berekend kunnen worden. Door dit samen te nemen met de snelheid van de spreidmachine is het aantal kilogram per vierkante meter te bepalen, als de breedte van de balk bekend is, maar dat is op dit moment niet het geval.

| | | | |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Project | A1 Asfaltverhardingen | | |
| Datum | 5-12-2023 | | |
| Transport | | | |
| Aangevoerd | 1209.92 | | |
| Aantal | ton (2 typen) | | |
| Mengselcode | Mengsel | Totaal aangevoerd | |
| an161602v1 | AC 22 bin/base 30/45 60%PR BSt | 605.96 | |
| an263671v1 | LEAB 22 bin/base 40/60 60%PR sbP/ZM | 403.96 | |
| Transporttijd | | | |
| Gemiddeld | 0 | | |
| Gemiddeld | minuten | | |
| Mengselcode | Mengsel | Ritduur (gem.) | |
| an161602v1 | AC 22 bin/base 30/45 60%PR BSt | 0 | |
| an263671v1 | LEAB 22 bin/base 40/60 60%PR sbP/ZM | 0 | |
| Weging | Ritduur | Mengsel | Centrale |
| 16:13 | | an161602v1 | AND |
| 16:26 | | an161602v1 | AND |
| 06:46 | 66 | an161602v1 | AND |
| 06:50 | 1 | an161602v1 | AND |
| 07:02 | 57 | an161602v1 | AND |

Figuur 14: Screenshot van Hammer met het overzicht van de ritten. Van boven naar beneden is het project, de datum, wat er aangevoerd is bij Transport en de rit duur bij Transporttijd.

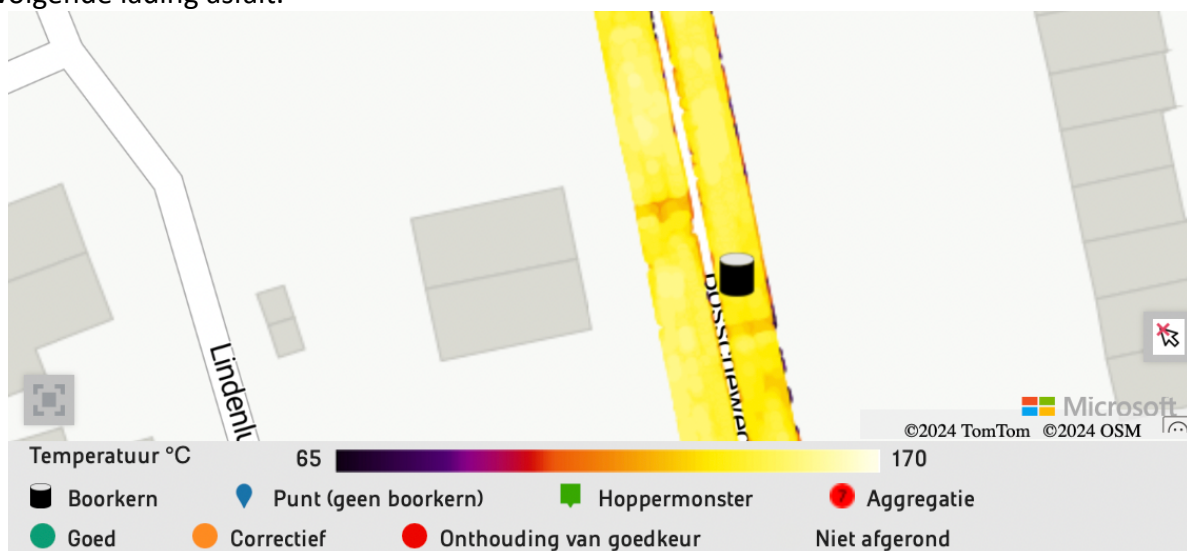
5.4.2 Spreidmachine

Van de spreidmachine zijn de volgende gegevens te zien, deze worden per laag bijgehouden. Asfalt kan bestaan uit meerdere onderlagen, tussenlagen en deklagen. In een grafiek zoals beneden te zien in Figuur 15, zijn de temperatuur achter de balk (rood) en de snelheid (blauw) te zien over tijd. Over de snelheid moet het volgende vermeld worden: de snelheid is alle gemeten snelheden. Bij de gefilterde snelheid zijn de pieken en de dalen eruit gehaald. Dit, omdat de spreidmachine dan of stil staat of te snel rijdt, dus alleen alles binnen een bepaalde bandbreedte wordt daarin meegenomen. Je kunt inzoomen op de grafiek om beter in detail de grafiek te bekijken. Wanneer je op een punt klikt in de grafiek dan zal deze de locatie weergeven op de kaart, zoals besproken in de volgende alinea.



Figuur 15: Screenshot van Hammer met de snelheid en temperatuur over tijd van de spreidmachine.

Naast de grafiek is ook de Temperature Contour Plot per laag te zien. Op dit kaartje, zie Figuur 16, is aan de hand van de gps op de spreidmachine de gemeten temperatuur achter de balk weergegeven. De cilindervormen in het kaartje geven de locatie van de geboorde kernen weer, zoals beschreven in de volgende alinea. Deze is per laag te zien en geeft een goed inzicht in de temperatuur homogeniteit. Er zijn een paar donkere plekken te zien in Figuur 16. Dit wijst op een stopplek, de spreidmachine heeft daar dan een tijdje stil gestaan. Over het algemeen betekent dat, dat de hopper leeg is en er gewacht moet worden op de volgende lading asfalt.



Figuur 16: Temperature Contour Plot.

5.4.3 Boorkernen

Wanneer er geasfalteerd wordt, worden er altijd kernen geboord om te testen. Dit gebeurt 1x per 2000 vierkante meter. Dit is het minimaal aantal boorkernen volgens het RAW Bestek (Kennisplatform CROW, 2014). RAW is het kader waarbinnen bouwcontracten worden gesloten (RAW, z.d.). De kernen worden vervolgens getest op laagdikte, holle ruimte en verdichting en sommige kernen ook op samenstelling en bindmiddel. Op elke locatie worden altijd 2 kernen geboord, een zogenaamde A en B kern. Dit voor het geval er iets mis mocht gaan met het testen of de 1^e kern haalt de eisen niet. De locatie wordt door middel van gps tijdens het boren opgeslagen.



Figuur 17: Kern die geboord wordt.

In Hammer zijn over deze kernen een aantal dingen te zien. Op een project kun je een overzicht van het totaal aantal geboorde kernen zien en hoeveel daarvan de eisen hebben gehaald en welke niet en om welke reden. Dit is te zien in Figuur 18 hier onder.

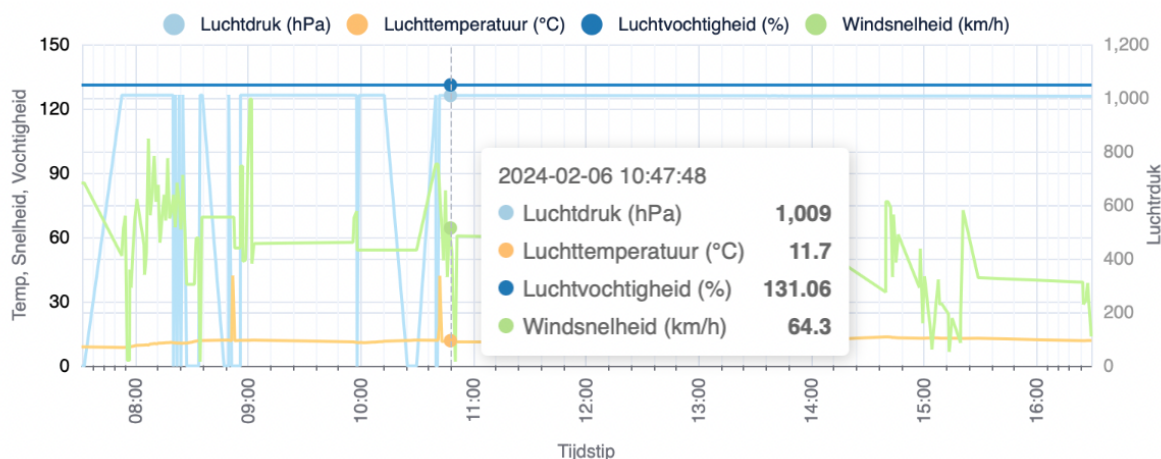


Figuur 18: Overzicht van het totaal aantal geboorde kernen, met per categorie de uitkomst.

Per kern is vervolgens in meer detail te zien wat er getest is, wat de exacte uitlagen zijn en hoe die zich verhouden tot de eis en de gewenste waarden. Zoals eerder genoemd wordt er getest op verdichting, holle ruimte en laagdikte. Voor een deel van de kernen wordt ook het bindmiddel en de samenstelling getest.

5.4.4 Verwerkingsomstandigheden

Op elke spreidmachine zit een weersensor. Zoals eerder genoemd in Hoofdstuk 5.1 worden daardoor de volgende gegevens gemeten: de temperatuur, luchtvochtigheid, luchtdruk en windsnelheid. Deze worden over tijd gemeten en worden weergegeven in een grafiek zoals te zien in Figuur 19 hieronder. Door op een punt in de grafiek te klikken krijg je gedetailleerd de gemeten waarden te zien.



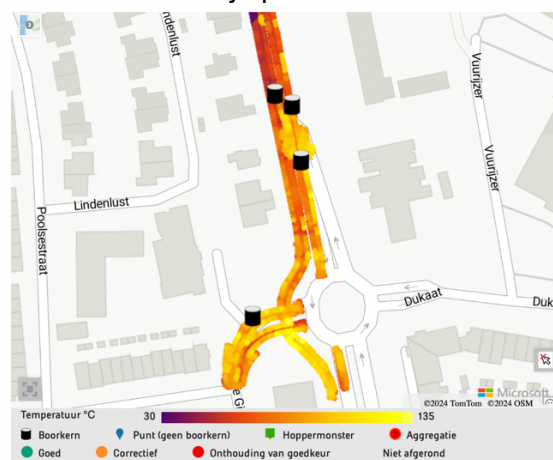
Figuur 19: Grafiek met verwerkingsomstandigheden.

5.4.5 Wals

Op de walsen wordt continue de temperatuur gemeten en door middel van gps wordt de locatie van deze temperatuurmeting vastgelegd. Deze informatie wordt 's nachts verwerkt en visueel gemaakt in verschillende kaartjes. Allereerst is er de temperatuur van de eerste wals overgang. Deze wordt geplot op locatie en ook de temperatuur van de laatste overgang is te zien, zoals in Figuur 20 en 21, met onder het kaartje de gebruikte kleurschaal. Deze gegevens worden per laag bijgehouden en ook per machine. De temperatuur van de eerste en laatste wals overgang is relevant, omdat daarmee te zien is of dit gedaan is zoals theoretisch volgens het wals model zou moeten. Verder kan door het visueel te maken gezien worden of er veel variatie in zit, wat weer relevant is voor je proces kwaliteit.

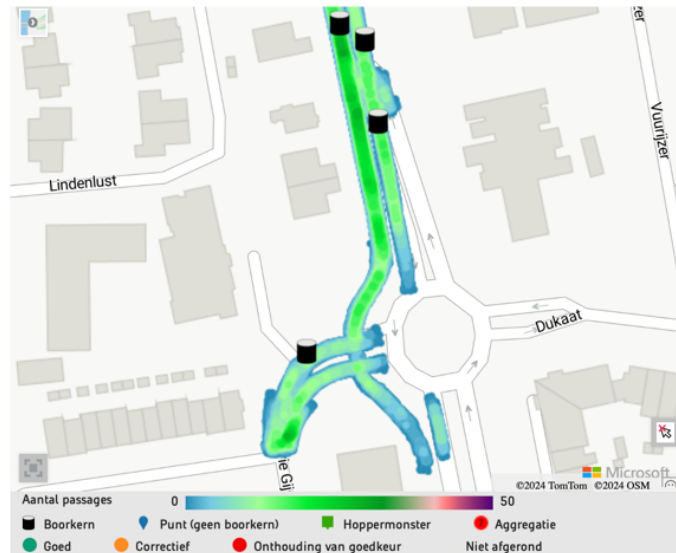


Figuur 20: Temperature Contour Plot (TCP) van de eerste wals overgang.



Figuur 21: TCP van de laatste wals overgang.

Daarnaast is er ook een overzichtskaartje waarin het aantal wals overgangen te zien is. Dit kan per machine bekeken worden, maar ook het totaal van alle walsen. Dit is te zien in Figuur 22. Hammer is nog in ontwikkeling en nog niet volledig klaar voor gebruik. Waarschijnlijk gaat hier qua aantallen iets niet goed en worden de walsgangen dubbel geteld. Dit is een bekend probleem en gaat in een volgende update verholpen worden. Dit is noodzakelijk, want incorrecte data is niet bevorderlijk voor het gebruik van Hammer en kan weerstand doen toenemen.



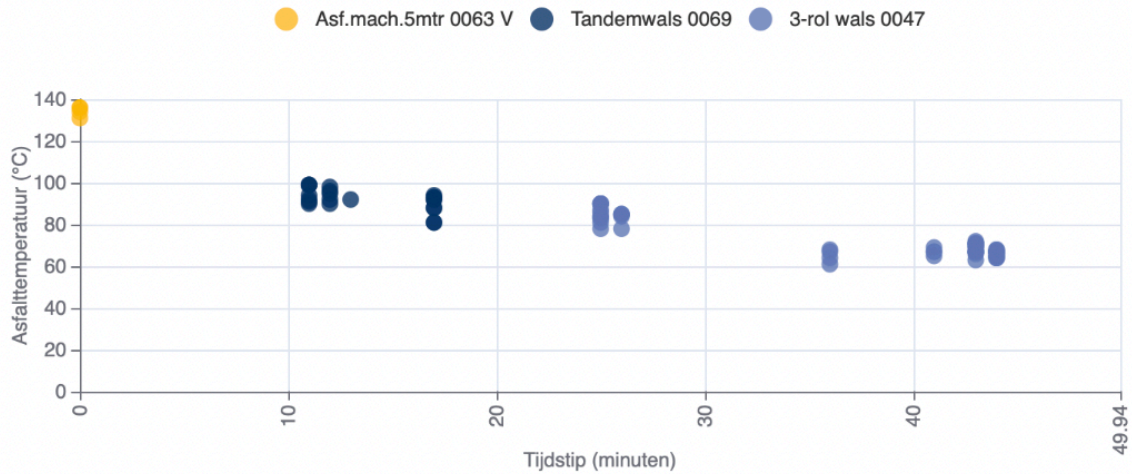
Figuur 22: Compaction Contour Plot.

Wanneer je op een punt op de kaart klikt, krijg je meer inzicht in het temperatuur verloop over tijd. Van elke wals overgang wordt de temperatuur weergegeven, die toen gemeten is in de grafiek zoals te zien in Figuur 23. Er is met twee machines gewalst, waarbij er één de voor wals heeft gedaan en een ander de na wals. De 4 dichtstbijzijnde punten ten opzichte van de aangeklikte locatie worden weergegeven, vandaar dat er meerdere op hetzelfde tijdstip weergegeven zijn.

Deze plot is erg gedetailleerd ingezoomd op één punt, maar kan veel vertellen over de manier van walsen. Tussen de spreidmachine en de eerste walsgang zit tijd. In die tijd, in dit geval iets meer dan 10 minuten, vind er geen verdichting plaats en koelt het asfalt alleen af. Wanneer er te vroeg begonnen wordt met walsen, zal het asfalt overbelast worden, omdat het de wals niet kan ondersteunen (Timm et al., 2001). Als het mengsel te koud is, dan kan deze niet meer genoeg verdicht worden. Deze temperatuur range waarbij gewalst kan worden verschilt per mengsel, maar is erg belangrijk om de juiste verdichting te halen.

Als dit niet goed uitgevoerd wordt, dan zal dit resulteren in mindere kwaliteit. Verdichten in de juiste temperatuur range is zowel belangrijk voor de juiste verdichting als andere mechanische eigenschappen van asfalt (Bijleveld, Miller, De Bondt, et al., 2015). Deze curve kan dan ook gebruikt worden om concreet aan te wijzen waar ruimte voor verbetering is.

Afkoelcurve



Figuur 23: Afkoelcurve zoals in Hammer te zien.

5.5 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de verschillende datastromen binnen Heijmans besproken. Deze data samen bevatten waardevolle proces informatie over het constructie proces wat resulteert in een bepaalde eindkwaliteit die wordt getoetst door middel van de boorkernen. Om tot procesverbetering te komen kunnen de besproken plots en grafieken helpen bij het concreet maken van zaken die anders zouden moeten. Consistentie is wat je wil zien in de data, want dat is erg belangrijk voor een goed eindresultaat (Bijleveld, Miller, & Dorée, 2015).

6. Mening van de asfaltploeg over de systemen en feedback

In dit hoofdstuk zal de volgende deelvraag beantwoord worden: Wat is de mening en verwachting van de asfalt ploeg over het gebruik van data visualisaties en wat zou een geschikt moment hiervoor zou zijn? Doormiddel van een interview met leden van de asfaltploeg zal naar een antwoord worden gezocht op deze vraag.

De vragenlijst die gebruikt is voor deze interviews is te vinden in Appendix 14.A. Deze start met wat algemene vragen over leeftijd en ervaring, gevolgd door vragen over hun werk en Heijmans. Daarna zullen vragen gesteld worden over de hulpsystemen en over feedback.

