08-07-2015

Mark Castelijns (s1247034)

Bachelor Civiele Techniek Universiteit Twente

Begeleiders Dr. ir. S. R. Miller (Universiteit Twente) Ir. B. W. Sluer (Boskalis)



[ONTWIKKELING VAN EEN RISICOMODEL VOOR HET ASFALTERINGSPROCES]

Voorwoord

Voor u ligt het eindverslag van mijn onderzoek naar de ontwikkeling van een risicomodel bij het asfalteringsproces. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van de Bachelor Eindopdracht van de opleiding Civiele Techniek aan de Universiteit Twente. Gedurende 10 weken is er aan dit verslag gewerkt bij Boskalis Nederland in Nieuw Vennep.

Dit onderzoek is tot stand gekomen na een aantal oriënterende gesprekken over de richting van het onderzoek met dhr. Van Buiten en dhr. Miller. Uit deze gesprekken bleek dat mijn interesse lag bij een opdracht waarbij gebruik gemaakt moest worden van het programma ArcGIS. Vervolgens moest er een stageplaats gevonden worden. Hiervoor wil ik Meneer Miller bedanken, die voor mij verschillende bedrijven benaderd heeft om te kijken of er op een korte termijn een Bachelor Eindopdracht uitgevoerd kon worden.

Doordat mijn opdracht en stageplek pas kort voor de startdatum van de eindopdracht bekend was, was er weinig tijd voor het schrijven van het voorverslag. Bij de start van het onderzoek lag er uiteindelijk wel een voorverslag waarmee ik voldoende voorkennis had voor de opdracht.

Tijdens het uitvoeren van de opdracht zijn er een aantal personen van belang geweest. Dit zijn mijn begeleider van de UT, Sergei Miller, en mijn begeleider vanuit Boskalis, Berwich Sluer. Sergei heeft mij geholpen met verschillende vragen die ik had tijdens het onderzoek. Berwich heeft mij geholpen met de begeleiding binnen Boskalis en het regelen van de inspectiebeelden. Eveneens wil ik hem bedanken voor het regelen van de stageplek.

Ten slotte wil ook graag de rest van het personeel van de afdeling QRS bij Boskalis bedanken voor de fijne omgang tijdens de uitvoering van de opdracht. Zij waren bereid te helpen indien ze dat konden en hielpen mij met de juiste mensen in contact te komen indien dat nodig was.

Samenvatting

Nederland kent een groot wegennet met een lengte van bijna 139.000 km. Veel aannemers in Nederland houden zich dan ook bezig met aanleggen van verhardingen. In de wegenbouw hebben er echter de laatste jaren wat veranderingen plaatsgevonden. Er zijn nieuwe contractvormen ingevoerd waarbij onder andere meer aandacht wordt besteed aan de kwaliteit van het werk en zijn er langere garantie periodes ontstaan. De risicobeheersing neemt hierdoor een prominente rol in binnen projecten. Een probleem hierbij is dat er nauwelijks objectieve en kwantitatieve data beschikbaar is. Het doel van dit onderzoek is om een eerste slag te slaan in het kwantificeren van de risico's binnen een asfalteringsproces aan de hand van beschikbare data van PQi metingen van ASPARi. Het is de bedoeling dat deze data samen met HR inspectiebeelden in ArcGIS in kaart worden gebracht.

Om de doelstelling te behalen zijn er een aantal stappen doorlopen. Allereerst is er een literatuurstudie gedaan om te kijken wat er al bekend is over deze vorm van risicoanalyses. Het blijkt dat in andere vakgebieden al wel gebruik wordt gemaakt van GIS systemen om risico's in kaart te brengen, maar bij de wegenbouw is dit nog niet het geval. Vervolgens is met de trail en error methode de ASPARi data in ArcGIS gebracht en is er getracht om samen met de inspectiebeelden hier de risicogebieden uit te halen.

De data is met behulp van Microsoft Access verwerkt. Met de verwerkte data kunnen in ArcGIS de temperatuur- en verdichtingscontourplot gemaakt worden. De nauwkeurigheid hiervan ligt echter nog niet hoog genoeg om gedetailleerde analyses te kunnen maken. Daarnaast waren er op de inspectiebeelden ook nog geen schades of andere opmerkelijkheden te zien en kunnen er nog geen verbanden getrokken worden.

Ondanks dat er nog geen concrete verbanden gevonden kunnen worden, kan er wel gezegd worden dat ArcGIS een goed hulpmiddel is voor het in kaart brengen van mogelijke risicogebieden van een asfalteringsproces. Door gebruik te maken van de gegeorefereerde data van de PQi metingen van ASPARi kan er een duidelijk beeld worden gemaakt van de temperatuur en van het aantal walsovergangen tijdens de asfaltverwerking. Deze kunnen eenvoudig gecombineerd worden met de aantekeningen van de inspectiebeelden en kunnen met elkaar vergeleken worden door de lagen over elkaar heen te leggen. Ook is het mogelijk om in ArcGIS grenswaarden in te stellen voor de data die wordt weergegeven. Grenswaarden zijn op dit moment nog niet beschikbaar, maar op deze manier kan de weergave worden gespecificeerd tot alleen de gebieden die van belang zijn.

Voor verder gebruik van deze methode moeten er nog wel een aantal dingen worden aangepast. Binnen ASPARi is het van belang dat zowel de coördinatensystemen en de tijdstempels gelijk worden getrokken. Hierdoor wordt het koppelen en importeren van de data efficiënter. Daarnaast is het belangrijk dat er binnen Boskalis gekeken wordt naar een manier om de data te verwerken. De huidige methode met Access brengt nog een te lage nauwkeurigheid met zich mee. Hierdoor is het resultaat nog niet geschikt om daadwerkelijke analyses mee uit te voeren. Binnen Boskalis moet er ook gekeken worden naar een standaard schadeformulier in de HORUS Movie Player. Het is mogelijk zelf de informatie te bepalen die met de aantekeningen wordt meegegeven. Met een standaard schadeformulier wordt de kans dat er gegevens ontbreken zeer klein.

Als vervolgonderzoek kan er gekeken worden naar het opstellen van grenswaarden. Deze kunnen, zoals gezegd, geïmplementeerd worden in ArcGIS om de data te filteren. Dit maakt het opsporen van mogelijke risicogebieden eenvoudiger.

Inhoud

Vo	oorwoo	ord	2
Sa	imenva	atting	3
1	Inlei	iding	5
2	Toel	lichting onderzoek	6
	2.1	Probleemstelling	6
	2.2	Doelstelling	6
	2.3	Onderzoeksvragen	6
	2.4	Onderzoeksmethode	7
	2.5	Projectkader	8
3	Liter	ratuurstudie	9
	3.1	PQi-metingen	9
	3.2	Belang temperatuur en verdichting	. 11
	3.3	Risicoanalyses	. 11
	3.4	Conclusies literatuurstudie	. 12
4	Rele	evantie data	. 13
	4.1	Dataverwerking	. 14
	4.1.:	1 Microsoft Access	. 14
	4.1.2	2 Matlab	. 15
	4.1.3	3 Nauwkeurigheid data	. 16
	4.1.4	4 HR inspectiebeelden	. 16
	4.2	Conclusie	. 18
5	Arc	GIS	. 19
	5.1	Temperatuur en GPS-data	. 19
	5.2	Inspectiebeelden	. 22
	5.3	Grenswaarden	. 22
	5.4	Conclusie	. 23
6	Verk	banden	. 24
	6.1	TCP en CCP	. 24
	6.2	Inspectiebeelden	. 25
7	Con	clusie	. 27
8	Aan	bevelingen	. 29
9	Bibli	iografie	. 30
Bi	jlage 1:	: Flowchart	31

1 Inleiding

Nederland kent een groot oppervlak aan verharde wegen: het totale wegennetwerk bedraagt een lengte van bijna 139.000 km (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2015). Veel van deze wegen zijn verhard met asfalt. In Nederland zijn er dan ook veel aannemersbedrijven die zich bezighouden met het aanleggen van verhardingen. Boskalis Nederland is er hier een van.

Boskalis Nederland is een onderdeel van Royal Boskalis Westminster, een internationaal aannemersbedrijf dat zich richt op baggeren, infraprojecten en offshore energy. Het bedrijf heeft ongeveer 8500 werknemers en een vloot van 1000 eenheden verspreid over 75 landen. In 2014 draaide het een omzet van 3166,9 miljoen euro (Royal Boskalis Westminster, 2015). Binnen Boskalis Nederland is er een infrastructuurafdeling waarbinnen wordt gewerkt aan complexe wegenbouwprojecten (Boskalis Nederland, 2015).

In de wegenbouw hebben er de laatste jaren verschillende wijzigingen plaatsgevonden. Er zijn nieuwe contractvormen ingevoerd waarin onder andere meer aandacht wordt besteed aan de kwaliteit van het geleverde werk. Hierbij zijn ook langere garantieperioden opgenomen, waarbij nieuwe risico's komen kijken (Miller S., 2010). Voor een goede beheersing van de risico's tijdens een project is een goede analyse nodig. Het probleem hierbij is echter dat objectieve en kwantitatieve data ontbreekt. Tijdens een asfalteringsproces is veel gedrag gebaseerd op aannames, gevoel en persoonlijke ervaring. Kwantitatieve data wordt nooit gemeten en er is te weinig aandacht voor lange termijn monitoring van de prestaties van de objecten (Sluer, Aalbers, & Vasenev, 2014).