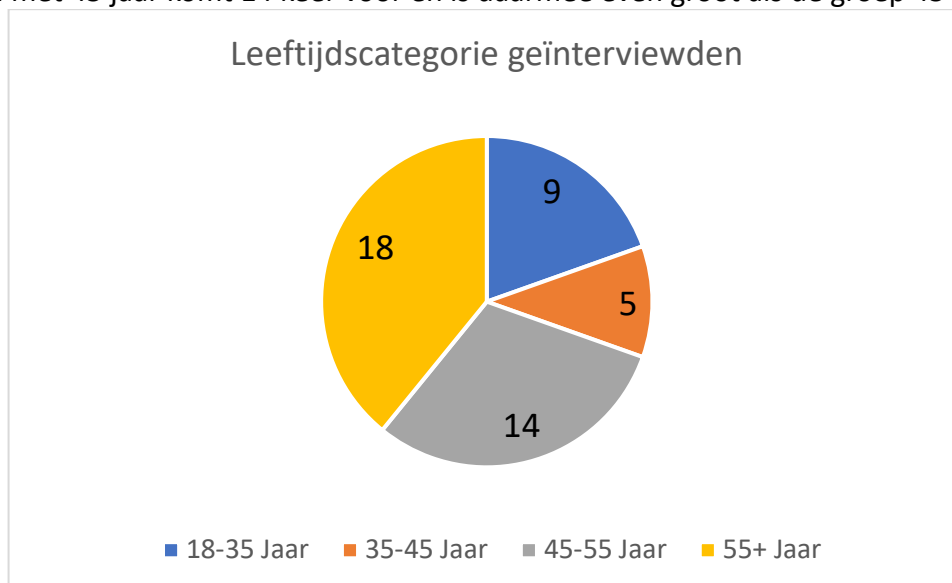
Vooraf zal gevraagd worden of het interview opgenomen kan worden, zodat er meer gefocust kan worden op het stellen van de vragen in plaats van het noteren van de antwoorden. Wel zal anonimiteit beloofd worden, dus er zullen geen namen en exacte gegevens genoteerd worden. Dit zodat er geen directe herleidbaarheid is.

6.1 Geïnterviewd personeel

In totaal zijn er voor de eerste deelvraag 46 mensen geïnterviewd. Dit is hoofdzakelijk op de locatie geweest bij de ploeg waar ze op dat moment bezig waren met asfalt leggen. Dit gebeurde dan of wanneer ze even pauze of een rustig moment hadden, of gewoon onder het werk zelf. Een paar interviews zijn afgenomen op kantoor parallel aan de jaarlijkse ontwikkelgesprekken aan het begin van het jaar.

6.1.1 Leeftijdscategorie

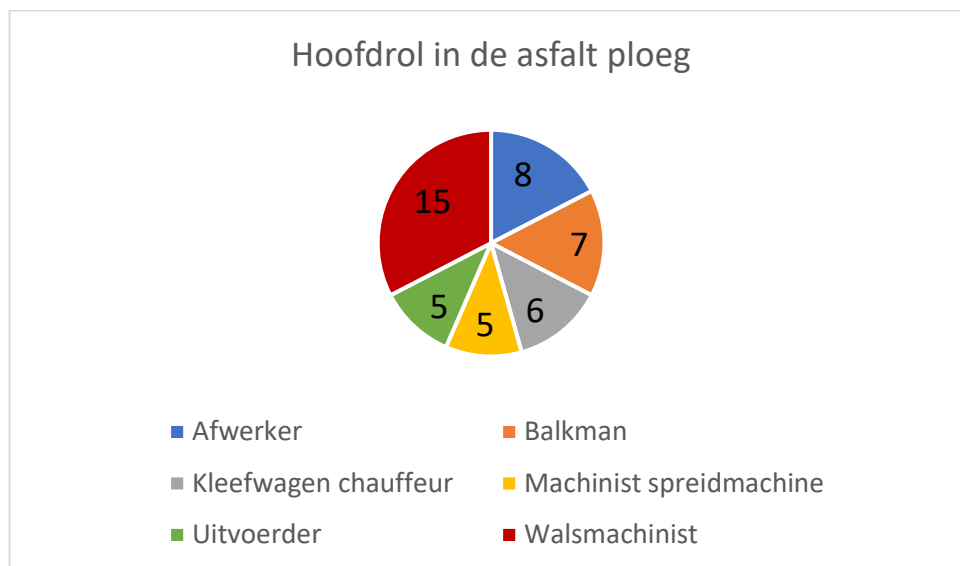
In Figuur 1 hieronder is de leeftijdscategorie van de geïnterviewde medewerkers van de asfaltploeg te zien. Wat opvalt is dat het overgrote deel (69,6%) 45 jaar of ouder is. De groep 18 tot en met 45 jaar komt 14 keer voor en is daarmee even groot als de groep 45-55 jaar.



Figuur 1: Leeftijdscategorie van de geïnterviewden uit de asfalt ploeg.

6.1.2 Hoofdrol in de ploeg

In Figuur 2 zijn de hoofdrollen van de geïnterviewden uit de asfalt ploeg te zien. Er wordt in Figuur 2 verwezen naar de hoofdrol, omdat een deel breder inzetbaar is. De vragen over de hulpsystemen zijn aan iedereen gesteld die daar ervaring mee hadden.

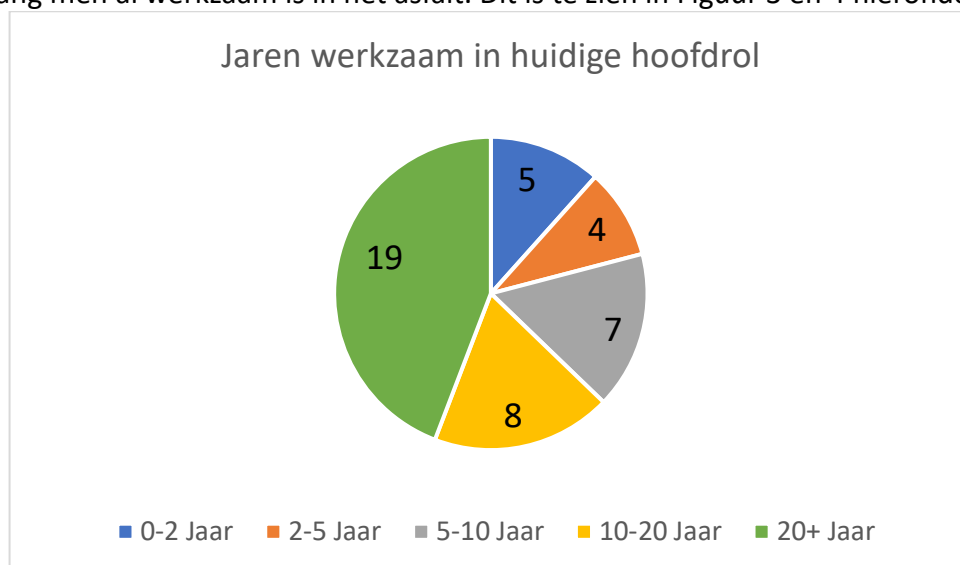


Figuur 2: Hoofdrol van de geïnterviewden in de asfalt ploeg.

Zoals hiervoor besproken zitten er in een standaard asfalt ploeg acht personen, waarbij er twee afwerkers en twee walsmachinisten aanwezig zijn. Wat dan opvalt is dat er relatief veel walsmachinisten geïnterviewd zijn en wat minder afwerkers, dan je zou verwachten gezien de aantallen van de andere rollen. De oorzaak hiervan is dat dit onderzoek zich focust op de systemen die gebruikt worden en de afwerkers hier geen gebruik van maken.

6.1.3 Ervaring

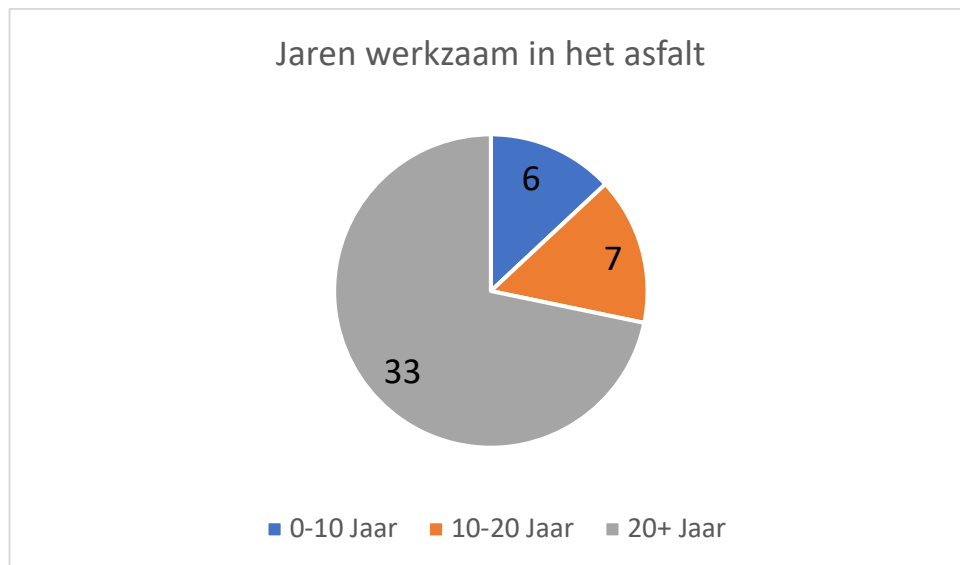
Zoals in de literatuur beschreven is, wordt er veel op ervaring gewaagd. Vandaar dat het interessant is om te weten van de geïnterviewden hoe lang ze al hun huidige rol uitvoeren en hoe lang men al werkzaam is in het asfalt. Dit is te zien in Figuur 3 en 4 hieronder.



Figuur 3: Aantal jaar dat de geïnterviewde zijn huidige hoofdrol uitvoert.

Zoals te zien hierboven is er een erg grote groep die al meer dan 20 jaar dezelfde hoofdrol uitoefent. De groep die korter dan vijf jaar op zijn huidige rol zit is met 9 personen ongeveer even groot als de groep die 5-10 jaar (zeven personen) of 10-20 Jaar (8 personen) zijn huidige rol uitoefent.

De groep korter dan 5 jaar bestaat zoals eerder gezegd uit negen personen. Als je kijkt naar de rol die wordt uitgeoefend komen alle rollen voor. Drie keer betreft dit een balkman en deze zitten ook allemaal in de leeftijdscategorie 18-35 Jaar en dus relatief jong. Verder zijn er twee kleefwagen chauffeurs en komen de overige rollen allemaal één keer voor.



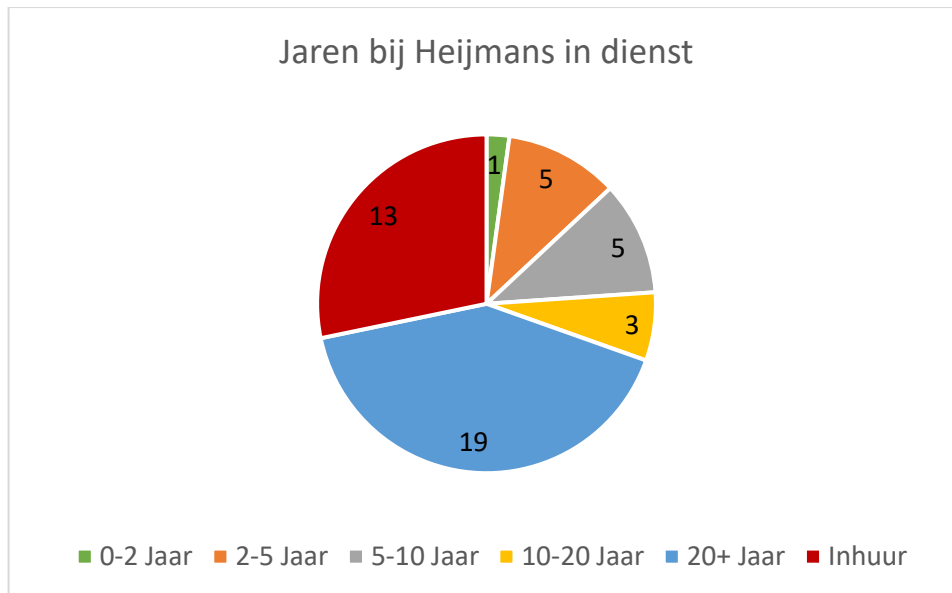
Figuur 4: Aantal jaar dat de geïnterviewde in het asfalt werkzaam is.

In Figuur 4 hierboven is te zien hoelang de geïnterviewde medewerkers al in het asfalt zitten. Met 33 van de 46 personen die al meer dan 20 jaar in het asfalt zitten is dit de grootste groep. Dit valt niet los te zien van de 32 personen die 45 jaar over ouder zijn, zoals eerder benoemd.

Wanneer we kijken naar de groep die korter dan 10 jaar in het asfalt zit verwacht je veel afwerkers te vinden. Dit omdat je in de ploeg als afwerker begint en vanuit daardoor kan groeien naar bijvoorbeeld de balk of als machinist. In dit geval is er maar één afwerker en heeft de rest andere rollen. Wel zitten ze allemaal in de categorie 18-35 jaar oud en zit de helft (drie personen) korter dan twee jaar in zijn huidige rol.

6.1.4 Dienstverband

Een deel van de mensen die geïnterviewd zijn, zijn niet vast in dienst bij Heijmans. Deze zzp'ers zijn of vast ingehuurd voor het hele jaar of onderdeel van een vaste ploeg die wordt ingehuurd of worden af en toe ingehuurd door Heijmans. Het gaat hier om 13 zzp'ers die geïnterviewd zijn. Zowel van het Heijmans personeel als de zzp'ers is niet bekend of ze een formele opleiding gehad hebben. Aan het personeel van Heijmans is gevraagd hoe lang ze voor Heijmans in dienst zijn. Dit is te zien in Figuur 5 hieronder.



Figuur 5: Aantal jaar dat de geïnterviewde in dienst in bij Heijmans. De zzp'ers zijn genoteerd als inhuur.

6.2 Werken met asfalt

Mensen zijn goed te spreken over hun werk. Het overgrote deel, 36 man, vindt het mooi werk en is trots op wat ze doen. “Ik ben er trots op omdat, we maken ook mooi werk”. “Vandaag zit je op de snelweg, morgen zit je ergens op een klein klusje, dus er is variatie en dat is het mooiste wat er is”. Of zoals vijf het omschreven: “het is echt een vak apart”, “Het is bijzonder werk, niet iedereen doet dit” en “ik zie het nog een beetje als een soort ambacht”. Er is ook een kleine groep die het niet bijzonder vindt. “Op een gegeven moment als je alles al gehad hebt, dan ja. Voor een ander is het misschien heel wat, maar voor mij is het piece of cake.”

Wat ook veel benoemd wordt, is het team gevoel. De ploeg bestaat uit acht man en je maakt het ook met zijn allen als een team, dat kwam 32 keer naar voren. Dat gaat dan zowel over een goede sfeer in de ploeg: “gezellige, leuke ploeg ja, gewoon gezellige mensen allemaal”. Tot ook echt mekaar willen helpen: “Als we iets met z'n allen kunnen doen, scheppen of harken of wat dan ook dan helpen we altijd elkaar”.

Omdat het over de breedte genomen ervaren mannen zijn die elkaar al lang kennen is het wel lastig om daar dan tussen te komen, werd drie keer door jongere mensen aangegeven. “Door de leeftijd heb ik eigenlijk geen inspraak”. Ook een zzp'er gaf dit aan “Asfalt ploegen zijn best wel stug volk, (...) nu ken je iedereen en is dat wel anders”.

6.3 Hulpsystemen

In deze sectie zullen de meningen over de hulpsystemen beschreven worden. Omdat dit per rol verschillend is, zal dit per rol gedaan worden. Aangezien de afwerkers, machinisten van de kleefwagen en de uitvoerder deze niet gebruiken zijn die hier niet genoemd. Eerst zullen de resultaten van de walsmachinisten besproken worden, dan die van de balkmannen en daarna die van de spreidmachine machinisten.

6.3.1 Walsmachinisten

De geïnterviewde walsmachinisten zijn in twee groepen te verdelen. De ene groep, 11 man, vindt dat het walssysteem helpt bij het walsen en dat het een handig hulpmiddel is. De andere groep, 10 man, doet het walsen op ervaring en gebruikt het systeem amper. Een deel van deze groep, vier man, gaf aan hem alleen aan te zetten omdat hogerop dat wil. Er zijn ook machinisten die het sowieso onzin vinden en dat het alleen maar zicht wegneemt. Van de groep die zegt hem niet te gebruiken, gebruikt een deel wel de live temperatuur meter, dit werd in totaal 17 keer benoemd. De live walsgangen daarentegen worden amper gebruikt, dit werd maar twee keer benoemd. Hiermee wordt bedoeld de temperatuur en het aantal overgangen op de locatie waar je op dat moment bent. Dit is onder in het scherm te zien.

Van de zes inhuur walsmachinisten zeggen er vier te walsen op ervaring en niet naar het systeem te kijken. Voor twee machinisten helpt het wel. Dit is een verschil met het Heijmans personeel, daar gebruikt de helft het systeem en doet de andere helft het hoofdzakelijk op ervaring.

Verder kan in het systeem een bepaald ontwerp gekozen worden. Hiermee selecteer je als machinist het mengsel en de laag die gelegd wordt en of je voorop- of achterop rijdt. Dit kan een onderlaag, tussenlaag of deklaag zijn. Aan de hand daarvan wordt een temperatuur aangegeven waarbinnen het walsen optimaal is en een gewenst aantal wals overgangen. Dit is visueel op een kaartje te zien of je goed zit of niet. Hiervan zeggen 12 machinisten dat ze dit voor de temperatuur wel gebruiken en vijf zeggen er totaal niet naar te kijken. Voor de wals overgangen is dit acht man die zeggen het wel te gebruiken en zeven niet. Hoe dit dan daadwerkelijk gebruikt wordt verschilt heel erg per machinist. "Het gaat allemaal op de automatische piloot, ik hoef daar niet naar te kijken", maar dezelfde machinist zegt verderop in het interview het volgende: "...dan vind ik het wel mooi en grappig als het allemaal één kleur is op een gegeven moment.". Dus aan de ene kant zegt deze machinist het niet te gebruiken, maar er wordt toch wel op gekeken. Een andere machinist zei het volgende: "Ik houd het wel in de gaten de temperatuur, werkovergangen eigenlijk niet. Het is ook visueel in de gaten houden en niet alleen afgaan op het scherm". Dat gaven er heel veel aan, het is een hulpmiddel in hun ogen, maar ook niet meer dan dat. De omstandigheden buiten zijn vaak niet ideaal, waardoor je ook niet volgens het ideale model kan walsen. "Joh ik doe altijd gewoon wat het systeem aangeeft, mits de puinbaan of de baan slechter is".

Dit sluit ook aan bij een aantal walsmachinisten, namelijk vier, die zeiden dat in echt slechte omstandigheden, ze het hele systeem niet aan hadden. "Dan zie je 's morgens al als je ergens gaat beginnen en de baan is slecht, ja jongens dat ding hoef je niet aan te zetten". Wat dat betreft mis je informatie over de puinbaan, gaven vier machinisten aan. "Ik vind het jammer dat je geen dingen van de omgeving kan invoeren zeg maar. (...), maar slecht weer of slechte puinbaan". Of dit breder leeft zal tijdens de volgende deelvraag onderzocht kunnen worden.

Binnen het systeem is er ook de functionaliteit om te zien wat de andere machinist(en) doen die op hetzelfde ontwerp zitten. Dit kan gebruikt worden wanneer er met meerdere spreidmachines naast elkaar geasfalteerd wordt en er ook meerdere walsen tegelijk voorop of achterop rijden. Elf machinisten zeggen dat het hun helpt. Ze zeggen hierover dingen als

“dat kan makkelijk zijn op grotere projecten” en “is wel makkelijk, dan kun je zien of je mekaar overlapt of niet”. Daarentegen zijn er ook vijf machinisten die zeggen er niks mee te doen, “dat is leuk, maar ik doe er niks mee”. Een aantal man, met name inhuur, wisten hier helemaal niet vanaf, “oh dat is nieuw voor mij” en “nee dat kan met dit systeem niet”. Hier is concreet een mogelijkheid om doormiddel van betere opleiding kennis van de systemen te verhogen.

Informatie van de spreidmachine komt weinig reactie op. De meesten vinden dat niet nodig. In totaal vier machinisten zouden de temperatuur achter de balk willen weten en twee informatie van de balk zelf, de dikte bijvoorbeeld. “Dat zou wel handig zijn als ik dat kan zien van oh hij is nu zo warm achter de balk”. Andere walsmachinisten zeggen daarover “anders krijg je zoveel informatie, dan weet je het op een gegeven moment niet meer”.

Verder werd aangegeven dat het makkelijk zou zijn als je tijdens het strooien zou kunnen zien op het scherm waar je gebleven bent. Of dat breder leeft kan ook tijdens de volgende deelvraag meegenomen worden.

6.3.2 Balkmannen

De balkmannen zijn erg positief over Pavelink. Alle zeven vinden ze het een handig hulpmiddel. “Handig, kan ik zien wat er onderweg is” en “En het is handig voor ons wanneer we hem op willen pakken [de balk] of door willen trekken”. Welke informatie er dan concreet uitgehaald wordt, is dan toch met name de tonnen die geladen worden (vier balkmannen) en wanneer de auto's aankomen op het project (vijf balkmannen). Hierbij wordt de live view gemist, dit is drie keer benoemd. In het verleden kon je live de locatie van de vrachtwagen volgen, tegenwoordig is dit vaak niet mogelijk. Dit is zo wanneer de vrachtwagenchauffeurs hun app niet aan zetten, wat vaak het geval lijkt te zijn. Hier zou weer meer op aangestuurd kunnen worden, ook door de ploeg zelf.

Ook moet opgemerkt worden dat twee keer specifiek werd benoemd dat men het niet fijn vond dat ze binnen op kantoor mee konden kijken. Op de vraag of het voorkomen kon worden dat het afvinken soms vergeten wordt, antwoorde er één: “Ze hoeven toch niet altijd alles te weten of wel”. Verder werd door de andere mannen aangegeven dat ze het te druk hebben om het altijd af te vinken. “Op een kruising ben je druk bezig en dan gooit er iemand die bon op de machine, omdat je zelf die bon niet kan halen en dan vergeet je hem soms af te vinken”. Wellicht dat dit in de toekomst automatisch gedaan kan worden, zoals één van de balkmannen voorstelde.

Over dingen die ze graag anders zouden willen zien komen verschillende reacties, waarbij er niet echt één grote voorkeur uitspringt. Wat allebei twee keer genoemd is, is dat de getallen wat groter mogen op de tablet en dat de mogelijkheid om op de telefoon af te vinken erg handig zou zijn. Concreet anders aan het systeem zouden ze graag de kg/m² die ze wegdraaien willen kunnen aflezen. Dit ter controle van de dikte die gedraaid wordt als ook de hoeveelheid tonnen die verwerkt worden en of dit klopt met de bestelde tonnen. Of iedereen dit zou willen zou bij de volgende deelvraag onderzocht kunnen worden. Ook wordt aangegeven dat vrachten soms door elkaar gaan.

6.3.3 Spreidmachine machinisten

Binnen Heijmans worden er twee systemen op de spreidmachine gebruikt. Deze registreren dezelfde informatie, maar de ene is geïntegreerd in het dashboard van de bestuurder, het WITOS-systeem hier is één machine van, en de andere hangt boven in de cabine, het MOBA-systeem. Vier van de vijf machinisten geven aan het een mooi systeem te vinden, wel gaven ze aan dat ze het gebruiken omdat hogerop het wil. Dit werd twee keer gezegd. “Het is voor Heijmans en naar de klant toe is het goed, maar er komt wel steeds meer bij”. Drie van de vijf geïnterviewde machinisten geven aan geen informatie uit het systeem te halen. “Niks, kijk als het asfalt een bepaalde temperatuur heeft, ja dat kunnen wij toch niet veranderen”. Hier is ook weer te zien dat een goede opleiding voor het gebruik van de systemen belangrijk is, zoals eerder ook bij de walsmachinisten is opgemerkt.

Door twee andere machinisten wordt verteld dat ze de afgelegde afstand eruit halen. Hierbij zegt de ene machinist ook de asfalt- en buitentemperatuur uit het systeem haalt en de andere machinist de tonnen asfalt en de werk uren. “Als het heel koud is dan ga ik iets rustiger rijden, dan hebben hun ook even wat meer tijd om te verdichten. Als je echt koude plekken erin ziet, ja dan kan je het even doorgeven van meet het even in die auto hoe warm dat het is, dat het klopt. Er zit in principe altijd wel eens foutje of iets in.” In dit geval geeft de machinist aan heel bewust met de temperatuur bezig te zijn, maar dat is niet iets wat door meer machinisten gedaan wordt. “Gewoon doortrekken, het is niet anders. Het spul is besteld en moet verwerkt worden.” Hier wordt de mindere kwaliteit dan voor lief genomen en dat is iets wat je soms wel eens vaker merkt, dat er in de praktijk keuzes worden gemaakt die de kwaliteit niet ten goede komen.

Zo ook bij de rijsnelheid. Twee machinisten zeiden de hopper het liefst zo snel mogelijk leeg te rijden. “Sneller, dat rijdt gewoon veel beter” en “Ik rijd het liefst snel, dan zijn de auto’s eerder leeg, zijn ze sneller terug”. De focus ligt in dat geval dan meer op snelheid dan proces kwaliteit. Drie andere machinisten proberen constant te blijven rijden en stopplekken te voorkomen, “Dus je past de snelheid aan aan de aanvoer zeg maar”. Of ze goed beeld hebben bij de aanvoer of dat dat beter kan zal tijdens de volgende deelvraag onderzocht moeten worden, twee machinisten gaven aan dat dit prima is zoals het nu is.

6.4 Aansturing en terugkoppeling

Over de aansturing zeggen 29 leden van de ploeg dat deze goed is, en door 13 wordt daarbij ook specifiek de dag start genoemd. Gedurende de dag start wordt verteld wat er die dag moet gebeuren en dit wordt in principe gedaan door alle uitvoerders. “Aansturing is best goed hier bij Heijmans, daar kun je niks van zeggen”. Negen personen vertellen dat ze te weinig informatie krijgen: “Sommige uitvoerders daar schort het nog wel eens aan de informatie die je krijgt. Het is dat we ervaren zijn, maar anders ehh”.

Door 28 medewerkers van de asfalt ploeg werd verteld dat de manier van terugkoppeling zoals die nu is, prima is. Dat komt er dan op neer dat men wat hoort als er iets fout is gegaan, of anders had gemoeten en dat is voor hun prima. “Ik hoef het eigenlijk alleen maar te weten als het niet goed is”. Tien keer werd daarbij aangegeven dat complimentjes ook echt wel gegeven worden als dat van de opdrachtgever teruggekoppeld wordt. “Over het algemeen als er complimenten zijn van bovenaf dan wordt dat wel doorgegeven, dus dan is dat wel leuk.”

Een ander deel van de ploegen, 15 man, geeft aan vaker feedback terug te willen krijgen. De dingen die fout gaan krijgen ze wel te horen, maar als het wel goed is mag dat ook wel eens gezegd worden. “Soms is het wel eens fijn als iemand zegt: Joh hè lekker gewalst, ziet er netjes uit, heb je goed gedaan. Dat is ook wel eens fijn om te horen, maar dat hoor je nooit.” En iemand anders zei hier over het volgende “Zoals op Schiphol daar draaien we dan een heel jaar en als je dan aan het einde of aan het begin van het jaar een keertje de goeie en minder goeie punten benoemen dat is prima. Voor de kleinere projecten, (..), als het dan goed is, dan zou het best leuk zijn om dat te horen.” Deze wens is terug te horen bij alle rollen en alle leeftijden. Wel valt op dat deze naar verhouding vaker terugkomt bij de walsmachinisten (vijf keer) en de leeftijdscategorie 18-35 (drie keer) en wat minder bij de categorie 55+ (drie keer) en afwerkers (twee keer).

Over het gebruik van data bij deze feedback komen wisselende reacties op. Vier zeiden dat het prima is zoals de boorkernen nu terugkomen via de uitvoerder. Zeven gaven aan geen interesse in data gebaseerde feedback te hebben, want “aan informatie achteraf heb ik niet heel veel”. Boorkernen resultaten zouden vaker terug mogen komen van 13 personen. Op welke manier dan en welke specifieke informatie zal tijdens de volgende deelvraag onderzocht moeten worden. Ditzelfde geldt voor uitdraaien van de verzamelde data. Negen man zegt daar interesse in te hebben: “Laagdiktes en verdichting. Misschien de temperaturen van het asfalt.”

Iets anders wat benoemd werd, is de communicatie met de laborant. Drie man zei dat deze prima was en twee dat dat beter kan. Dit omdat er via de uitvoerder gecommuniceerd wordt, in plaats van direct met de walsmachinist. Deze communicatie met de laborant is zeker voor de walsmachinisten erg belangrijk. Op basis van de nucleaire meting kunnen ze dan nog een keer extra walsen als dat nodig is en die feedback horen ze graag.

Ook werd er door 4 man benoemd dat het gat tussen kantoor en buiten toch wel als groot wordt ervaren. Of dit breder in de ploeg leeft is niet bekend of specifiek onderzocht. “Ja, al heb ik het idee dat de mensen die wat verder weg staan het kantoorpersoneel, vaak niet weten waar we mee bezig zijn en ook niet weten waar we mee te maken hebben. Daar heb ik wel het idee dat de waardering misschien wel ooit ontbreekt.”

6.5 Kwaliteit

Een groot deel van de geïnterviewde mannen geeft aan, aan het einde van de dag een goed beeld van de geleverde kwaliteit te hebben. Dit hebben ze dan op basis van het zicht en de ervaring die ze hebben. “Vaak kun je het wel zien, je weet best wanneer je goed zit of niet”. Of zoals een uitvoerder vertelde: “Je kan wel zien waar wij wel en geen kwaliteit kunnen leveren, dat is op voorhand wel te zien. Soms mis je een laborant, ter controle”. Dit werd 13 keer benoemd, dat je het eigenlijk pas weet als de laborant is geweest. Daarom gaven twee uitvoerders ook aan, graag zelf een verdichtingsmeter te willen hebben. Hier merk je een sterke focus op eindkwaliteit. Als de boorkernresultaten goed zijn, dan heb je het goed gedaan. De proceskwaliteit daar lijkt minder oog voor te zijn.

Als de laborant geboord heeft, dan worden deze kernen getest. Wanneer zo een kern de eisen niet haalt, dan denken 22 personen de oorzaak daar meestal wel van te weten. “Soms

wel, heeft meestal met het weer te maken of de ondergrond.” Zeven man vertelde dat niet te weten, want: “Ja weet je, de volgende dag dan sta je weer ergens anders en dan ja nee”. 13 kwamen met de reden dat dat het zoveel oorzaken kan hebben, dat het gewoon lastig te achterhalen is. “Dat kan van alles zijn hè. Je weet niet wat de onderlaag doet, je weet niet wat de puinbaan doet, je weet helemaal niks.”

6.6 Conclusie

Als we kijken naar de geïnterviewde leden van de asfalt ploeg valt op dat er weinig jonge mensen rondlopen in vergelijking tot de grote groep 45+. Doordat er een grote groep 45+’ers is die al lang in het asfalt zit, zijn ze ook erg ervaren. Met 33 van de 46 die al meer dan 20 jaar in het vak zitten en met 40 van de 46 die al meer dan 10 jaar in het vak zitten zijn de geïnterviewde mannen erg ervaren. Dit is ook terug te zien in de ervaring in de huidige hoofdrol. Meer dan driekwart zit langer dan 5 jaar in zijn huidige rol. We kunnen dus concluderen dat er een grote groep is die wat ouder en erg ervaren in het asfalt en in de huidige rol binnen de ploeg is. Wat opgemerkt moet worden is dat de groep spreidmachine machinisten (vijf) en balkmannen (zeven) die geïnterviewd zijn vrij klein is.

De aansturing en dagstart worden goed gewaardeerd hoe die op dit moment is. Wel geeft een deel, 9 om 29, aan dat ze vinden te weinig informatie te krijgen. Informatie is toch essentieel in je werk. Wat betreft feedback vindt twee derde dat het prima is zoals het nu gaat, één derde zou vaker wat willen horen en ook als het wel goed is. Boorkernen mogen vaker terugkomen van een deel en ook uitdraaien van de data daar is wel interesse in. Maar er zijn er ook die het prima vinden zoals het nu is en niks zeggen te hebben aan data achteraf. De precieze vorm van beiden zal tijdens de volgende deelvraag onderzocht worden. Vanuit de literatuur kunnen we concluderen dat feedback op basis van uitgevoerd werk erg belangrijk is en is dan ook één van de stappen in de ASPARi Process Quality Improvement cycle (Ter Huerne et al., 2012) (Mookhoek et al., 2022).

Op ervaring is door een grote groep, in combinatie met zicht, een goed oordeel te vellen over de geleverde eindkwaliteit van die dag. Een gefaalde kern kan veel oorzaken hebben, maar toch denkt een meerderheid de reden daarvan dan wel te weten. Dit gebeurt dan op basis van gevoel en ervaring wat typisch is voor de asfalt sector (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021).

6.6.1 Walsmachinisten

Vanuit de literatuur kan geconcludeerd worden dat het gebruik van het walssysteem als bron van feedback voor de machinist erg belangrijk is voor de kwaliteit (Y. Ma et al., 2022). Door het systeem kan de machinist van live feedback voorzien worden, maar dat wordt door een deel dus nog niet omarmd. Dit wordt ook bevestigd door onderzoek, waar uit observaties blijkt dat het cognitief zwaar is om bij te houden en de machinisten hun aandacht voor het systeem op een gegeven moment verliezen (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Jamshidi, et al., 2021). In die paper wordt onderzoek gedaan naar voorschrijvende ondersteuning voor de machinisten. Hieruit wordt geconcludeerd dat er meer onderzoek en opleiding voor de machinisten nodig is. Aangezien een deel van de machinisten bij Heijmans het systeem niet zegt te gebruiken is dat daar ook zeker van toepassing. Dit wordt onderschreven door het onderzoek van Alasadi (2023), die het belang van een goede opleiding onderschrijft. Belangrijk is dan wel dat de walsmodellen kloppen. Dit is zoals

eerder genoemd niet bekend binnen Heijmans en zal dan ook als aanbeveling in het hoofdstuk daarover terecht komen.

Terugkoppeling over de nucleair gemeten verdichting wordt erg gewaardeerd. Dit valt ook te lezen in het onderzoek van Alasadi (2023), waar het niet live kunnen zien van de verdichting als een gemis wordt genoemd door de walsmachinisten.

6.6.2 Balkmannen

De balkmannen zijn allemaal te spreken over Pavelink, men vindt dat een handig systeem. Informatie als geladen tonnen en aankomsttijd van de auto's wordt hieruit gehaald. Wel wordt hierbij de live view gemist, aangezien het nu een inschatting is. Wanneer ze het te druk hebben, wordt het afvinken niet gedaan. Dit wordt bevestigd door Mookhoek et al. (2022), waar geconcludeerd wordt dat werkzaamheden zoals het aftikken afleiden van de primaire taak.

6.6.3 Spreidmachine machinisten

Door de spreidmachine machinisten wordt het systeem wisselend gebruikt. Ze vinden het een mooi systeem, maar lang niet iedereen haalt er echt wat uit. Ook wordt er wisselend gedacht over de rijnsnelheid. Waar twee hem het liefst zo snel mogelijk leegrijden, sturen de anderen meer aan op een constante snelheid zonder stopplekken. Dit is opmerkelijk, want de combinatie van de walsen en de spreidmachine en de snelheid daarvan is erg belangrijk voor een uniform en gelijkmatig proces. Aangezien de walsen voor de eindkwaliteit zorgen, zou de snelheid van de spreidmachine daarop aangepast moeten worden, om zo tot een goede proces- en eindkwaliteit te komen (Arbeider et al., 2017).

6.6.4 Antwoord deelvraag

Samenvattend kunnen we zeggen dat er een grote groep ervaren mannen werkt voor Heijmans. Deze gebruiken het wals- en Pavelink-systeem als hulp en halen daar toch nuttige informatie uit. Voor de volgende stap kunnen de volgende vragen meegenomen worden:

- Welke informatie uit de uitdraaien van de data is interessant voor de mannen?
- Wat willen ze precies weten over de boorkernen?
- Kan het walsysteem gebruikt worden door de walsmachinisten om het strooien bij te houden?
- Is er bredere vraag naar het beter vastleggen van onregelmatigheden, eventueel door middel van het walssysteem?
- Wat zou ervoor kunnen zorgen dat wel alle vrachten afgevinkt worden?
- Willen de balkmannen de gedraaide tonnen kunnen aflezen?

Deze vragen kunnen tijdens het onderzoek naar volgende deelvraag gesteld worden.