Sinds een paar jaar is er door ASPARi een methode ontwikkeld om tijdens het asfalteren deze data te verzamelen. Aan de hand van PQi-metingen wordt onder andere de oppervlaktetemperatuur en het aantal walsovergangen gemeten. ASPARi is een samenwerking van verschillende wegenbouw bedrijven, waaronder Boskalis, en de Universiteit Twente, die als doel heeft de asfaltwegenbouw te professionaliseren. ASPARi richt zich vooral op innovatieve toepassingen van nieuwe technologieën binnen het asfalteringsproces en de uitvoering hiervan. Hierbij kan gedacht worden aan het gebruiken van SMART technologieën, inzichten creëren in het proces en deze terugkoppelen naar de uitvoerders en de asfaltploegen, en het verhogen van de controle binnen het asfalteringsproces. (ASPARi, 2015)

In dit onderzoeksrapport wordt het ontwikkelen van een risicomodel aan de hand van de gemeten data beschreven. In hoofdstuk 2 wordt het onderzoek toegelicht. Hier komen de probleemstelling, de doelstelling, de onderzoeksvragen en de onderzoeksmethode aan bod. In hoofdstuk 3 wordt de literatuurstudie kort beschreven en worden de uitkomsten hiervan besproken. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens de beschikbare data besproken en in hoofdstuk 5 wordt beschreven op welke wijze deze data gebruikt is om het risicomodel te creëren. In hoofdstuk 6 worden de conclusies en aanbevelingen besproken die uit het risicomodel naar voren komen. Tenslotte volgen nog de reflectie en de bijlage.

2 Toelichting onderzoek

In dit hoofdstuk zal het onderzoek worden toegelicht. Allereerst zal de probleemstelling worden omschreven. Vervolgens komt de doelstelling aan bod en worden de onderzoeksvragen en het projectkader beschreven.

2.1 Probleemstelling

Sinds 2004 is het toepassen van geïntegreerde contracten steeds gebruikelijker geworden voor de uitvoering van wegenbouwprojecten. Bij deze contracten is de opdrachtnemer niet alleen meer verantwoordelijk voor de uitvoering, maar ook voor het ontwerp en de kwaliteitsbeheersing. Door voornamelijk de kwaliteitsbeheersing strekken de verantwoordelijkheden van de uitvoerder zich uit over langere garantieperioden. De risicobeheersing neemt door deze langere garantieperiode een prominente rol aan binnen de projecten. Een probleem hierbij is echter dat objectieve en kwantitatieve informatie hierover nauwelijks beschikbaar is. In het verleden zijn de gegevens nooit gemeten en is er te weinig aandacht besteed aan lange termijn monitoring van de prestaties van de objecten. De risicoanalyse wordt vooral gebaseerd op aannames, gevoel en persoonlijke ervaringen. (Sluer, Aalbers, & Vasenev, 2014). Het probleem kan dus als volgt beschreven worden:

"Doordat er geen historische data beschikbaar is van een wegenbouwproces en er geen aandacht is besteed aan lange termijn monitoring van objecten worden de risicoanalyses vooral gedaan op basis van aannames en persoonlijke ervaringen."

2.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om een eerste slag te slaan in het kwantificeren van risico's binnen een asfalteringsproces. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van data van Proces Quality improvement (PQi) metingen van ASPARi. Bij PQi-metingen worden onder andere de oppervlaktetemperatuur en de walsovergangen gemeten. In dit onderzoek wordt getracht verbanden te vinden tussen de data van de metingen en de HR-beelden van inspecties van de wegen. Dit zal worden gedaan in het programma ArcGIS zodat de verbanden duidelijk in kaart kunnen worden gebracht. Deze kwantificering moet op een dusdanige manier worden gedaan dat het een onderdeel kan worden van het bedrijfsinformatiesysteem PRIMA. Hierdoor kan het dus ook gebruikt worden voor toekomstige PQi-metingen. Op die manier kunnen onregelmatigheden die eventueel kunnen leiden tot schade worden waargenomen en kan hierop geanticipeerd worden.

"Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen van verbanden tussen PQi-metingen en schadebeelden in ArcGis, op een dusdanige manier dat de methode in PRIMA geïmplementeerd kan worden voor toekomstige metingen."

2.3 Onderzoeksvragen

Aan de hand van de probleemstelling en de doelstelling kan de volgende hoofdvraag worden opgesteld:

"Hoe kunnen de risico's binnen een asfalteringsproces worden geïdentificeerd en in kaart worden gebracht?"

Om de hoofdvraag te beantwoorden wordt deze opgesplitst in een aantal deelvragen.

- 1. Hoe kan de data van de HR-beelden en PQi-metingen worden teruggebracht tot relevante data?
 - 1.1. Welke data is er beschikbaar?
 - 1.2. Welke data van de HR-beelden is relevant?
 - 1.3. Welke data van de temperatuurcontourplot (TCP) is relevant?
 - 1.4. Welke data van de verdichtingcontourplot (CCP) is relevant?
- 2. Hoe kan de data worden samengebracht tot één praktisch systeem binnen ArcGIS?
 - 2.1. Hoe kan de data in ArcGIS worden geïmporteerd?
 - 2.2. Welke stappen zijn er binnen ArcGIS nodig om de risico contour plots te creëren?
- 3. Welke verbanden zijn er tussen de TCP en CCP en de HR-beelden?
 - 3.1. Welke data overlappen tussen de HR-beelden en de TCP en/of CCP
 - 3.2. Op welke manier zijn de overeenkomsten in de datasets daadwerkelijk aan elkaar te koppelen?