Het antwoord te geven op de deelvraag van dit hoofdstuk is dat er eigenlijk niet heel veel animo onder de mannen van de asfalt ploeg in de verzamelde data. Er zijn wel negen mannen die aangaven interesse hierin te hebben. Ook de boorkern resultaten wil een deel vaker terugzien. Er is dus wel interesse in meer informatie. Welke exacte informatie zal in het volgende hoofdstuk onderzocht worden. Verder is er hoofdzakelijk een focus op eindkwaliteit en is er minder oog voor proceskwaliteit.

7. Data beschikbaarheid en potentie voor de asfalt ploeg

In dit hoofdstuk zal naar een antwoord gezocht worden op de volgende vraag: Welke data en visualisaties zijn het meest belangrijk, zo dat begrijpelijk is wat er is gedaan, hoe het is gedaan en waar verbeterd zou kunnen worden?

Ook in dit hoofdstuk zal dit gedaan worden in samenwerking met de asfalt ploeg. Nadat in het vorige hoofdstuk is afgetast of de ploeg hier überhaupt voor openstaat, zal er nu dieper op ingegaan worden. Waar heeft de ploeg nu echt baat bij en wat zijn hun ideeën en wensen. Dit kan dan gebruikt worden om iets te ontwikkelen waar zij echt wat aan hebben. Dit is dan ook een belangrijke stap om de diepte in te gaan.

Voor elke rol zijn er zowel open vragen als gesloten vragen. De open vragen zijn bedoeld om achter de informatie te komen die hen kan helpen. Wanneer hier weinig uit komt kan overgegaan worden op de meer gesloten vragen om tot de informatie te komen. De vragenlijst kan gevonden worden in Appendix 14.B.

7.1 Resultaten

In dit subhoofdstuk zullen de resultaten die uit de interviews gekomen zijn besproken worden. Allereerst zal een kort overzicht komen van de leeftijden en rollen van de geïnterviewden. Vervolgens zal per rol de resultaten besproken worden.

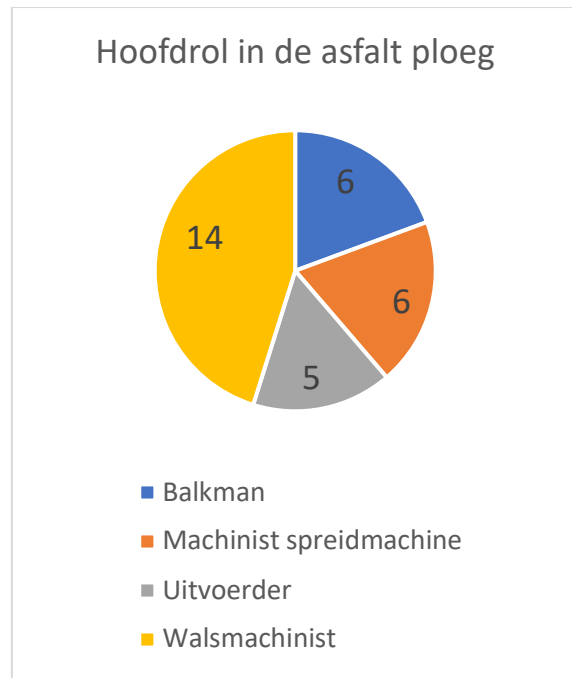
7.1.1 Geïnterviewd personeel

In Figuur 24 en Figuur 25 hieronder, zijn de leeftijdscategorieën en de hoofdrol van de geïnterviewden te zien. Wanneer we dit vergelijken met de rollen van de eerste hoofdvraag, zijn voor het grootste gedeelte dezelfde mensen gesproken en komt het redelijk overeen. Hetzelfde aantal uitvoerders is geïnterviewd. Verder is er één spreidmachine machinist meer gesproken en één balkman en walsmachinist minder.

De leeftijdscategorie verdeling is ook redelijk hetzelfde gebleven. Alleen van de categorie 55+ zijn er relatief minder. Het minste verschil is er in de categorie 35-45 jaar, waar er maar met één iemand minder is gesproken.



Figuur 24: Leeftijdscategorie van de geïnterviewden.



Figuur 25: Hoofdrol van de geïnterviewden in de asfalt ploeg.

7.1.2 Uitvoerders

Van de uitvoerders zijn er dus vijf geïnterviewd. Vier zouden meer boorkernresultaten terug willen krijgen. Hierbij wil er één alleen de resultaten van kleine werken, degene waar hij benieuwd naar is door de omstandigheden. De anderen willen van alle kernen de resultaten zien. Hierbij zijn ze geïnteresseerd in de exacte waardes en één wil alleen weten of het goed of fout is en dat is dan voldoende. De exacte locatie van boren wordt door de laborant altijd vastgelegd en dat zou voor de uitvoerders relevant zijn om te kunnen zien waar dat er geboord is en dat zou dan digitaal via de mail of een appje naar hen toegestuurd moeten worden. Er zit meestal drie tot vijf dagen tussen het asfalteren en de uitslagen van de boorkernen van die locatie. Voor een deel van de uitvoerders is dat dan nog relevant om teruggekoppeld te krijgen. “Het is wel iets dat we kunnen zien of het goed gegaan is of niet. Nu weet je het eigenlijk niet he. Het is puur visueel van gaat het goed of het gaat niet. (...) maar in ieder geval dat je weet van elk werk dat het goed zit. Dat is wel leuk om te weten zeg maar.”

Data van de machines daar zouden twee niks aan hebben en drie zien daar wel wat in. “Ik kan er nu toch niks meer aan veranderen. Dat is voor hogere hand dat je er wat van leert en andere strategieën aanpakt met wals inzet, daar kan ik toch niks aan doen.” De drie die zeggen daar wel wat aan te hebben, daarvan zouden twee gedurende de dag het willen hebben, om daarmee meer te kunnen sturen. “Het zit hem vaak in dat je iets wil weten als het niet goed gaat. (...) Als er te weinig wals overgangen zijn bijvoorbeeld dat je dan een signaal krijgt van joh zo en zo”. De andere uitvoerder zou het aan het eind van de dag willen hebben om het er eventueel met de ploeg de dag erna te bespreken.

Exacte locatie gaan bijhouden van onregelmatigheden daar zien alle geïnterviewde uitvoerders de meerwaarde van in en die zouden dat ook gaan gebruiken. “Dat is handig voor iedereen, zeker ook voor de vastlegging is dat handig”. Hier vooraf informatie over

krijgen zou volgens een uitvoerder ook helpen. “Als er twijfels zijn over de kwaliteit van de puin of de kwaliteit van de verdichting van de puin of het vochtpercentage in het puin. Dat je dat van tevoren hoort.”

Verder geven ze allemaal aan geen informatie te missen in hun werk. Een MIT-scan om zelf de laagdikte mee te meten daar zien twee uitvoerders wel wat in en drie zien daar de meerwaarde niet van in. “Volgens mij zijn daar ook anderen voor die dat kunnen en moeten doen”. Visueel overzichtskaartje wat een indicatie van verdichting geeft wordt ook wisselend op gereageerd.

7.1.3 Balkmannen

Van de zes balkmannen die geïnterviewd zijn, vinden er vijf dat de manier hoe de boorkern resultaten naar hen gecommuniceerd wordt prima. “Hoeft van mij niet, omdat we er dan toch niks meer aan hebben. Als je langer op een project zit, dan kun je nog een keertje bij sturen, maar als je naar een ander project gaat dan is dat weer een andere situatie waar je in zit.” Eén die wil van “Die plaatsen waar echt die boetes op staan en de belangrijke werken” alle kernen wel terugkrijgen.

Ze zeggen verder ook geen informatie te missen in hun werk. Over het aflezen van het aantal kilo per m² is men verdeeld. Drie zouden dat wel graag willen en drie niet. “Dat je bijvoorbeeld je tonnen in kan vullen en dat je kan zien hoeveel per vierkante meter je trekt. Dat zou wel prettig zijn als dat mogelijk is.” Een andere balkman deelt die mening niet en reageerde hierop met: “Ik vind een beetje dan ga je ook helemaal van het vak af, je weet wat je aan het draaien bent en wat je nodig hebt voor de vierkante meters die je moet maken.”

De dikte hebben ze ook een goed beeld bij. Een MIT-scan is wat hun betreft dan ook niet nodig, twee twijfelden eraan en vier zeiden dat dat niet nodig was. Opmerkingen over onregelmatigheden daarentegen zou wel gebruik van gemaakt gaan worden, gaven er vier aan.

7.1.4 Spreidmachine machinisten

Bij de spreidmachine machinisten is de manier hoe de kernen terug gecommuniceerd worden prima voor vier van de vijf. Een die zou alle kernen die niet goed zijn terug willen krijgen. Ze zeggen alle vijf geen informatie te missen in hun werk en ook een goed beeld bij de aanvoer te hebben van nieuw asphalt. Eén geeft aan zelf wel een tablet te willen hebben boven. De rest vindt het prima hoe het nu geregeld is: “Meestal regelen we dat wel met elkaar”.

De snelheid waarmee de machinisten rijden wordt bepaald op basis van de aanvoer, dit werd vier keer genoemd. Drie keer werd genoemd dat deze op basis van de situatie bepaald wordt, zoals het type mengsel, locatie waar je aan het draaien bent of hoeveel walsen erachter op staan. Alle machinisten geven daarbij aan het vanzelf te horen als de walsmachinisten het niet bij kunnen houden. Vooraf wordt geen minimum- en maximumsnelheid bij het te verwerken mengsel gegeven. Dit is enkel het geval op Schiphol, er is een werkinstructie voor de mengsels die daar verwerkt worden. Om meer consistentie te krijgen zou dit wellicht ontwikkeld kunnen worden voor alle mengsels.

Drie machinisten gaven aan een opmerking bij een locatie te willen kunnen zetten en dat ook wel te gaan gebruiken. “Ja wij komen heel vaak dingen tegen, maar als de uitvoerder er niet is dan zit het al dicht en dan heb je niks meer.” Twee machinisten zouden dit niet gaan gebruiken, waarbij er één zei dat daar andere mensen bij Heijmans voor zijn om dat te doen.

7.1.5 Walsmachinisten

Van de 16 geïnterviewde walsmachinisten zegt de helft geen behoefte te hebben aan boorkern resultaten, want die krijgen ze al te horen. Van deze acht zeggen er twee, alleen wat aan een laborant op het werk te hebben. “Hij is nu nucleair aan het meten, dan weet je ongeveer hoe we zitten. Nee die [resultaten] heb ik dan niet meer nodig, dan ben je toch te laat dus.” De andere helft van acht machinisten zou wel vaker boorkern resultaten terug willen krijgen.

Een walsmachinist zei daar bijvoorbeeld over: “Tuurlijk, dat is wel lekker”. Hij wilde dan graag alleen van de bijzondere mengsels wat terug horen. Er zijn vier walsmachinisten die alle kernen terug willen, één die op projectbasis een overzicht wil en één wil alleen de kernen die het niet halen terugkrijgen. De exacte locatie van boren heeft voor hen allemaal dan ook toegevoegde waarde om te weten. “Ja op zich wel natuurlijk. Dan wil je wel weten of die op een kruising of op een recht stuk zat of wat dan ook.” Voor vijf machinisten is het nog steeds relevant om de uitslagen te horen na drie tot vijf dagen: “Dat is helemaal niet verkeerd”. Twee anderen zeiden daar over het volgende, “dan ben je toch te laat dus”.

De walsmachinisten zeggen geen informatie te missen voor hun werkzaamheden. Ook de dikte is over het algemeen goed bekend en wordt of bij de dagstart meegedeeld of aan de balkman gevraagd.

Opmerking op een locatie zetten daar wordt wisselend op geageerd. Zes man vindt dat niet zo nodig of zou dat niet gaan gebruiken. Zo zei één Walsmachinist: “Als ik dan ergens 2x overheen gegaan ben, dan zal dat wel een reden hebben. Zo hoort dat wel gewoon te zijn vind ik.” Twee vinden dat daar andere mensen binnen Heijmans voor zijn. Vijf man was er positief over, ook in de overdracht tussen ploegen. “Wij komen soms ook wel eens ergens en daar is dan een andere ploeg geweest en dan heb je zoiets van sjonge jonge wat zijn die hier aan het doen geweest”. Dit gebeurt op basis van wat ze zien.

Visuele overzichtskaartjes daar zeggen negen machinisten niks aan te hebben. “Voor mij niet, ik kan me voorstellen voor jullie wel. Het moet niet leidend zijn zagezegd.” Drie machinisten denken er wel wat aan te hebben en één leek het leuk om een keer te zien, maar ook niet meer dan dat. “Dat je dat kan zien op het werk, verder vind ik dat niet meer interessant, dan is het al geweest.” Als er een kaartje zou zijn wat een indicatie van verdichting zou geven, daar zouden acht machinisten wat aan hebben. “Dat is altijd handig ja” Drie anderen reageerden met, “Wij weten vaak zelf wel of de verdichting goed is ja of nee. Nee hoeft van mij niet”.

De Effective Compaction Rate en extra aandachtspunten op basis van de data, daar dacht ook maar één machinist wat aan te hebben. Strooien daarentegen als dat op het walssysteem te zien zou dat de machinisten erg helpen. Van de tien machinisten die wel

eens strooien, zeiden dat er negen. “Dat zou wel makkelijk zijn op dat ding ja. Als jij ’s nachts moet strooien, soms is de verlichting niet helemaal lekker, of op de wals niet of buiten niet.”

7.2 conclusie

Als je alle rollen samenneemt is er dus best wel behoefte aan meer boorkern informatie. Op een gestructureerde manier, digitaal de exacte waardes terug te krijgen daar is behoefte aan onder alle rollen eigenlijk wel, maar hoofdzakelijk bij de walsmachinisten en uitvoerders. Hierbij is het belangrijk dat het eenvoudig en overzichtelijk gepresenteerd wordt. Dat de locatie van boren daarbij te zien is, kan helpen in het leerproces.

Hierin valt weer een sterke focus op eindkwaliteit te zien. Deze boorkern resultaten, zeker wanneer een kern de eisen niet haalt, worden gedeeld en/of besproken als ploeg om van te leren voor een volgende keer. Dit verschilt niet zo veel van de Aspari PQi methode waarbij het bespreken van de resultaten een erg belangrijk onderdeel is (Pradena et al., 2020), alleen gaat het daar dan om de verzamelde data. In een ander onderzoek werd deze terugkoppeling van eindresultaat erg belangrijk genoemd in het kunnen leren van uitgevoerd werk (S. Miller et al., 2005). Het gebruik van data daar is alleen weinig interesse in. Drie uitvoerders en drie walsmachinisten zouden daar wat aan hebben. De mannen zeggen aan hun ervaring en de boorkernen genoeg te hebben. Sceptis en terughoudendheid wat betreft innovaties, kenmerkend voor de bouwsector, kan hieraan ten grondslag liggen (Pradena et al., 2020). Hier is dus nog echt wel een stap in te zetten, maar wel nodig aangezien ook bij Heijmans een groot deel van de ervaren mannen binnen 20 jaar met pensioen zal gaan (Mookhoek et al., 2022).

Wat ook best wel gebruikt zal gaan worden, als het er is, is het vastleggen van onregelmatigheden in de puinbaan en het asfalt. Binnen elke rol zei de meerderheid daar gebruik van te gaan maken. Ook kan dit goed ingezet gaan worden, zoals een machinist al zei, voor de overdracht tussen ploegen. Verder zal dat ook nuttig zijn voor de verzamelde data zelf zodat bijvoorbeeld informatie over de puinbaan, wat het systeem niet registreert, ook inzichtelijk wordt. Dit kan wellicht helpen bij het gevoel van in controle zijn, iets wat belangrijk is voor de machinisten (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Mowlaei, et al., 2021).

Verder zeggen de leden van de ploeg allemaal dat ze geen informatie te kort komen om hun werk goed uit te kunnen voeren. Het kunnen aflezen van het aantal kilo's per vierkante meter gaat een deel van de balkmannen helpen. Een deel vindt dat niet nodig en ook dat hun vak daar minder professioneel van wordt, een bekend probleem bij digitalisering (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Mowlaei, et al., 2021). Tijdens het strooien zou het systeem handig zijn voor de walsmachinisten op de tandem, wanneer ze in omstandigheden moeten strooien waar het lastig is om te zien waar ze gebleven zijn. Deze praktische feedback voor walsmachinisten is ook bij Alasadi (2023) naar voren gekomen, in wiens onderzoek bleek dat er vraag is naar het registreren van trillen.

Samenvattend en als antwoord op de deelvraag kunnen we het volgende concluderen: de boorkernresultaten zijn belangrijk en daar heeft de ploeg het meest aan. In de verzamelde data daarentegen lijkt niet veel interesse in te zijn. Wel zouden ze wat hebben aan meer informatie over de verdichting tijdens het werk.

8. Leren van uitgevoerd werk

Zoals gebleken is in het vorige hoofdstuk is er weinig interesse in het inzien van de data visualisaties, zoals onder andere de TCP en CCP, vanuit de asfalt ploeg. Toch ligt er wel ruimte. Er zijn uitvoerders en walsmachinisten die hier interesse in hadden. Ook is naar voren gekomen dat een groot deel van de ploeg wil horen als iets niet goed gaat. Hier ligt dan ook een kans die onderzocht moet worden.

Dit zal in dit hoofdstuk onderzocht worden aan de hand van de volgende deelvraag: Wat is een heldere vorm van de verzamelde data gedurende de dag voor de asfalt ploeg, zodat ze hun eigen presentaties kunnen beoordelen en er lessen uit kunnen trekken?

De manier van aanpak voor deze interviews is als volgt. In Hammer wordt de data van de walsen gedurende de nacht geüpload en is dan de volgende dag te zien door middel van de verschillende plots, zoals beschreven in Hoofdstuk 5.4. Deze plots zullen vervolgens gebruikt worden om het werk van de vorige dag te bespreken met de wals- en spreidmachinemachinisten en de uitvoerders. Afwijkingen zoals stopplekken van de spreidmachine of variatie in walsgangen kunnen met deze plots aangetoond worden, maar ook de zaken die er goed uit zien.

Aan de hand van de vragenlijst zoals te zien in Appendix 14.C zal naar een antwoord op de deelvraag gezocht worden, maar ook of de leden van de asfalt ploeg hier überhaupt interesse in hebben. Zoals eerder genoemd, is doel van dit onderzoek om te vinden wat voor de asfalt ploeg werkt.

8.1 Resultaten

Vijf verschillende ploegen op vier verschillende projecten zijn bezocht om antwoord te krijgen op de vraag zoals hierboven gesteld. Dit ging om kleinere projecten zoals een weg in een stad en het grote Schiphol project. Hierbij zijn vijf uitvoerders, tien walsmachinisten en één spreidmachinemachinist gesproken. Spreidmachinemachinisten waren wat lastiger te spreken, omdat die het te druk hebben en al op veel dingen moeten letten onder het werk.

Als we kijken naar hoe er op dit moment geleerd wordt van afgerond werk, dan is dat wanneer er fouten gemaakt worden of dingen anders hadden gemoeten. Alle gesproken rollen bevestigen dit en het de volgende keer in eenzelfde situatie dan anders aan te pakken. Verder wordt aangegeven dat dit soort dingen veel als ploeg en onderling binnen de ploeg besproken worden, maar ook met de laborant. Twee walsmachinisten tilden niet heel zwaar aan fouten die gemaakt worden, "Jammer dan". Een uitvoerder maakte daar ook een opmerking over: "Alles wat je elke dag doet, de vakkennis groeit, maar de gemakzucht sluipt er altijd in".

8.1.1 Uitvoerders

Uitvoerders vonden de plots en de informatie die uit Hammer te halen is interessant om te zien. Zelf maken ze hier geen gebruik van. In de ogen van twee uitvoerders gaat dit helpen bij het leerproces, maar de andere uitvoerders denken daar anders over. Die zeggen er niet

zoveel mee te kunnen, omdat het gaat om informatie achteraf en dan kun je niks meer veranderen.

Voor de uitvoerders is het belangrijk om gedurende het werk informatie over de verdichting te krijgen. Ook wordt er dan gewezen naar wisselende omstandigheden waarmee ze te maken hebben, waardoor het werken zoals theoretisch zou moeten niet kan. Ook wordt er weer genoemd dat er te weinig terugkoppeling is over het eindresultaat, de boorkernen. Deze informatie wordt erg belangrijk gevonden, een sterke focus op eindkwaliteit.

Zoals eerder genoemd waren er drie uitvoerders die de plots erg interessant vonden. Wat ze daar dan concreet mee zouden doen verschilt. De een zou het graag willen gebruiken om zijn gevoel te staven en dus de proceskwaliteit te checken. Weer een ander zou graag de beschikking hebben over een risicoplot, zodat mogelijk slechte plekken inzichtelijk worden. Ook werd er genoemd dat eens in de zoveel tijd een terugkoppeling fijn zou zijn, door bijvoorbeeld de laborant, met concrete zaken die structureel niet goed lijken te gaan.

8.1.2 Walsmachinisten

Bij de machinisten wordt redelijk hetzelfde geantwoord als door de uitvoerders. Op de vraag of de plots zouden helpen om te leren van uitgevoerd is de conclusie eigenlijk dat dat niet zou helpen. Dit wordt concreet zeven keer gezegd. Vier keer werd aangegeven dat het interessant is om een keer te zien, maar dat is het dan ook. Ook hier weer wordt er vervolgens gezegd dat je er achteraf niks meer aan kan doen. Wel vonden de machinisten het duidelijk.

De wisselende omstandigheden werden acht keer genoemd. Dit is ook al in eerdere interviews voorbijgekomen en iets wat echt opgepakt moet gaan worden. Hierbij wordt dan verwezen naar het weer, de locatie, ondergrond, aanvoer of het niet verdichten om scheuren te voorkomen.

Als er af en toe een terugkoppeling komt van fouten die structureel waargenomen worden, dan staan de machinisten daarvoor open. Dit werd zes keer genoemd. Het zou mogelijk ook kunnen helpen om informatie over de temperatuur en walsgangen naast een kern te leggen die de eisen niet heeft gehaald.

Zoals eerder voorbijgekomen vindt men het fijn om ook positieve terugkoppeling te krijgen. De data visualisaties zouden daar ook mooi voor gebruikt kunnen worden, om naast structurele fouten ook positieve feedback te geven en duidelijk te maken wat er wel goed gaat.

8.2 Conclusie

Aan het dagelijks kunnen inzien van de verschillende plots gaan de walsmachinisten naar eigen zeggen geen baat bij hebben. Sceptis en terughoudendheid wat betreft innovaties, kenmerkend voor de bouwsector, kan hieraan ten grondslag liggen (Pradena et al., 2020). Voor de uitvoerders daarentegen kan het wel een tool zijn, waarbij er ook plots zijn die ze missen. De risicoplot, maar ook meer informatie en sneller over de verdichting. Dat is waar ze op willen kunnen sturen, maar te weinig informatie over hebben en krijgen. Het gemis van een live-view van de verdichting is ook wat naar voren kwam in het onderzoek van Alasadi (2023) en dat zou het gebruik van het systeem voor de walsmachinisten een stuk bruikbaar maken. De plots zoals te zien in Hammer zijn voor de uitvoerders, maar ook voor de machinisten duidelijk en te begrijpen. Onderzoek naar het ontwikkelen van visualisaties laat ook zien dat dit begrijpelijk is voor de ploeg (D. S. Makarov et al., 2018).

Structurele fouten die uit de data te halen zijn, terugkoppelen naar de ploeg is een manier die kan werken om de ploeg te laten verbeteren. Ze zijn hier ontvankelijk voor en zien daar zelf ook het nut van in. Ander onderzoek onder walsmachinisten bevestigt de vraag naar deze feedback en kan zorgen voor zowel verbetering van de vaardigheden in het gebruik van het systeem als verandering van het beeld dat bij sommigen leeft teweegbrengen dat het alleen voor het management is (Alasadi, 2023). Deze feedback van uitgevoerd werk is essentieel volgens Ma et al. (2022).

Belangrijk om ook positieve feedback te geven van dingen die goed gaan. Informatie over de temperatuur en het walsen op de locatie van boorkernen die de eisen niet halen, kan mogelijk ook helpen bij het leren van eerdere werkzaamheden. Hierbij is een rol weggelegd voor het management om waar nodig concreet te vertellen wat er anders moet om dezelfde fout te voorkomen in de toekomst (Alasadi, 2023).

Samenvattend zijn de grafieken en plots zoals beschreven in Hoofdstuk 5.4 duidelijk en begrijpelijk voor de asfaltploeg. Aan de hand daarvan zijn hun eigen werk te beoordelen en daar zouden lessen uit getrokken kunnen worden. Hoofdzakelijk op dagelijkse basis voor de uitvoerder en op regelmatige basis eens in de zoveel weken, voor de rest van de ploeg. Dit is dan ook het antwoord op de deelvraag zoals eerder in dit hoofdstuk en in Hoofdstuk 4.2 beschreven.

9. Verificatie

De verificatie van de onderzoeksresultaten heeft op drie verschillende manieren plaatsgevonden. Met twee uitvoerders is een samenvatting van de resultaten besproken, zoals te vinden in Appendix 14.D. Daarnaast is een uitgebreidere versie hiervan gepresenteerd aan een hoofdtechnoloog, een teamleider onderzoek en kwaliteit, een projectcoördinator en een werkvoorbereider digitale systemen. Deze zijn in het verleden allemaal technoloog geweest. Verder zijn de conclusies en aanbevelingen uit een onderzoek wat recent gedaan is naar walsmachinisten en hun visie op de walsystemen, vergeleken met de resultaten uit dit onderzoek.

In het verificatie gesprek met de uitvoerders is het volgende naar voren gekomen:

- Uit het Witos systeem is meer informatie uit te halen voor de spreidmachine machinist, ten opzichte van het MOBA-systeem.
- Snelheid van de spreidmachine wordt door de uitvoerder in overleg bepaald, waarbij oog is voor de omstandigheden zoals: het type werk, de aanvoer van asfalt en het weer.
- Niet iedereen rond de machine weet hoe het Pavelink systeem werkt. Vaak pakt een afwerker de bon aan en geeft deze vervolgens aan de balkman.
- Kunnen aflezen van kg/m^2 is ook handig voor de ene uitvoerder, mits het een recht stuk is, want anders werkt het niet. De andere uitvoerder vindt het niet nodig, volgens hem is dat op dit moment ook goed in de gaten te houden.
- Technoloog die nucleair komt meten en deze metingen communiceert met de walsmachinisten wordt erg fijn gevonden. Dan kunnen zij hun gevoel staven aan een meting, anders wordt er gewalst op ervaring.
- Manier van werken tussen inhuurkrachten en Heijmans personeel verschilt nog weleens, wat invloed kan hebben op voorkeuren die uitgesproken worden.
- Walsmachinisten kunnen op dit moment niet aangeven op het systeem dat de puinbaan slecht of nat is of andere afwijkendheden vermelden.

Verder werd bevestigend geantwoord op de besproken resultaten.

Tijdens de presentatie zijn de volgende dingen naar vorgekomen:

- Vanuit de aanwezigen kwam de vraag of de walsmachinisten ook een goed beeld hadden bij de eindkwaliteit die ze leveren. Kijkend naar onderzoekresultaten zeggen acht dat te hebben op basis van zicht en ervaring. Vier zeggen daar een laborant voor nodig te hebben en twee kunnen daar een goede inschatting van maken op basis van de temperaturen waarbij ze gewalst hebben.
- Strooien, oscilleren en ook trillen zijn op dit moment niet vast te leggen, want dat gaat om data die van de machine moet komen.
- Er wordt op dit moment gewerkt aan een mogelijkheid voor de uitvoerder om slechte plekken door middel van gps te gaan vastleggen. Dit gaat eind mei de testfase in.
- Het afvinken van vrachten gebeurt niet altijd en dat heeft ook voor een deel te maken met de wil om dat te doen.

- Dat terugkoppeling over fouten de boventoon heeft, komt om dat de focus daar meer op ligt.
- De boorkern informatie is er gewoon, dat wordt ook eens in de twee weken besproken met de asfalt coördinatoren. Die informatieoverdracht kan dus echt beter.
- Mooi dat de ploeg openstaat voor feedback vanuit de data. Dit gaat dan over structurele fouten die gevonden worden in de data.

Samenvattend kunnen de aanwezigen de gepresenteerde resultaten bevestigen. Ze zeggen hier dan ook over dat deze informatie op zich bekend was binnen Heijmans, maar onder de oppervlakte. Het zijn aanbevelingen die te realiseren zijn.

9.1 Vergelijking met onderzoek van Wael Alasadi (2023)

Ter verificatie zullen de overeenkomsten en verschillen van de conclusies en aanbevelingen tussen dit onderzoek en het onderzoek van Wael Alasadi (2023) besproken worden. Dat onderzoek focust zich op de walsmachinist en de belemmeringen die ondervonden worden bij het gebruik van intelligente walssystemen (zoals bij Heijmans gebruikt wordt). Dit is een uniek onderzoek wat zich echt focust op de walsmachinist en daarom goed bruikbaar ter verificatie van dit onderzoek. De conclusies en aanbevelingen zullen in een tabel samengevat worden met de kolom ernaast de overeenkomsten en verschillen met dit onderzoek.

9.1.1 Vergelijking met de conclusies Wael Alasadi (2023)

Tabel 1: Vergelijking van conclusies tussen Alasadi (2023) en dit onderzoek

| # | Conclusies van Alasadi (2023). | Overeenkomsten en/of verschillen met dit onderzoek |
|---|---|---|
| 1 | Gebrek aan kennis van de walsmachinisten over de mogelijkheden van de walssystemen. | Is gedeeltelijk ook in dit onderzoek naar voren gekomen. Een deel van de machinisten weet niet af van bepaalde functionaliteit. Inhuur weet soms helemaal niet hoe het systeem werkt. |
| 2 | Walssysteem wordt gezien als registratiesysteem wat geen waardevolle ondersteuning biedt aan de machinist. | Dit is een verschil met dit onderzoek, waar de helft van de walsmachinisten het echt een goed hulpmiddel vindt. De andere helft ziet inderdaad geen meerwaarde en walst op ervaring. Waar de machinisten ook veel aan zouden hebben is als de verdichting af te lezen zou zijn. |
| 3 | Er is een gebrek aan vertrouwen in de informatie die het walssysteem aanreikt, dit omdat er maar beperkte informatie uit het systeem te halen valt. | Dit wordt onderschreven door de walsmachinisten uit dit onderzoek die het zien als hulpmiddel, maar ook niet meer dan dat. Strooien, oscilleren en vibreren wordt bijvoorbeeld niet geregistreerd met het systeem. Informatie over het weer of ondergrond en de conditie daarvan ontbreken ook. |
| 4 | Er is een gebrek aan informatieoverdracht in de ploeg op de bouwplaats. | Er is onder de walsmachinisten in dit onderzoek weinig vraag naar |

| | | |
|---|--|---|
| | | communicatie tussen de wals en de spreidmachine. Communicatie tussen de walsen is er. |
| 5 | Er is een gebrek aan communicatie tussen het management en de walsmachinisten. | Data wordt binnen Heijmans ook nog niet teruggekoppeld naar de ploeg. In dit onderzoek is onderzocht op welke manier dat vormgegeven kan gaan worden. |

Samenvattend kunnen we zeggen dat er tussen het onderzoek van Alasadi (2023) en dit onderzoek een aantal overeenkomsten zijn. Walsmachinisten weten lang niet altijd hoe het systeem werkt, is het echt een hulpmiddel maar niet meer dan dat en wordt er geen data teruggekoppeld naar de ploeg. Een verschil ten opzichte van het onderzoek van Alasadi (2023) is dat de helft van de machinisten uit dit onderzoek het een goed hulpmiddel vinden en er ook weinig vraag is naar informatie van de spreidmachine. Verder focust dit onderzoek zich op de gehele ploeg en niet alleen op de walsmachinist.

9.1.2 Vergelijking met de aanbevelingen van Wael Alasadi (2023)

| # | Aanbevelingen van Alasadi (2023). | Overeenkomsten en/of verschillen met dit onderzoek |
|---|--|---|
| 1 | Verplichte training voor alle walsmachinisten in het gebruik van het walssysteem. Daarnaast een eenvoudige handleiding in elke wals. | Dit komt overeen met een aanbeveling voor betere opleiding die volgt vanuit dit onderzoek. Zeker voor inhuur personeel is daar echt een stap te zetten. |
| 2 | Het idee dat het walssysteem een registratiesysteem is veranderen door meer waardevolle informatie ter ondersteuning in het systeem te integreren. Door 'gamification' het gebruik van het walssysteem plezieriger te maken. | Zoals eerder genoemd vindt de helft van de machinisten het een goed systeem, het beeld is dus wat positiever. Wel kan er zeker waardevolle informatie geïntegreerd worden, zoals het registreren van strooien, oscilleren en trillen. |
| 3 | Het vertrouwen in het systeem vergroten door technische limitatie weg te nemen, zoals gps-verstoringen en hogere accuraatheid van de temperatuurmetingen. | Kan zeker helpen bij het vergroten van het vertrouwen, maar is vanuit dit onderzoek niet een groot probleem bij de machinisten. |
| 4 | Gebrek aan informatieoverdracht binnen de ploeg wegnemen door informatie van de spreidmachine in de wals te laten zien. Verbinden van walsen eenvoudiger maken. | Er is weinig vraag naar informatie van de spreidmachine, dus dat is echt een verschil. Verder geeft de ploeg ook aan dat de communicatie onderling goed is. Het verbinden van meerdere walsen die op hetzelfde ontwerp zitten gaat bij het systeem dat Heijmans gebruikt automatisch. |
| 5 | Regelmatige feedback sessies plannen waarbij zowel management als de machinisten aanwezig zijn. Deze feedback is dan gebaseerd op de verzamelde data. Tijdens deze sessies zouden de voordelen van walssystemen vanuit | Een overeenkomst met dit onderzoek, waaruit komt dat de ploeg open staat voor deze feedback. Deze persoonlijk geven kan daarbij zeker helpen, maar is niet genoemd door de machinisten. |

| | |
|---|---|
| <p>onderzoeksresultaten gedeeld kunnen worden. De walsmachinisten kunnen om feedback gevraagd worden vanaf het begin van de ontwikkeling van nieuwe systemen.</p> | <p>De andere twee punten over de onderzoekresultaten en het meenemen van feedback in de ontwikkeling van de systemen is zeker interessant, maar niet onderzocht in deze paper. Het gat tussen kantoor en de bouwplaats kan daarmee wellicht verkleind worden.</p> |
|---|---|

Samenvattend kunnen we zeggen dat er tussen het onderzoek van Alasadi (2023) en dit onderzoek een aantal overeenkomsten zijn. Beter opleiding, meer informatie in het walssysteem en feedback op basis van de data kunnen doormiddel van deze vergelijking gevalideerd worden. Ook zijn er enkele verschillen ten opzichte van het onderzoek van Alasadi (2023), zo is het niet zo dat er in dit onderzoek naar voren kwam dat er weinig vertrouwen in het walssysteem was. Verder is er ook weinig vraag naar informatie vanuit de spreidmachine en verbinden de walsen van Heijmans automatisch met elkaar wanneer deze op hetzelfde ontwerp zitten.

10. Discussie

Het personeel van Heijmans in de asfalt ploeg is ervaren. Niet alleen in het vakgebied, maar ook in de huidige hoofdrol. Van de geïnterviewden is 71,7% meer dan 20 jaar werkzaam in het asfalt. Dit zie je ook terug in de huidige hoofdrol, waar 62,8% langer dan 10 jaar in zijn huidige rol zit. Deze ervaring hoor je ook terug aangezien ongeveer de helft denkt de oorzaak van een boorkern die de eisen niet haalt te weten. Ook zegt 82,6% elke dag een goed beeld bij de geleverde eindkwaliteit te hebben, ook al weet je dat pas zeker als er een boorkern genomen is door de laborant.

Ook met al deze ervaring haalt een kern de eisen wel eens niet en dus is er nog ruimte voor verbetering. Zoals in Mookhoek et al. (2022) beschreven zal over 20 jaar deze ervaring een stuk minder zijn en zullen daarom voorschrijvende systemen ontwikkeld moeten worden. Deze transitie zal ook in de ploeg goed begeleid moeten worden, want als machinisten er negatief tegenover staan kan dat een barrière in de implementatie zijn (D. Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Mowlai, et al., 2021). Goede opleiding hierin is erg belangrijk en is in het verleden onderbelicht gebleven (Alasadi, 2023).