2.4 Onderzoeksmethode

Om de doelstelling van het onderzoek te bereiken en de hoofd- en deelvragen te beantwoorden is er een onderzoeksmodel opgesteld. Deze is te zien in Figuur 2-1. Het model geeft een globaal overzicht van de verschillende stappen die gedaan moeten worden om het onderzoek te voltooien.



Figuur 2-1: Onderzoeksmodel

Aan de hand van het model kan ook de methode per deelvraag worden toegelicht. Voor de eerste deelvraag moet er gekeken worden welke data er beschikbaar is, zowel van de PQi-metingen als van de HR-inspectiebeelden. Hierop zal een data-analyse moeten worden uitgevoerd om te kijken welke data er daadwerkelijk voor het onderzoek gebruikt kan worden. Daarnaast is het hierbij ook nodig om in de literatuur en binnen Boskalis te kijken of er normen zijn voor een asfalteringsproces, zodat er gekeken kan worden wanneer de data er wel of niet buiten valt. Ook is het nodig om in de literatuur te zoeken naar bekende faalmechanismen van asfalt en de oorzaken hiervan. Op basis hiervan kan de relevantie van de HR-beelden bepaald worden.

De tweede deelvraag kan worden beantwoord aan de hand van een empirisch onderzoek. Met behulp van de verschillende tools in ArcGIS kan worden gekeken op welke manier de data het beste

gebruikt kan worden. Hierbij moet getracht worden een overzichtelijk model te creëren waarin eenvoudig verschillende datasets gebruikt kunnen worden.

De derde deelvraag bouwt voort op de eerste twee deelvragen. De relevante data die uit de eerste deelvraag naar voren komt, moet hier met elkaar worden vergeleken in een data-analyse. De data van de PQi-metingen die uit de eerste deelvraag naar voren komt, kan worden gezien als een potentieel risicogebied. Deze data moet dus worden vergeleken met de relevante data van de HR-beelden, oftewel de schade, om te kijken of hier overlap tussen is. Deze vergelijking wordt gedaan binnen ArcGIS. Daarna moet worden gebracht of dat de schade een andere oorzaak heeft dan fluctuaties van temperatuur en/of verdichting.

Tenslotte moeten er aan de hand van de verschillende bevindingen conclusies getrokken worden en moet de hoofdvraag worden beantwoord. Daarnaast worden er eventuele aanbevelingen opgesteld voor de implementatie van het risicomodel in PRIMA en/of een mogelijk vervolgonderzoek.

2.5 Projectkader

Voor de Bachelor Eindopdracht staan tien weken gepland. Dit is een relatief korte periode voor een omvangrijk onderzoek. Daarom is het belangrijk om de opdracht goed af te bakenen. Het falen van een verharding kan verschillende oorzaken hebben, zoals onderdimensionering, onjuiste materiaalkeuze of falen van de onderbouw (Sluer, Aalbers, & Vasenev, 2014). Bij dit onderzoek zal echter alleen worden gekeken naar de inhomogeniteit van de temperatuur en de verdichting tijdens het asfalteren en de relatie die dit heeft met de opgetreden schade.

Vanuit ASPARi is er voor een aantal projecten data van de oppervlaktetemperatuur en de walsovergangen beschikbaar. Deze data zal gebruikt worden voor het onderzoek:

- MNO Beverwijk (2010), bij de rotonde met de Zeestraat en de Binnenduinrandweg.
- MNO Nijmegen (2011), vanaf de Margaretha van Mechelenweg vanaf de keizer Hendrik VI-Singel.
- MNO Hardinxveld (2012), de Rivierdijk ter hoogte van de Nieuwesteeg.
- MNO N201 (2013), de Hoofddorpdreef, vanaf de splitsing met de Taurusavenu tot aan het viaduct.
- MNO A50 (2014), tussen afrit Eerde en afrit Son en Breugel.

3 Literatuurstudie

In dit hoofdstuk zullen de uitkomsten van de literatuurstudie besproken worden. Hier worden onder ander de PQi-metingen toegelicht. Ook het belang van de temperatuur en van de verdichting komt aan bod. Daarnaast worden de toepassingen van ArcGIS en risicoanalyses besproken.

3.1 PQi-metingen

De PQi-methode is ontwikkeld door ASPARi. Aan de hand van artikelen van hun website wordt een beschrijving gegeven van wat de metingen inhouden en hoe ze worden uitgevoerd. De kern van de PQi-methode is het nauwkeurig registreren en in beeld brengen van het proces op de bouwplaats. Aan de hand hiervan kan vervolgens geanalyseerd en besproken worden wat er is gedaan en wat er in de toekomst eventueel beter kan (Bijleveld, van Hinthem, Oosterveld, Dekkers, & Dorée, 2012).

Een PQi-meting is ingedeeld in een vijftal stappen: de voorbereiding, de dataverzameling, de dataanalyse, de feedback en rapportage en de verbetervoorstellen. Dit gehele proces heeft een cyclisch karakter. De verbetervoorstellen worden dus meegenomen in volgende metingen. Tijdens een PQimeting worden er verschillende parameters gemeten. Een meting heeft zowel directe als indirecte resultaten. De parameters en resultaten zijn weergegeven in Tabel 1 en 2.

Taak	Instrument	Methode	Nauwkeurigheid en frequentie
Monitoren weersomstandigheden	Weerstation	Opzetten weerstation op de bouwplaats	Temperatuur, windsnelheden, vochtigheid, zonnestraling, elke minuut opgeslagen
Meten initiële oppervlakte temperatuur achter de balk	Laserlinescanner	Scanner achter de balk van de balk hangen	Opnemen oppervlakte- temperatuur achter de balk elke seconde in 20 zones
Meten afkoeling oppervlaktetemperatuur spec. locatie	Infrarood camera's	Camera op driepoot op vaste locaties	Nemen van thermo grafische foto elke minuut
Meten afkoeling in- asfalttemperatuur specifieke locaties	Thermokoppels	Thermokoppels in ca. het midden van de asfaltlaag dikte aanbrengen	Opslaan van temperatuur elke minuut
Monitoren bewegingen materieel op bouwplaats	GPS ontvangers + basis station	Opzetten basis station op de bouwplaats en recievers op het dak van het materieel	DGPS nauwkeurigheid < 5 cm positie elke seconde opgeslagen
Meten dichtheid asfalt op een specifieke locatie	Nucleaire dichtheidsmeter	Dichtheid meten na elke walsovergang	Metingen tpv temp. metingen na elke walsovergang
Opnemen bijzondere gebeurtenissen	Memo recorders	Opnemen van bijzondere gebeurtenissen tijdens het proces	Observaties in gebeurtenissen logboek.

Tabel 1: Apparatuur PQi-metingen (Bijleveld, van Hinthem, Oosterveld, Dekkers, & Dorée, 2012)

Tabel 2: Resultaten PQi-meting (Bijleveld, van Hinthem, Oosterveld, Dekkers, & Dorée, 2012)

Directe resultaten	Indirecte resultaten
4D-animatie van het wegenbouwproces	Kwaliteits-bewustzijn binnen de asfaltketen
Voortgang van de asfaltspreidmachine	Verbetering communicatie asfaltploeg
De oppervlakte temperatuur in 2D-plots	Inzicht in verschillen tussen asfaltploegen
Afkoelingscurves	Uitgangspunt voor een uniforme werkwijze
De walsprocedure en walsovergangen	Risicobeperking
De dichtheidsprogressie	
Indicatoren spreiding in werkwijze en resultaat	
Mogelijke kwetsbare plekken in de constructie	
Dossier van belangrijke parameters	

Een voorbeeld van een TCP is weergegeven in Figuur 3-1. In Figuur 3-2 is een voorbeeld van een CCP te zien.



Figuur 3-1: TCP (Miller S., 2010)



Figuur 3-2: CCP (Miller S. , 2010)

Naast het achteraf analyseren van de data zijn er ook ontwikkelingen om de informatie van de metingen real time te laten zien. Dit kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de walsmachinist warme of koude plekken door te geven of om de positie van de walsen op de temperatuurbeelden weer te geven. Een nadeel hiervan is echter dat de databestanden die hiervoor verwerkt moeten worden nog erg groot zijn. (Bijleveld, van Hinthem, Oosterveld, Dekkers, & Dorée, 2012).

De data die met de metingen wordt verzameld, kan voor verschillende doeleinden worden gebruikt. De TCPs zijn bijvoorbeeld een goed hulpmiddel om de temperatuurhomogeniteit te bepalen en de stopplaatsen van de asfalteringsmachine in kaart te brengen (Miller, Dorée, & Oosterveld, 2009). Samen met de dichtheidsprogressie uit de nucleaire dichtheidsmetingen en de CCPs kunnen de effecten van de stopplaatsen op het verwerkingsproces worden vastgelegd.

3.2 Belang temperatuur en verdichting

Een van de belangrijkste maatstaven voor de kwaliteit van een verharding is de verdichting (Bijleveld, Miller, de Bondt, & Dorée, 2012). Er wordt bij het asfalteringsproces vanuit gegaan dat de gewenste dichtheid wordt bereikt als er wordt gewalst binnen het juiste temperatuurvenster. Uit onderzoek van Ooms Nederland Holding blijkt dat een STAB 0/16 mengsel bij een temperatuur tussen de 140 °C en 150 °C de beste mechanische eigenschappen heeft (Bijleveld, Verdichtingstemperatuur en mechanische eigenschappen, 2010). Bij temperaturen buiten dit venster is het ook mogelijk om de gewenste dichtheid van het asfalt te bereiken door dichterbij of verder van de asfalteermachine af te walsen (Vasenev, 2015). Echter verslechtert dan de scheurtaaiheid en scheursnelheid (Bijleveld, Miller, de Bondt, & Dorée, 2012) en hiermee dus de kwaliteit en de levensduur van de verharding. Bij andere mengsels kan dit temperatuurvenster uiteraard anders zijn. Voor een goede kwaliteit is het dus niet alleen van belang de dichtheid te meten, maar ook om tijdens het asfalteringsproces de temperatuur te monitoren.