Dan het hulpsysteem op de balk. Op de balk wordt gebruik gemaakt van Pavelink. Dit is voor de balkmannen een handig hulpmiddel, waarin ze vrachten kunnen zien met de verwachte aankomsttijd. Hier wordt dan ook echt gebruik van gemaakt. Dat niet alles afgevinkt wordt, komt volgens de balkmannen doordat andere werkzaamheden op dat moment prioriteit hebben. Automatisering kan hierbij helpen en ook kan het proces eenvoudiger, door de bon en het aftikken door een persoon te laten gebeuren. Het wordt ook bevestigd door Mookhoek et al. (2022) dat dit soort werkzaamheden afleiden van de primaire taak: zorgen voor een goede asfalt kwaliteit. Aan de andere kant kan het ook bijdragen aan het in de gaten houden van de proceskwaliteit. Een goede proceskwaliteit heeft een erg sterke correlatie met een goede eindkwaliteit (Shen, 2023).

Dit is voor Heijmans erg relevant. In de eerste plaats omdat je als opdrachtgever een kwalitatief goed product wil achterlaten. In de tweede plaats omdat in de toekomst proceskwaliteit ook belangrijk gaat worden bij het bepalen van de kwaliteit en data meer centraal zal komen te staan en ook gebruikt gaat worden ter verificatie (Houtepen & Van Den Water, z.d.) (CROW, z.d.). Vandaar dat Heijmans ook het proces beter onder controle wil hebben, zodat daar een goede eindkwaliteit uit kan voortvloeien.

Het MOBA en Witos systeem van de spreidmachine is een mooi systeem volgens de machinisten, maar zelf halen ze er weinig informatie uit. Vanuit het onderzoek van Alasadi (2023) blijkt dat een betere opleiding hierbij kan helpen. Dat onderzoek ging over walsmachinisten, maar spreidmachine machinisten zouden daar ook van kunnen profiteren. Over de rijnsnelheid wordt verschillend gedacht en dit kan concreet een manier zijn om de proces kwaliteit te verhogen. Zoals onderzocht is het erg belangrijk dat de snelheid van de spreidmachine en het wals proces goed op elkaar aan moeten sluiten (Arbeider et al., 2017). Een uniform constant proces is een vereiste voor een goede asfalt kwaliteit (Arbeider et al., 2017).

Over het walssysteem zijn verschillende meningen. De helft vindt het handig en gebruikt het ook daadwerkelijk. De andere helft zegt het niet te gebruiken en op ervaring te walsen, waarbij wel de temperatuur sensor in de gaten gehouden wordt. Gevraagd naar de walsmodellen wordt daar toch nog wel vaak naar gekeken en het helpt ook in de samenwerking op een project waar met meerdere spreidmachines gedraaid wordt. Toch blijft het echt een hulpmiddel en niet meer dan dat. Dit komt overeen met het onderzoek van Alasadi (2023), die met de concrete aanbeveling van betere opleiding kwam om zo de waardering voor het systeem te verhogen.

Wel ontbreekt er een stukje informatie in al deze systemen en dat zijn de omgevingsfactoren. Dit gaat hoofdzakelijk om de conditie van de onderbaan. Deze wordt wel vastgelegd in het dagrapport, maar dit wordt niet vastgelegd op een exacte locatie door middel van gps en staat ook los van de hulpsystemen. Daarnaast spelen zaken als aanvoer, locatie van een project en het heel houden van een laag ook een rol wat invloed kan hebben op de kwaliteit. De mening hierover binnen de verschillende rollen is wisselend, maar zeker de uitvoerders zouden dit soort afwijkingen beter en accurater vast willen leggen. Dit kan zowel bij de overdracht tussen ploegen gebruikt worden als voor verrijking van de data. Voor de mannen in de ploeg kan het ook het gevoel geven meer in control te zijn, iets wat belangrijk is voor de machinisten (Makarov, Vahdatikhaki, Miller, Mowlaei, et al., 2021).

De aansturing is goed en ook wordt er geen informatie in het werk gemist door de leden van de ploeg. Als er iets fout is gegaan of anders had gemoeten dan krijgen ze dat altijd wel te horen en dat wil men ook graag. Laat dat alleen niet het enige zijn wat ze te horen krijgen, positieve punten is ook goed om door te spelen, daar is vraag naar en zal ook motiveren. Hier ligt een kans voor het management om dit op te pakken.

Voor een deel van de ploeg is het naar tevredenheid hoe het op dit moment gaat met het terugkoppelen van de boorkern resultaten. Van een deel mag de beschikbaarheid van de boorkern resultaten beter. Zeker van de uitvoerders, daarvoor zouden eigenlijk alle

resultaten beschikbaar moeten zijn om in te zien. De vraag is er en ook in de literatuur wordt deze feedback essentieel genoemd. Is die er niet, dan is dat een gemiste kans om te leren van uitgevoerd werk (S. Miller et al., 2005). Hier zou een goede en gestructureerde manier voor uitgerold moeten worden, om dit probleem in de feedback loop te laten verdwijnen.

Aan de plots vanuit de verzamelde data zeggen de machinisten niet zo veel te hebben. Interessant om een keer te zien, maar het gaat niet helpen bij het leren van het uitgevoerde werk als je dat elke dag te zien krijgt. In die zin kun je hier scepsis en terughoudendheid in lezen, wat in de bouwsector vaker voorkomt wanneer het over technologie gaat (Pradena et al., 2020). Als er concrete zaken zijn die anders moeten vanuit de data, dan staan de machinisten hiervoor open om dat teruggekoppeld te krijgen. Ook informatie over temperatuur en manier van walsen bij een gefaalde boorkern kan volgens de machinisten helpen bij het leren en verklaren waarom deze de eisen niet heeft gehaald. Dit komt overeen met ander onderzoek, waarbij de aanbeveling werd gedaan om regelmatig deze feedback te geven aan de ploeg (Alasadi, 2023). Hierbij blijft ook de dialoog belangrijk, zodat men elkaar goed begrijpt. Ook vanuit de ASPARi methodiek is deze feedback aan de ploeg teruggeven belangrijk, zodat na analyse verbeterd kan worden waar nodig (ASPARi, z.d.). Hierbij is positieve feedback zoals eerder genoemd ook belangrijk en dat de data gebruikt wordt om van te leren en niet om mensen af te straffen (Ter Huerne et al., 2012).

De uitvoerders vinden het ook interessant om te zien, maar het gaat om informatie achteraf. Ze zeggen meer te hebben aan informatie tijdens het werk, omdat je dan nog kan bijsturen. Het kunnen bijsturen is een van de redenen waarom proceskwaliteitsmonitoring belangrijker gaat worden in de toekomst (CROW, z.d.). Een laborant die nucleair meet wordt dan ook als heel waardevol gezien. De verschillende plots zoals te zien in Hammer zijn interessant en goed te begrijpen, maar nuttiger wanneer deze gedurende de dag al te zien zijn. Deze kunnen dan ingezet worden om de proceskwaliteit in de gaten te houden. Verder wordt de risicoplot daarin gemist en waar men ook veel aan gaat hebben is een verdichtingsplot. De walsmachinisten geven ook aan dit erg nuttig te vinden als dit beschikbaar zou zijn. Dit wordt bevestigd door de walsmachinisten uit een ander onderzoek, waar verdichtingsinformatie ook genoemd wordt als gemis in de wals (Alasadi, 2023).

10.1 Beperkingen

De interviews en gesprekken met de leden van de asfalt ploeg vonden hoofdzakelijk plaats op de bouwplaats tijdens het werk. Hierdoor was het soms lastig om de spreidmachine machinisten te spreken, terwijl de walsmachinisten goed te spreken waren bijvoorbeeld. Mogelijk heeft dit meegespeeld in de antwoorden die gegeven werden, aangezien ze ondertussen ook op hun werk moesten letten. Ook in het uitschrijven van de interviews was dat soms lastig, omdat delen soms slecht verstaanbaar waren door geluid van de machines.

De mannen leken eerlijk te antwoorden op vragen. Zo werd er soms aangegeven dat bijvoorbeeld het walssysteem expres niet aangezet werd. Er waren meer zaken die anders gingen dan theoretisch misschien zouden moeten. Wat dat betreft lijken de antwoorden van de mannen op waarheid te rusten, alleen helemaal zeker kun je dat nooit weten. Door middel van de verificatie stap zijn de resultaten geverifieerd met zowel een asfalt ploeg als verschillende rollen met kennis van het hele asfalt proces. Deze hebben allen de resultaten bevestigd.

Er is geprobeerd zo veel mogelijk met Heijmans personeel te spreken, maar ook inhuurkrachten zijn geïnterviewd. Het grootste gedeelte daarvan wordt voor langere tijd ingehuurd door Heijmans, maar ook enkele mannen die af en toe bij Heijmans werken zijn geïnterviewd. Hoewel zij niet bij Heijmans in dienst zijn, voeren ze wel werk uit voor Heijmans en is het dus belangrijk om hun mening ook mee te nemen.

Deelvraag vier is niet aan bod gekomen, aangezien daar geen tijd voor was. Deze zal in een vervolgonderzoek opgepakt kunnen worden, wanneer de wijzigingen geïmplementeerd zijn en zal dan ook een aanbeveling voor toekomstig onderzoek zijn.

11. Conclusie

Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken welke data en presentaties van data gebruikt kunnen worden voor de ploeg om te leren van uitgevoerd werk. Geconcludeerd kan worden dat de datapresentaties zoals te zien in Hammer hier goed bruikbaar voor zijn. Regelmatige feedback sessies kunnen een manier zijn om dit te bespreken met de ploeg, zoals ook uit ander onderzoek is gebleken (Alasadi, 2023).

Verder zijn nog enkele andere conclusies te trekken die de ploeg kunnen helpen. Zo moeten alle boorkern resultaten op een gestructureerde eenvoudige manier teruggekoppeld gaan worden aan de ploeg. Wellicht dat Hammer hierin een rol kan spelen, waarbij zeker de uitvoerders allemaal toegang tot moeten krijgen. Afwijkingen accurater gaan vastleggen door middel van gps, daar ziet een groot deel van de ploeg de meerwaarde van in en kan een mooie rol spelen in het verrijken van de data en bij de overdracht tussen ploegen.

Teruggaande naar de deelvragen, kunnen ter conclusie de volgende antwoorden geformuleerd worden:

1. Wat is de mening en verwachting van de asfalt ploeg over het gebruik van data visualisaties en wat zou een geschikt moment hiervoor zou zijn?
De ploeg en dan met name de walsmachinisten vinden de plots interessant om een keer te zien, maar gaat niet helpen om te leren van uitgevoerd werk. Als er concrete zaken vanuit de data zijn die anders zouden moeten dan staat de ploeg hiervoor open. Een deel van de uitvoerders zou vrij toegang willen tot de data en de plots, zodat dit met de ploeg besproken kan worden. Een goed moment hiervoor is 's ochtends in de keet.
2. Welke data en visualisaties zijn het meest belangrijk, zo dat begrijpelijk is wat er is gedaan, hoe het is gedaan en waar verbeterd zou kunnen worden?
De plots zoals te zien in Hammer zijn belangrijk en begrijpelijk. Het gaat hierbij om de grafiek met de snelheid van de spreidmachine, de Temperature Contour Plot en de Compaction Contour Plot. Hierbij wordt de Risico Contour Plot en een verdichtingsplot nog gemist. De boorkern resultaten zijn echter de belangrijkste data

voor de asfaltploeg, omdat dat de geteste kwaliteit is.

3. Wat is een heldere vorm van de verzamelde data gedurende de dag voor de asfalt ploeg, zodat ze hun eigen presentaties kunnen beoordelen en er lessen uit kunnen trekken?

Voor de boorkernen is de locatie van boren relevant, samen met de waardes die uit het onderzoek komen en of dat conform de eisen is. Hierbij is het belangrijk dat dit overzichtelijk blijft en er geen onnodige getallen of informatie te zien is. Een optie om informatie over de temperatuur en de walsgangen erbij weer te geven kan daarbij helpen om te leren van een kern die de eisen niet haalt. Verder zijn de plots zoals in Hammer te zien, naast de eerdergenoemde plots die er nog niet te zien zijn, nuttig voor de uitvoerders om te bekijken en eventueel met de ploeg te bespreken. Niet elke uitvoerder ziet dit zitten. Daarnaast staan de ploegen altijd open voor feedback, als er dus zaken uit de data komen die anders moeten, horen ze dat graag. Hierbij kan betere en accuratere vastlegging van afwijkingen op de projectlocatie een bron van data verrijking zijn.

De hoofdvraag luidt als volgt: Wat heeft de asfalt ploeg nodig om tot systematische kwaliteitsverbeteringen te komen, in de context van de Plan-Do-Check-Act (Deming) cirkel? Het antwoord hierop kan als volgt geformuleerd worden: Zoals in de deelvragen beschreven is moeten alle boorkern resultaten beschikbaar komen na testen, met daarnaast eventueel de informatie over temperatuur en walsgangen. Verder terugkoppeling van zaken die anders moeten en in de data gevonden worden. De uitvoerders toegang geven tot Hammer, zodat zij wanneer ze daar behoefte aan hebben de plots kunnen bekijken en dit kunnen bespreken met de ploeg. Hierbij moet de Risico Contour Plot en een verdichtingsplot toegevoegd worden aan Hammer. Tot slot moet er de mogelijkheid komen om afwijkingen accurater vast te leggen.

In de context van de Deming cirkel zijn dit allemaal zaken die geïmplementeerd moeten worden (Act), zoals beschreven in deze conclusie en in het volgende hoofdstuk: de aanbevelingen. Vervolgens zal de cirkel opnieuw doorlopen moeten worden om te onderzoeken of het daadwerkelijk effect heeft of de ploeg er ook meegeholpen is en of zaken anders geregeld moeten worden.

12. Aanbevelingen

Op basis van de interviews en de conclusies kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden aan Heijmans met betrekking tot de asfaltploeg en de systemen. Deze zijn gegroepeerd in operationeel, opleiding en technologie.

Operationele aanbevelingen:

- **Uitvoerders toegang geven tot Hammer:**
De informatie die uit Hammer te halen valt is nuttig voor het reviewen van uitgevoerd werk. Een deel van de uitvoerders zou dat willen, maar een deel ook niet. Geef hierbij ook een training, zodat men weet wat eruit te halen valt.
- **Maak alle boorkern resultaten beschikbaar:**
Zowel bij de uitvoerders als binnen de ploeg is daar vraag naar. Resultaten komen te vaak niet terug. Digitaal via de mail of bijvoorbeeld via Hammer zou een manier kunnen zijn om deze resultaten door te geven aan de ploeg. Alleen een eindoordeel, geteste waarde en marge waarbinnen deze moet vallen is voldoende. De exacte locatie van boren is daarbij ook relevant en zou de ploeg graag willen weten. Daarbij zou informatie over de temperatuur waarbij gewalst is, walsgangen en weersomstandigheden kunnen helpen om te leren van een kern die de eisen niet haalt.
- **Geef ook positieve feedback:**
De dingen die fout gaan die krijgt de ploeg altijd wel te horen en voor ongeveer twee derde van de jongens is dat prima. Toch is er ook één derde die zegt graag ook positieve terugkoppeling te krijgen. Complimenten van de opdrachtgever bijvoorbeeld, speel die ook door naar de asfaltploeg.
- **Laat de vracht afgevinkt worden door degene die de bon aanpakt:**
Door één proces te maken van het aanpakken van de asfalt bon van de vrachtwagenchauffeur en het afvinken van de vracht, zullen wellicht meer vrachten afgevinkt worden. Waar één van de afwerkers vaak de bon aanpakt, vinkt de balkman vaak de vracht af. Ook laat een recent project op de A1 zien dat het wel mogelijk is om alles afgevinkt te krijgen, maar dat is een lang recht stuk. De balkmannen zeggen zelf dat kruispunten en rotondes de plekken zijn waar ze er geen tijd voor hebben.
- **Zorg voor duidelijk aanspreekpunt voor de hulpsystemen:**
Gedurende de interviews is af en toe naar voren gekomen dat een walssysteem niet werkte naar behoren. Sommige machinisten hebben daardoor een aversie tegen het systeem, omdat het “nooit werkt”. Daarnaast is het ook goed als defecten snel opgepakt worden, zodat het data verzamelen zo min mogelijk gehinderd wordt. Een duidelijk aanspreekpunt kan ook helpen bij wensen vanuit de ploeg. Als deze aanbevelingen geïmplementeerd zullen worden zal men in de praktijk altijd tegen dingen aanlopen die anders moeten of nieuwe wensen hebben waar de ploeg wat aan heeft.
- **Live view in Pavelink:**
Bij een deel van de balkmannen is de wens er de live locatie van de vrachtwagens te kunnen zien. Ze zouden dit zelf aan kunnen geven bij de chauffeurs met de vraag de app aan te zetten als zij bij de eerste rit het asfalt komen brengen.

- Verander in overleg met de ploeg:
Een deel van de mensen die voor dit onderzoek geïnterviewd zijn vindt het prima zoals het nu gaat. Wees daar ook bewust van. Het doel van dit onderzoek was om de ploeg te helpen, dus verander in overleg met de ploeg.
- Terugkoppeling van de data:
Structurele fouten vanuit de data kunnen teruggekoppeld worden, zodat de ploeg daarvan kan leren. Dit kan regelmatig eens in de maand of eens in het kwartaal bijvoorbeeld. Geef hierbij ook positieve feedback. Zoals eerder genoemd is dat ook belangrijk voor een deel van de mannen en dat kan ook helpen bij het omarmen.
- Plak herinneringssticker op Paver 64:
Deze heeft het witos systeem, wat op een andere manier uitgeschakeld moet worden. Dit wordt vaak vergeten. De machinisten zeggen dat een sticker ter herinnering op de kap of bij het contact daarbij kan helpen.