3.3 Risicoanalyses

Risicoanalyses kunnen voor verschillende doeleinden worden gebruikt, bijvoorbeeld om de kans op schade te voorkomen of dit vooraf al te detecteren. Met behulp van een dergelijke analyse worden de verschillende gevaren in kaart gebracht samen met de kans dat ze kunnen voorkomen. De uitkomsten van een risicoanalyse kunnen helpen bij het maken van beslissingen en het opstellen van beheersmaatregelen (ToornendPartners, 2015). Er zijn veel verschillende methodes om een risicoanalyse te doen. Een voorbeeld hiervan is de Multi-Analytic Risk Visualization methode. Deze methode is ontwikkeld door een bedrijf in Amerika en is gebruikt om op een flexibele manier kwantitatieve risicoanalyses van pijpleidingen te visualiseren. Hiervoor worden zowel oorzaak-gevolgrelaties als de input van experts gebruikt. De input wordt zo verwerkt dat er een transparant risicomodel ontstaat waaraan de gebruiker zelf ook informatie kan toevoegen (Ayello, 2015).

Risico's kunnen ook worden gevisualiseerd in een kaart. Hierin zijn verschillende karakteristieken van het risico gekoppeld aan de topografie. Tariq (2013) bespreekt bijvoorbeeld het maken van een overstromingsrisicokaart van de Chenabrivier. Een dergelijke kaart kan een effectief hulpmiddel zijn voor het management en de planning van het gebied.

Een manier om de risico's op een dergelijke manier te visualiseren is ArcGIS, een product van het ESRI. Binnen ArcGIS kan data met een georeferentie worden gevisualiseerd en kunnen er verschillende analyses gedaan worden op de data (esri, 2015). Dit programma zal ook worden gebruikt voor dit onderzoek.

Binnen de wegenbouw is er nog niet veel te vinden over het gebruik van dergelijke risicoanalyses. Er is vooral veel onderzoek gedaan naar de effecten van de verschillende toeslagmaterialen op de mechanische eigenschappen van het asfalt. Over de invloed van de verwerkingmethodes is niets te vinden.

3.4 Conclusies literatuurstudie

Uit de literatuur kan geconcludeerd worden dat er, ondanks het belang van de temperatuur en de verdichting van het asfalt tijdens de verwerking, nauwelijks onderzoek naar gedaan is naar de verbanden hiertussen. De PQi-metingen zijn hierin een eerste stap. Door de PQi-metingen te verwerken in een risicomodel kunnen er in de toekomst strategische en operationele beslissingen gemaakt worden op basis van kwantitatieve en objectieve data. In de volgende hoofdstukken wordt beschreven hoe een dergelijk risicomodel kan worden opgebouwd.

4 Relevantie data

Vanuit ASPARi zijn er voor Boskalis bij een aantal projecten PQi-metingen gedaan (zie Projectkader). Hiervan zijn zowel de temperatuurdata als de GPS-data van de verschillende voertuigen beschikbaar. Vanuit Boskalis zelf is er ook data beschikbaar van het project bij Holten (Sluer, Aalbers, & Vasenev, 2014)

De temperatuurdata is per meting gegeven voor 20 zones over de breedte van de weg. Elke seconde is er een temperatuurmeting gedaan. Van deze metingen kan in Excel een TCP worden geconstrueerd zonder georeferentie. In Figuur 4-1 is hier een voorbeeld van gegeven.



Figuur 4-1: Voorbeeld TCP Excel

In een TCP zijn de warme en koude plaatsen duidelijk zichtbaar. Hieraan zouden eventuele risicogebieden herkend kunnen worden. Het probleem hierbij is echter dat er geen eenduidige norm is voor de verwerkingstemperatuur van het asfalt. Voor elke asfaltsoort is dit namelijk verschillend en er zijn tegenwoordig zoveel verschillende soorten dat er geen standaarden meer gesteld kunnen worden. Wel is er een standaard dat de walstemperatuur maximaal 5 tot 10 graden onder de verwerkingstemperatuur mag liggen. Doordat er geen vaste normen zijn is het moeilijk van tevoren data te elimineren en de bestanden te verkleinen. Er kan wel gezegd worden dat de plaatsen waar de asfalteermachine stil staat niet relevant zijn, evenals de naast de weg gelegen zones waarvan de temperatuur gemeten is. Echter is het lastig deze data te verwijderen, omdat de GPS- en de linescannerdata niet aan elkaar gekoppeld zijn in Excel.

Bij de walsovergangen is er hetzelfde probleem als bij de temperatuur. Er zijn geen vaste normen voor het aantal walsovergangen dat minimaal gemaakt moet worden. Zodra de gewenste verdichting bereikt is, is het voldoende. Ook hierbij kan gezegd worden dat de data van de stilstaande walsen overbodig zijn. Echter is het hierbij, evenals bij de temperatuurdata, lastig om deze data al in Excel te verwijderen.

In hoofdstuk vijf zal er echter wel een paragraaf besteed worden aan de omgang met grenswaarden indien deze wel beschikbaar zijn.

4.1 Dataverwerking

De data van de asfalteermachines en de walsen bestaan uit een XYZ-coördinaat en een tijdsbepaling. Aan de hand van deze tijdstempel kan de data van de linescanners aan de coördinaten van de asfalteermachine gekoppeld worden. Hierbij komen echter een paar problemen bij naar voren.

Allereerst verschilt het aantal metingen. Bij de linescanner zijn vaak twee metingen per seconde gedaan, terwijl er bij de GPS elke seconde slechts één meting gedaan wordt. Een deel van de temperatuurdata zal bij het koppelen van de gegevens dus wegvallen met het gevolg dat het resultaat minder nauwkeurig wordt. Daarnaast zijn de tijdsbepalingen verschillend. Bij de linescanner is de tijd in seconden weergegeven, terwijl dit bij de GPS-data in milliseconden is. Door deze verschillen in nauwkeurigheid is het lastig om de verschillende tabellen aan elkaar te koppelen. In ArcGIS is het mogelijk om de overbodige karakters te verwijderen. Dit kan met het onderstaande VB script:

Left([FieldName], Len([FieldName] -4))

Hierdoor worden de milliseconden van de tijdsbepalingen verwijderd en kan de data aan elkaar gekoppeld worden.

4.1.1 Microsoft Access

Het blijkt echter wel dat ArcGIS niet het geschikte programma is om het koppelen van de tabellen mee uit te voeren. Joins en Relates zijn niet de sterkste punten van ArcGIS en door het formaat van de datasets wordt het uitvoeren van de verschillende tools een erg langzaam proces. Om deze reden is er voor gekozen om het koppelen van de tabellen in Microsoft Access uit te voeren. Ook hier is het verschil in de tijdstempel een probleem. Access ziet de tijdstempel met de milliseconden niet als een tijdbepaling. Deze moeten dus eerst aangepast worden voordat de data gekoppeld kan worden. Dit is gedaan in Excel met eenzelfde functie als hierboven weergegeven staat. Ook zijn de 20 zones teruggebracht naar één temperatuurwaarde. In ArcGIS kan er namelijk maar één waarde per coördinaat worden weergegeven.

Na het inkorten van de tijdstempel is het mogelijk om met behulp van een tabel query, Figuur 4-2, de data van de linescanner en van de GPS aan elkaar te koppelen. De tabel die hieruit ontstaat kan vervolgens in een database worden opgeslagen. Dit maakt het makkelijk om de tabellen in ArcGIS te importeren.

	PaverN201 * Id Xcoordinaat Ycoordinaat Datum/Tijd		TemperatuurN201 zone 13 zone 14 zone 15 zone 16 zone 17 zone 18 zone 19 zone 20 zone 21 Datum/Tijd
•			
Veld: Tabel: Sorteervolgorde:	Xcoordinaat v PaverN201	Ycoordinaat PaverN201	Temperatuur TemperatuurN201
Weergeven: Criteria: Of:	•	✓	

Figuur 4-2: Tabel query temperatuur data

Op eenzelfde manier kan de data van de verschillende walsen bij elkaar in één tabel worden gezet en het aantal walsovergangen worden berekend. Zie Figuur 4-3.





4.1.2 Matlab

De data van het project bij Holten is op een andere manier verwerkt. Hiervoor is een Matlabscript gebruikt. Met behulp van dit script wordt de temperatuurdata aan de GPS-data gekoppeld. Daarnaast worden de plaatsen verwijderd waar de asfalteermachine stilstaat en waar de temperatuur onder de 80°C is. Deze data is in principe overbodig voor het creëren van de TCP en de CCP.

De uitkomsten van dit script kunnen in een csv-bestand worden gezet. Vervolgens kunnen deze bestanden weer worden omgezet naar een database, op dezelfde manier als in de vorige paragraaf besproken is.

4.1.3 Nauwkeurigheid data

Door het verwerken van de data met Matlab zal het uiteindelijke raster een hogere resolutie krijgen dan wanneer Microsoft Access gebruikt wordt. In Matlab wordt aan elke temperatuurmeting een coördinaat gekoppeld, terwijl er in Access één temperatuurmeting aan elk coördinaat wordt gekoppeld. Dit wordt gedaan omdat in ArcGIS maar een enkele waarde per coördinaat weergegeven kan worden. Met behulp van Matlab wordt er dus een beeld gecreëerd van de temperatuur over de gehele breedte van de weg. Bij de verwerking met Access worden de 20 zones teruggebracht tot één enkele waarde voor de temperatuur. Veel data gaat hiermee dus verloren en de nauwkeurigheid van het raster wordt veel minder.