Opleidingsaanbevelingen:

- Werkinstructie voor alle mengsels:
Op dit moment is er alleen een werkinstructie voor de mengsels die op Schiphol verwerkt worden. Hier staat onder andere iets in over de wals inzet, maar ook een minimum- en maximumsnelheid van de spreidmachine. Dit zou ook voor de andere mengsels bekend moeten zijn, zodat er met een gelijkmatigere snelheid gereden kan gaan worden. Deze maximumsnelheid kan helpen bij het voorkomen van te snel rijden, wat zorgt voor een mindere proces kwaliteit en het walsen binnen de temperatuur range kan bemoeilijken.
- Opleiden van nieuwe mensen:
Veel projecten zijn gedurende dit onderzoek bezocht en het kwam vrij frequent voor dat men verkeerde ontwerpen had geselecteerd of niet afwist van bepaalde functionaliteit. Dit kwam dan vaak, omdat men weinig ervaring had met het systeem dat gebruikt werd. Een korte uitleg zou daarbij kunnen helpen, zodat de data die verzameld wordt ook goed vastgelegd wordt en men het systeem in zijn voordeel kan gebruiken.
- Zorg dat de ploeg weet wat er op kantoor met de systemen gedaan wordt.
Dit lijkt namelijk niet helemaal duidelijk te zijn. Als er over de systemen en het nut ervan gesproken wordt, dan worden de woorden “ik kan mij voorstellen dat dit nuttig is voor binnen” vaak gebruikt. Daarnaast werd ook benoemd dat het niet fijn gevonden wordt dat kantoor kan meekijken wat er op de projectlocatie gebeurt, door al deze systemen. Ook wordt het walssysteem soms uitgezet, omdat het volgens de machinist geen nut heeft door slechte omstandigheden.

Technologische aanbevelingen:

- Vast gaan leggen van afwijkingheden op exacte locatie:
Door uitvoerders en/of leden van de asfaltploeg de mogelijkheid te geven afwijkingheden in de ondergrond of andere condities vast te leggen, verrijkt dit de data. Dit is zowel bruikbaar in data-analyses als ook in de overdracht tussen ploegen.
- Registreren van oscilleren en strooien:
Nog een manier van data verrijking is het vastleggen wanneer er geoscilleerd en gestrooid wordt. Dat het strooien te zien is op het walssysteem is nuttig voor de

walsmachinisten, wanneer ze in omstandigheden moeten strooien waarbij het lastig te zien is waar ze geweest zijn.

- Af kunnen lezen van kilogram per vierkante meter:
Dit is een wens van een deel van de balkmannen. Is dan ook meer een nice to have dan een must have. Zij willen graag het aantal kilogram asfalt wat per vierkante meter weggedraaid is kunnen aflezen. Wellicht dat dit ook voor de uitvoerders handig kan zijn.
- Voeg de Risico Contour Plot toe aan Hammer:
Met deze plot is te zien waar volgens het model verdicht is en waar onder- of oververdichting is. Deze afwijkende plekken zijn plekken van mindere kwaliteit.

Op basis van het onderzoek kunnen ook enkele aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan worden. Ook deze zijn onderverdeeld in operationele, opleidings- en technologische aanbevelingen.

Operationele aanbeveling voor vervolgonderzoek:

- Onderzoek naar het effect van de aanbevelingen:
Zoals beschreven zal na implementatie van de aanbevelingen een onderzoek gedaan kunnen worden naar de effecten van de wijzigingen. Heeft de ploeg er wat aan en zijn er zaken die toch anders geregeld moeten gaan worden. Daar was geen tijd meer voor in dit onderzoek en zal ook over een langere termijn bekeken moeten worden.

Opleidingsaanbeveling voor vervolgonderzoek:

- Onderzoek naar gebruik van data voor het opleiden van nieuwe machinisten:
In de interviews die gedaan zijn is drie keer met een relatief onervaren walsmachinist gesproken. Wat dan opvalt is dat ze machinisten heel erg open staan voor terugkoppeling vanuit de data. Waar ervaren machinisten zeggen er niet van te kunnen leren, zouden hun aan het einde van de dag wel een overzichtje willen zien van hoe ze het gedaan hebben. Het zou interessant zijn om te onderzoeken hoe nieuwe walsmachinisten met data ondersteund kunnen worden.

Technologische aanbevelingen voor vervolgonderzoek:

- Onderzoek naar de walsmodellen:
De walsmodellen die gebruikt worden binnen Heijmans zijn ooit een keer vastgesteld, maar hoe precies is onduidelijk. Vandaar dat ook de correctheid onduidelijk is. Zoals gebleken in dit onderzoek wordt er in de praktijk naar deze modellen gekeken tijdens het walsen. Daarnaast is het ook de basis voor de Risico Contour Plot. Het is dus van belang dat deze correct zijn. Een onderzoek ter verificatie van deze modellen is dan ook van belang. Hierbij kunnen de machinisten een rol van betekenis spelen, door hun ervaring hierbij te gebruiken.
- Onderzoek naar verdichtingsplot:
Zowel de uitvoerders als de walsmachinisten zeggen het meeste te hebben aan informatie tijdens het werk. Dan kan er nog bijgestuurd worden om te zorgen dat goede kwaliteit achtergelaten wordt. Een laborant is alleen lang niet altijd aanwezig om nucleaire metingen te doen. Een verdichtingsplot op basis van de verzamelde data zou daarbij kunnen helpen. Dit is een van de onderzoeksthema's van de ASPARI 5.0 Roadmap voor 2023-2026 en hier gaat de ploeg in de praktijk veel aan hebben. (ASPARI 5.0 Roadmap | Aspari, 2022)

13. Literatuurlijst

- Alasadi, W. (2023, 9 november). *Recommendations to Scale up the Use of Intelligent Compaction Technology among Roller Operators in the Netherlands - University of Twente Student Theses*. <http://essay.utwente.nl/97621/>
- Arbeider, C. G., Miller, S. R., Doree, A., & Oosterveld, M. (2017). Planning the asphalt construction process: Towards more consistent paving and compaction operations. *Paper Presented At 17th AAPA International Flexible Pavements Conference Exhibition 2017, Melbourne, Australia*.
<https://research.utwente.nl/en/publications/planning-the-asphalt-construction-process-towards-more-consistent>
- AsfaltNu. (z.d.). *Wat is asfalt | AsfaltNu*. <https://www.asfaltnu.nl/kenniscentrum/wat-is-asfalt>
- ASPARi. (z.d.). *METHODIEK | Aspari*. Aspari. <https://www.aspari.nl/methodology>
- Aspari. (z.d.). *OVER ONS | Aspari*. <https://www.aspari.nl/about#:~:text=Een%20systematisch%20raamwerk%2C%20genaamd%20Process,variabiliteit%20in%20het%20asfalt%20verwerkingsproces>
- ASPARI 5.0 Roadmap | Aspari*. (2022, 29 augustus). Aspari. <https://www.aspari.nl/what-we-do>
- Beainy, F., Commuri, S., & Zaman, M. (2010). Asphalt compaction quality control using Artificial Neural Network. *49th IEEE Conference On Decision And Control (CDC), Atlanta, GA, USA, 2010*. <https://doi.org/10.1109/cdc.2010.5717127>
- Bijleveld, F. (2014). *Asphalt road construction from an operational perspective*. <https://doi.org/10.3990/1.9789036537650>
- Bijleveld, F., & Dorée, A. G. (2014). Method-based learning: a case in the asphalt construction industry. *Construction Management And Economics*, 32(7–8), 665–681. <https://doi.org/10.1080/01446193.2014.887211>
- Bijleveld, F., Miller, S. R., De Bondt, A. H., & Dorée, A. G. (2012). Too hot to handle, too cold to control - influence of compaction temperature on the mechanical properties of asphalt. *5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th June 2012, Istanbul*, 1–11. <http://aspari.nl/uploads/documents/artikelen/2012/Influence%20of%20compaction%20temperature.pdf>
- Bijleveld, F., Miller, S. R., De Bondt, A. H., & Dorée, A. G. (2015). Aligning laboratory and field compaction practices for asphalt – the influence of compaction temperature on mechanical properties. *International Journal Of Pavement Engineering*, 17(8), 727–740. <https://doi.org/10.1080/10298436.2015.1019494>
- Bijleveld, F., Miller, S. R., & Dorée, A. G. (2015). Making Operational Strategies of Asphalt Teams Explicit to Reduce Process Variability. *Journal Of The Construction Division And Management*, 141(5). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000969](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000969)

- Caulfield, J. (2023, 22 juni). *How to Do Thematic Analysis | Step-by-Step Guide & Examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/thematic-analysis/#:~:text=Thematic%20analysis%20is%20a%20method,meaning%20that%20come%20up%20repeatedly>.
- CROW. (z.d.). *Waarom NSKB, de Nieuwe Systematiek voor KwaliteitsBorging?* In CROW. https://www.crow.nl/getmedia/118640e7-bc8b-4a0d-8dc1-fe56c5243ff5/Visiestuk-NSKB-versie-1-0_1.pdf.aspx
- Han, C., Tang, F., Ma, T., Gu, L., & Tong, Z. (2022). Construction quality evaluation of asphalt pavement based on BIM and GIS. *Automation in Construction*, 141, 104398. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104398>
- Heijmans. (z.d.-a). *Een reis door de geschiedenis - Honderd jaar de hand van Heijmans*. <https://www.heijmans.nl/nl/over-heijmans/honderd-jaar/>
- Heijmans. (z.d.-b). *Heijmans*. <https://www.heijmans.nl/nl/>
- Heijmans. (z.d.-c). *Wegen & waterwegen - dé infrastructurele verbindingen*. <https://www.heijmans.nl/nl/producten-diensten/infra/wegen-waterwegen/>
- Heijmans. (2024, 1 maart). *Koninklijke Heijmans: goed resultaat 2023; stevig fundament voor de toekomst*. <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/jaarcijfers-2023/#:~:text=De%20toekomst%20zien%20we%20positief,5%20miljard%20in%20zic ht%20komt>.
- Houtepen, A., & Van Den Water, J. (z.d.). *Kwaliteitsborging - CROW*. <https://www.crow.nl/asfalt-impuls/projecten/kwaliteitsborging>
- Hu, W., Jia, X., Zhu, X., Gong, H., Xue, G., & Huang, B. (2019). Investigating key factors of intelligent compaction for asphalt paving: A comparative case study. *Construction And Building Materials*, 229, 116876. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116876>
- Husemann, J., Wolf, P. D., Vierling, A., Berns, K., & Decker, P. R. (2020). Towards High-Quality Road Construction: Using Autonomous Tandem Rollers for Asphalt Compaction Optimization. *Proceedings Of The . . . ISARC*. <https://doi.org/10.22260/isarc2020/0015>
- Kennisplatform CROW. (2014). *RAW-systematiek: Deelhoofdstuk 81.2 Asfaltverhardingen*. In CROW. <https://www.crow.nl/downloads/pdf/contracteren/raw/vastgesteld/2625-165-06-vastgesteld-raw-81-2-asfaltverhardinge.aspx>
- Krishnamurthy, B. K., Tserng, H. P., Schmitt, R., Russell, J. S., Bahia, H. U., & Hanna, A. S. (1998). AutoPave: towards an automated paving system for asphalt pavement compaction operations. *Automation in Construction*, 8(2), 165–180. [https://doi.org/10.1016/s0926-5805\(98\)00060-0](https://doi.org/10.1016/s0926-5805(98)00060-0)
- Kuenzel, R., Teizer, J., Mueller, M., & Blicke, A. (2016). SmartSite: Intelligent and autonomous environments, machinery, and processes to realize smart road

- construction projects. *Automation in Construction*, 71, 21–33.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.012>
- Lerche, J., Neve, H., Wandahl, S., & Gross, A. (2020). Continuous Improvements at Operator Level. *Journal Of Engineering, Project, And Production Management*. <https://doi.org/10.2478/jepmm-2020-0008>
- Liu, D., Wang, Y., Chen, J., & Zhang, Y. (2019). Intelligent compaction practice and development: a bibliometric analysis. *Engineering, Construction And Architectural Management*, 27(5), 1213–1232. <https://doi.org/10.1108/ecam-05-2019-0252>
- Lu, L., Dai, F., & Zaniewski, J. P. (2021). Automatic roller path tracking and mapping for pavement compaction using infrared thermography. *Computer-Aided Civil And Infrastructure Engineering*, 36(11), 1416–1434. <https://doi.org/10.1111/mice.12683>
- Ma, Y., Chen, F., Ma, T., Huang, X., & Zhang, Y. (2022). Intelligent Compaction: An Improved Quality Monitoring and Control of Asphalt Pavement Construction Technology. *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 23(9), 14875–14882. <https://doi.org/10.1109/tits.2021.3134699>
- Ma, Z., Zhang, J., Philbin, S. P., Li, H., Yang, J., Feng, Y., Ballesteros-Pérez, P., & Skitmore, M. (2021). Dynamic Quality Monitoring System to Assess the Quality of Asphalt Concrete Pavement. *Buildings*, 11(12), 577. <https://doi.org/10.3390/buildings11120577>
- Makarov, D., Poeran, N., & Sluer, B. (2022). RISK ASSESSMENT BASED ON THE USE OF REAL-TIME PAVING AND COMPACTION SUPPORT SYSTEMS. *International Conference On Asphalt 4.0*. <https://nbs4solutions.nl/wp-content/uploads/2024/02/2022-ICA4.0-Risk-assessment-based-on-real-time-paving-and-compaction-support-systems-1.0.pdf>
- Makarov, D. S., Vahdatikhaki, F., Miller, S. R., & Dorée, A. G. (2018). A Methodology for Real-Time 3D Visualization of Asphalt Thermal Behaviour During Road Construction. In *Springer eBooks* (pp. 797–804). https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_96
- Makarov, D., Vahdatikhaki, F., Miller, S. R., Jamshidi, A., & Dorée, A. G. (2021). A framework for real-time compaction guidance system based on compaction priority mapping. *Automation in Construction*, 129, 103818. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103818>
- Makarov, D., Vahdatikhaki, F., Miller, S. R., Mowlaei, S., & Dorée, A. G. (2023). Real-time trajectory planning for asphalt compaction operator support. *Automation in Construction*, 155, 105034. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105034>
- Miller, S. R., Ter Huerne, H. L., & Dorée, A. G. (2007). Understanding asphalt compaction: An action research strategy. *Proceedings Of 4th Nordic Conference On Construction Economics And Organisation: Development Processes in Construction Management*, 2007(8), 456–466. https://aspari.nl/uploads/documents/artikelen/2007/art_conf_cib_salford_mrt07_smi.pdf

- Miller, S., Ter Huerne, H., Dorée, A., & Civil Engineering & Management, University of Twente, Enschede, The Netherlands. (2005). THE ASPHALT PAVING PROCESS: PLANS FOR ACTION RESEARCH. In *The Cape Peninsula University Of Technology, Cape Town, South Africa* (pp. 37–38). <https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/5317881/LTU-FR-0718-SE.pdf>
- Mo, L., Li, X., Fang, X., Huurman, M., & Wu, S. (2012). Laboratory investigation of compaction characteristics and performance of warm mix asphalt containing chemical additives. *Construction And Building Materials*, 37, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.074>
- MOBA. (z.d.). *Overview machine*. MOBA PAVE-IR MICROSITE. https://pave-ir.eu/images/overview_machine.jpg
- Mookhoek, S., Sluer, B., Galesloot, M., & Miller, S. R. (2022). *Challenges for digitalization of the asphalt paving process in the netherlands - a position paper*. 1-8. Paper presented at CROW Infradagen 2022, Rotterdam, Netherlands.
- NEN. (z.d.). *ISO 9001, dé mondiale erkende norm voor kwaliteitsmanagement*. <https://www.nen.nl/managementsystemen/kwaliteitsmanagement-iso-9001>
- Ogunrinde, O., Nnaji, C., & Amirhanian, A. (2021). Quality Management Technologies in Highway Construction: Stakeholders' Perception of Utility, Benefits, and Barriers. *Practice Periodical On Structural Design And Construction*, 26(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000531](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000531)
- Oosterveld, M., Galesloot, M., & Sluer. (2023). *ASPARi in contracten v1.1.docx*. CROW. <https://www.crow.nl/getattachment/Asfalt-Impuls/Projecten/Hightech-Lowcost/ASPARi-in-contracten-v1-1-incl-bijlagen.pdf.aspx?lang=nl-NL>
- PIM. (z.d.). *Over PIM*. <https://www.pim-infra.nl/over-pim/>
- Pradena, M., Miller, S., Staub, G., Díaz, M., & Contreras, F. (2020). Making the asphalt paving process explicit - A fundamental step for quality improvement. *Građevinar*, 72(11), 1031–1040. <https://doi.org/10.14256/jce.2427.2018>
- Shen, Q. (2023). *Coupling the Road Construction Process Quality Indicators into Product Quality Indicators*. [EngD Thesis, University of Twente]. University of Twente.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, M. (2010). Quality Improvement Methodologies - PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal Of Achievements in Materials And Manufacturing Engineering*, 46(1), 476–483. https://www.researchgate.net/publication/49600834_Quality_improvement_methodologies_-_PDCA_cycle_RADAR_matrix_DMAIC_and_DFSS
- Ter Huerne, H. L., Dorée, A. G., & Miller, S. R. (2009). Monitoring Hot Mix Asphalt Temperature to Improve Homogeneity and Pavement Quality. *Sixth International Conference On Maintenance And Rehabilitation Of Pavements And Technological Control (MAIREPAV6)International Society For Maintenance And Rehabilitation Of Transportation InfrastructureTransportation Research Board*, 556–565. https://aspari.nl/uploads/documents/artikelen/2009/mairepav06_paper_final.pdf

- Ter Huerne, H. L., Oosterveld, M., Moenielal, M., Dekkers, R. J., Reef-Infra bv, BAM Wegen bv, Ballast Nedam, & KWS Infra bv. (2012). IMPLEMENTATION PQI TO IMPROVE HMA CONSTRUCTION PROCESS. In *5th Eurasphalt & Eurobitume Congress* [Conference-proceeding]. https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/5360195/Paper_446_EAPA_conf_ASPARi_PQI_Istanbul_Turkey_June_2012.pdf
- The W. Edwards Deming Institute. (z.d.). *PDSA cycle - The W. Edwards Deming Institute*. [https://deming.org/explore/pdsa/#:~:text=The%20PDSA%20Cycle%20\(Plan%2DDo,w as%20first%20introduced%20to%20Dr.](https://deming.org/explore/pdsa/#:~:text=The%20PDSA%20Cycle%20(Plan%2DDo,w as%20first%20introduced%20to%20Dr.)
- Timm, D. H., Voller, V. R., Lee, E., & Harvey, J. T. (2001). Calcool: A multi-layer Asphalt Pavement Cooling Tool for Temperature Prediction During Construction. *International Journal Of Pavement Engineering*, 2(3), 169–185. <https://doi.org/10.1080/10298430108901725>
- Topcon Positioning Systems, Inc. (2021, 21 juli). *Pavelink Jobsite: Pavelink Display*. <https://mytopcon.topconpositioning.com/support/products/pavelink-jobsite-pavelink-display>
- Vasenev, A., Hartmann, T., & Dorée, A. G. (2012). Prediction of the In-Asphalt Temperature for Road Construction Operations. *Computing in Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1061/9780784412343.0059>
- VÖGELE. (2018). VÖGELE RoadScan. In *VÖGELE RoadScan*. https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o16082v89_RoadScan_EN_2521018_oPW_0318.pdf
- Wang, Y., Zhu, S., & Wong, A. S. (2014). Cooling Time Estimation of Newly Placed Hot-Mix Asphalt Pavement in Different Weather Conditions. *Journal Of The Construction Division And Management*, 140(5). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000832](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000832)
- Zhan, Y., Zhang, Y., Nie, Z., Zhang, L., Shi, Q., Wang, J., Zhang, A. A., Ai, C., Tang, X., & Tan, C. (2023). Intelligent paving and compaction technologies for asphalt pavement. *Automation in Construction*, 156, 105081. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105081>

14. Appendix

Appendix 14.A

Vragenlijst gebruikt voor de interviews voor de eerste deelvraag.

Algemene vragen

In welke leeftijdscategorie val je? 18-35, 35-45, 45-55, 55+

Hoe lang zit je al in het Vakgebied asfalt? 0-10, 10-20, 20+

Hoe lang voer je je huidige rol uit? 0-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20+

Wat is je hoofdrol binnen de asfalt ploeg?

Wat zijn andere rollen die je uitvoert?

Hoe ben je in het asfalt terecht gekomen?

Werken voor Heijmans vragen

Hoe lang werk je al voor Heijmans? 0-2, 2-5, 5-10, 10-20, 20+

Hoe zou je de sfeer binnen je ploeg omschrijven? Slecht, matig, ok, goed, erg goed
En hoe komt dat?

Hoe is de manier van aansturing en wat vind je daarvan?

Ben je trots op wat je doet? Ja, matig, nee

Waar komt dit door en hoe zou dat verbeterd kunnen worden?

Voel je je gewaardeerd? Ja, neutraal, nee

Kun je dit uitleggen?

Hulpsystemen vragen

Wat vind je van de hulpsystemen die op de wals/spreidmachine zit?

Waarom vind je het zo [antwoord op vorige vraag]?

Vind je de hulpsystemen gebruiksvriendelijk en zijn ze eenvoudig te bedienen?

Bij negatief antwoord: Waar loop je met name tegenaan?

Vergeet je ze wel eens aan te zetten? Ja, nee

Zo ja, hoe komt dat en hoe vaak dan?

Zet je ze wel eens expres uit? Ja, nee

Zo ja, waarom en hoe vaak dan?

In het geval dat dit komt doordat het teveel afleidt: Wat kan ervoor zorgen dat dit verminderd wordt?

Gebruik je het daadwerkelijk of staat het alleen aan omdat het moet?
Welke informatie haal je uit de hulpsystemen?

[Walsmachinist:]

Wat doe je met de voorgestelde temperatuur bereik en walsgangen?

Is er informatie die interessant is voor jou van de spreidmachine, zodat jij je werk beter/eenvoudiger kan uitvoeren?

Kun je zien wat andere walsmachinisten doen?

Zo nee, zou je dat willen kunnen zien en zou jou dit helpen?

Zo ja, wat vind je hiervan en helpt het je?

[Spreidmachine machinist:]

Als je ziet dat er relatief koud asfalt achter de spreidmachine vandaan komt, wat doe je dan?

Als je moet kiezen tussen een lagere snelheid zodat je niet hoeft te stoppen, of sneller, maar je moet stoppen omdat je hopper leeg is. Waar kies je dan voor en waarom?

[Balkman:]

Vergeet je wel eens vrachten af te vinken in Pavelink?

Zo ja, hoe komt dat?

Weet je wanneer de nieuwe vracht er zal zijn?

Zo ja, communiceer je dit actief naar de machinist?

Zo nee, zou je dit willen weten?

Mis je informatie die je niet uit de huidige hulpsystemen kan halen?

Zijn er andere dingen die je graag anders zou zien aan de huidige hulpsystemen (die je werk makkelijker, sneller maken of zouden zorgen voor een hogere kwaliteit)?

Hoe zou het ideale hulpsysteem voor jou er uit zien?

Wanneer geen als antwoord komt, Waarom?

[Walsmachinist:]

Stel er komt een nieuw systeem wat het huidige vervangt, dit werkt helemaal anders maar is een stuk makkelijker in gebruik. Zo zou je bijvoorbeeld niet meer zelf de laag en type asfalt hoeven te selecteren. Wat is jouw mening hierover?

Is er nog iets wat je kwijt wil over de hulpsystemen en de informatie die daarmee verzameld wordt?

Feedback vragen

[Ploegleider]

Heb je gedurende de dag goed in de gaten of er kwalitatief goed gewerkt wordt?

Zo ja, hoe doe je dat?

Zo nee, zou je dat inzichtelijk willen hebben? En welke tools denk je daarvoor nodig te hebben?

Heb jij op dit moment toegang tot de data die verzameld wordt?

Zo ja, wat doe je hiermee en wat wordt hiervan naar de ploeg gecommuniceerd?

Zo nee, zou je dit willen en wat zou je er mee gaan doen?

[Ploeg]

Heb je aan het eind van de dag een goed beeld van de kwaliteit die je afgeleverd hebt?

Zo ja, op basis waarvan weet je dat?

Zo nee, zou je dat wel willen weten?

Krijg je feedback op je werk? Ja, nee

Hoe vaak gebeurt dat? Dagelijks, wekelijks, maandelijks, jaarlijks

Waar gaat dat dan over?

Is dit voldoende of zou je meer feedback willen krijgen?

Zo ja, waarover? Hoe vaak? Wanneer?

Zo nee, waarom niet?

Wanneer er een boorkern faalt, weet je dan de oorzaak daarvan terug te halen en hoe dat een volgende keer te voorkomen is?

Kun je dit uitleggen?

Zou je interesse hebben in feedback gebaseerd op de verzamelde data?

Zo ja, in welke informatie dan en wanneer?

Zo nee, waarom niet?

Appendix 14.B

Vragenlijst gebruikt voor de interviews voor de tweede deelvraag.

Welke leeftijdscategorie val je? 18-35, 35-45, 45-55, 55+

Wat is je rol? Eventueel bijrollen?

Als we het over feedback/terugkoppeling hebben, bij welke groep hoor jij?

-Eigenlijk hoor ik alleen wat als het niet goed is en dat is voor mij genoeg

-Ik zou wel vaker wat willen horen, ook als het er bijvoorbeeld heel goed uit zag.

Feedback op basis van verzamelde data? Zou ik wel/ niet willen

Waarom?

[Uitvoerder]

Open vragen:

- Wat wil je bereiken met wat je doet (Communicatie met projectuitvoering, afwijkingen melden, asfalt bestellen, aansturing ploeg op uitvoering en kwaliteit, dagrapportage)?
- Om dat te behalen waar let je op gedurende je werk?
- Welke aanvullende informatie (waar je nu geen toegang tot hebt) zou je hierbij kunnen helpen?
- (Informatie, meetwaarden, data van de machines)?
 - o Wat wil je dan precies weten?
 - o Wanneer wil je die info hebben?
 - o Op welke manier wil je die hebben?
 - o Als dat later komt heeft het dan nog steeds waarde?

Gesloten vragen:

- Klopt het dat laagdikte en verdichting met name voor jou interessant zijn?
 - o Wat wil je hier over weten? Alleen als het niet goed is of altijd? Heeft het nog waarde als het later komt?
 - o Wil je de locatie van boren weten? Waarom?
- Zou jij wat hebben aan de data van de spreidmachine/ walsen?
 - o Zo ja, waar ben je dan in geïnteresseerd?
 - o Hoe vaak wil je dit te zien krijgen? Op welke manier?
- Heb je goed inzicht in de verdichting?
 - o Een visueel kaartje wat een indicatie van verdichting geeft o.b.v. de wals overgangen en temperatuur, zou je daar wat aan hebben? Wat zou je er precies mee doen dan?
- Heb je goed inzicht in de laagdikte?
 - o Zou je die vaker zelf willen meten bijv. met een MIT-scan?
- Als jij opmerkingen kan plaatsen op een locatie d.m.v. gps, voor bijvoorbeeld een slechte of koude plek, zou jij dat gaan gebruiken?

[Spreidmachine machinist]

Open vragen:

- Wat wil je bereiken met hetgeen je doet (spreidmachine bedienen)? (Snelheid, werkgang, volgorde, hopper vulling, inspectie puinbaan, veel overleg met uitvoerder en balkman)
- Omdat te behalen, waar let je dan op gedurende je werk?
- Welke aanvullende informatie zou daarbij kunnen helpen? (Informatie, meetwaarden of data van de machines)
 - o Wat wil je dan precies weten?
 - o Wanneer wil je die info hebben?
 - o Op welke manier wil je die hebben?
 - o Als dat later komt heeft het dan nog steeds waarde?
- Wat doe je met onregelmatigheden die je opmerkt in de puinbaan en/of asfalt?
 - o Zou die communicatie beter/ makkelijker kunnen?
 - o Zou je dat zelf opmerkingen bij een locatie willen kunnen zetten?
 - o

Gesloten vragen:

- Op basis waarvan bepaal jij de snelheid waarmee je rijdt?
- Heb jij een goed beeld wanneer de vrachtwagens aankomen op het project?
 - o Hoe zou dit beter kunnen?
- Wil je weten of de walsen de aantal overgangen halen binnen temperatuurbereik?
 - o Wordt hier actief over gecommuniceerd met elkaar?

[Balkman]

Open vragen:

- Wat wil je bereiken met hetgeen je doet (balk bedienen)? (Aanname, hoogte/dikte en breedte? Specifieke voorverdichting/ temp van balk?)
- Omdat te behalen, waar let je dan op gedurende je werk?
- Welke aanvullende informatie zou daarbij kunnen helpen? (Informatie, meetwaarden of data van de machines)
 - o Wat wil je dan precies weten?
 - o Wanneer wil je die info hebben?
 - o Op welke manier wil je die hebben?
 - o Als dat later komt heeft het dan nog steeds waarde?
- Wat doe je met onregelmatigheden die je opmerkt in de puinbaan en/of asfalt?
 - o Zou die communicatie beter/ makkelijker kunnen?
 - o Zou je dat zelf opmerkingen bij een locatie willen kunnen zetten?

Gesloten vragen:

- Met name de laagdikte is interessant voor jou.
 - o Klopt dat? Alleen als het niet goed is, of alle? Heb je hier aanvullingen op?
 - o Locatie van boren wil je die weten bij de kernen? En welke info geeft je dat?
- De gedraaide dikte moet deze er ook bij staan? Heb je daar op dit moment goed inzicht in?

- Zou je dat zelf als ploeg vaker willen meten met een MIT-scan?
- Zou je willen weten hoeveel asfalt je per vierkante meter wegdraait? In welke eenheid dan?
- Zou je nog wat willen weten van het mengsel wat je aan het verwerken bent?
 - Heeft dat implicaties voor de temperatuur en voorverdichting die toegepast wordt?
- Wat zou ervoor kunnen zorgen dat alle vrachten afgevinkt worden?

[Walsmachinist]

Open vragen:

- Wat wil je bereiken met hetgeen je doet (walsen)? (Verdichting, vlakheid, afstrooien, voortgang in samenspraak met de anderen)
- Omdat te behalen, waar let je dan op gedurende je werk?
- Welke aanvullende informatie zou daarbij kunnen helpen? (Mogelijk aanvullende meetwaarden of plaatjes)
 - Wat wil je dan precies weten?
 - Wanneer wil je die info hebben?
 - Op welke manier wil je die hebben?
 - Als dat later komt heeft het dan nog steeds waarde?
- Wat doe je met onregelmatigheden die je opmerkt?
 - Zou die communicatie beter/ makkelijker kunnen?
 - Zou je dat zelf opmerkingen bij een locatie willen kunnen zetten?

Gesloten vragen:

- Informatie die interessant is voor jou zijn met name de verdichting van de boorkern. Klopt dit?
 - Wil je terugkoppeling alleen als ze niet goed zijn, of alle?
 - Heb je hier aanvullingen op?
 - Wil je de locatie weten van boren? Zo ja, waarom?
- De dikte die gedraaid wordt weet jij die?
 - Wil je die weten en wat zou je er mee doen?
- Is het strooien makkelijker in uitvoer te maken? (Mis je informatie, gebruik van het walssysteem)
- Is de communicatie met de rest van de ploeg goed genoeg?
 - Wat zou daarin beter kunnen? Welke middelen zouden daarbij kunnen helpen?
- Zijn visuele overzichtskaartjes voor jou interessant om te zien o.b.v. de verzamelde data?
- Extra aandachtspunten die benoemd worden, zou je daar wat aan hebben? (Stop plek, maar vervolgens wordt kort daarvoor extra veel gewalst in plaats van op de plek zelf)

Terugkoppeling

- Heb je een behoefte aan een hard getal na afloop van de werkdag? Zo ja, wat moet dat getal voorstellen?
- Een visueel kaartje wat een indicatie van verdicht geeft o.b.v. de wals overgangen en temperatuur aan de hand van historische data, zou jij daar wat aan hebben?

Appendix 14.C

Vragenlijst gebruikt voor de interviews voor de derde deelvraag.

Wat is je leeftijd? 18-35, 35-45, 45-55, 55+

Wat is je hoofdrol?

Ervaring in huidige rol? 0-2,2-5, 5-10, 10-20, 20+

Vanuit de antwoorden die ik gekregen heb, leer je met name als er iets fout ging / beter kon in de uitvoering. Klopt dit?

Hoe leer je daar dan van?

Bespreken jullie dit met elkaar?

Wat vond je van het werk van gister?

Hoe is dat gegaan?

Wat ging er goed?

Wat ging er fout / had beter gekund?

Wat heb je geleerd?

Heb je meer informatie nodig om te leren van afgerond werk?

[Walsmachinist]

Wals overgangen zijn toch nog erg variabel op sommige plekken.

(Concreet maken aan de hand van de plot)

Hoe zou dit gereduceerd kunnen worden een volgende keer?

Walsgangen worden niet binnen de temperatuur gereden.

(Concreet maken aan de hand van de plot)

Hoe zou dit gereduceerd kunnen worden een volgende keer?

Of beiden zien er juist goed en netjes uit. Dan ook laten zien en bespreken.

[Machinist spreidmachine]

Snelheid is variabel op sommige plekken.

(Concreet maken aan de hand van de plot)

Hoe zou dit gereduceerd kunnen worden een volgende keer?

Lange stopplekken.

(Concreet maken aan de hand van de plot)

Hoe zou dit voorkomen / opgelost kunnen worden een volgende keer?

[Uitvoerder]

Bespreken van de overzichtjes.

Vallen je dingen op?

Had je die ook gister tijdens het werk opgemerkt?

Wijzen op de dingen die met de anderen besproken zijn.

[Iedereen]

Wat vind je van deze overzichtjes zoals ik die nu aan jou laat zien?
Is het begrijpelijk?

Zou je dit vaker willen zien en bespreken met elkaar?

Zou dit je helpen om te leren van uitgevoerd werk?

Wat zou daar voor een geschikt moment zijn?

Hoe vaak?

Mis je hierbij nog informatie?

Appendix 14.D

Ter Verificatie:

- Personeel is ervaren zowel in het vakgebied als in de huidige rol
Ze hebben goed zicht op de kwaliteit, weet je natuurlijk pas als de laborant geweest is
Oorzaak van een falende kern weten ze vaak wel
- Walsysteem:
Helpt vind het handig en gebruikt het ook echt, andere helpt walst op ervaring en kijkt alleen naar de temperatuur
Walsmodellen wordt toch nog wel vaak naar gekeken
Het helpt in de samenwerking
Wat wordt gemist is het kunnen zien van het strooien en oscilleren
- Spreidmachine systeem:
Mooi systeem, maar wordt weinig info uitgehaald
Snelheid van de machine op basis van omstandigheden, waarbij soms zsm leegrijden.
- Pavelink:
Handig hulpmiddel. Niet alles wordt afgevinkt, want te druk
Aanpakken bon en afvinken wordt door verschillende mensen gedaan
Helpt zou graag kg/m² kunnen aflezen ergens, andere helpt vind dat onzin
- Aansturing is goed
- Terugkoppeling is goed: je hoort iets als er wat fout is gegaan
Er is wel vraag naar ook positieve feedback
- Boorkern resultaten moeten beter beschikbaar worden, zowel voor de uitvoerder als voor de ploeg. Dit zou digitaal bijvoorbeeld online of in de mail kunnen. Hierbij zijn de exacte waardes relevant, of deze de eisen halen en de locatie van de boorkern. Verder zou walsinformatie van deze locatie kunnen helpen bij het leren van kernen die de eisen niet halen.
- Communicatie met de laborant is belangrijk
- Overzichtjes van de data zoals de vorige keer laten zien, sommige uitvoerders hebben daar wat aan. Hierbij wordt een risicoplot gemist.
- Informatie gedurende het werk hebben de uitvoerders meer aan, zodat er nog een keer bijgestuurd kan worden:
Nucleaire metingen
walsinformatie
- Walsmachinisten vinden de overzichtjes interessant om een keer te zien, maar dagelijks ernaar kijken gaat hen niet helpen om te leren van uitgevoerd werk. Ze zouden meer hebben aan een verdichtingsplot.
- Men staat open voor terugkoppeling van structurele fouten die in de data gevonden worden.
- Afwijkingheden accurater gaan vastleggen daar staan zowel de uitvoerders als een deel van de ploeg voor open en dat zou men ook gaan gebruiken. Dit kan ook helpen bij de overdracht tussen ploegen.
- Verder wordt er geen informatie gemist in het werk