Vanwege de nauwkeurigheid zou het wenselijk zijn om alle data met behulp van Matlab te verwerken. Echter is het script dat gebruikt is voor de data van Holten een prototype. Dit script is niet bruikbaar voor grote databestanden en kan dus niet voor de andere projecten gebruikt worden.

4.1.4 HR inspectiebeelden

Voor dit onderzoek zijn de HR-beelden van de N201 en van Holten beschikbaar. De beelden van de N201 zijn voor dit onderzoek opgenomen. Hiervoor is van tevoren gekeken of er bijzonderheden te zien waren op het wegdek. Dit was niet het geval. Er is echter voor gekozen de beelden alsnog op te laten nemen zodat het als referentie gebruikt kan worden. Daadwerkelijk verbanden vinden tussen de temperatuur, de walsovergangen en de schade zal waarschijnlijk niet lukken met deze beelden.

In Figuur 4-4 is een voorbeeld te zien van een frame van de HR-beelden. De beelden zijn in principe met een 360[°] camera opgenomen. De beelden die in de figuur te zien zijn, zijn echter hoge resolutiebeelden, deze worden alleen gemaakt aan de voorkant van de wagen. Deze beelden zijn dus scherper en kunnen beter gebruikt worden voor het vinden van schade.





De beelden kunnen op verschillende manieren worden gebruikt. Het is mogelijk de data vanuit GIS te importeren in de Horus Movie Player. Op die manier wordt de data zichtbaar tijdens het afspelen van de beelden. Een nadeel hiervan is echter dat de inspectiebeelden grote bestanden zijn en er dus veel schijfruimte nodig is voor deze methode. Om ruimte te besparen is het daarom handiger om de benodigde data vanuit de inspectiebeelden in ArcGIS te importeren. Dit kan op twee manieren. Allereerst kan er met behulp van de 'Ortho Projection' tool een bovenaanzicht gemaakt worden van delen van het wegdek. Deze TIFF-afbeeldingen kunnen vervolgens in ArcGIS geladen worden. Hiermee ontstaat er echter een afbeelding van het gehele wegdek, terwijl dit niet altijd nodig is. Daarnaast is het mogelijk om de schade of andere bijzonderheden in ArcGIS weer te geven met behulp van annotaties. Een annotatie is een aantekening op de videobeelden in de vorm van een punt, lijn of polygoon. In Figuur 4-5 is een voorbeeld hiervan weergegeven. Het voordeel hiervan is dat de ongeregeldheden specifiek aangegeven kunnen worden. Daarnaast is het mogelijk om verschillende gegevens aan een annotatie te koppelen. Deze informatie is vervolgens ook zichtbaar in ArcGIS.



Figuur 4-5: Annotatie in HORUS Movie Player

Er kan zelf bepaald worden welke informatie aan de aantekeningen wordt meegegeven met behulp van de schema editor. Hiermee kan bijvoorbeeld zelf worden ingesteld wat voor tekstvakken worden meegegeven en is het mogelijk verschillende categorieën te maken om de schade in te delen. In Figuur 4-6 is een voorbeeld weergegeven van de schema editor. Alle functies die aan de linkerkant staan weergegeven kunnen in het schema gesleept worden. Vervolgens kunnen deze, met behulp van de rechterkolom, bewerkt worden naar eigen inzicht.

		Schema edit	or				- 0 ×
Enum Diting Brun Dute Text Text Dute Attachments Icon Snapshot Hyperink CheckBox Length measureme Area measurement Height measurement It Foot	Schede Soot		#	v v v create v v v		21 Overig AutoComplete AutoComplete AutoComplete AutoFil Cancel/Update Category Default Value Ditry DeplayName Hidden ReadOnty	False False Schade Soot False False
د »					A S	utoComplete pecifies whether o aggestions when fi	r not the user will see ling in this field. The su
						ок	Cancel

Figuur 4-6: Schema editor

4.2 Conclusie

Op basis van de beschikbare data en door het ontbreken van standaarden is het moeilijk te zeggen welke data van de linescanner en van de GPS wel of niet relevant is. Dit komt doordat elk asfaltmengsel een andere optimale verwerkingstemperatuur heeft. Hierdoor kunnen de databestanden niet gemakkelijk worden verkleind. Bij de inspectiebeelden is dit echter niet het geval. Hier kan heel specifiek op worden aangegeven welke gebieden wel en niet van belang zijn met behulp van aantekeningen op de videobeelden en kan er zelf gekozen worden welke overige informatie met deze schade of opmerkelijkheden wordt meegegeven.

De data wordt met behulp van Access verwerkt. Doordat hier aan elk coördinaat maar één temperatuurmeting gekoppeld kan worden, om de weergave in ArcGIS mogelijk te maken, gaat hierbij veel data verloren. Hierdoor wordt ook de nauwkeurigheid van de rasters lager dan wenselijk is. Bij de data van het project bij Holten is gebruik gemaakt van Matlab voor de dataverwerking. Bij deze data ligt de nauwkeurigheid veel hoger dan wanneer Access gebruikt wordt. Echter is het Matlabscript niet geschikt om andere databestanden te verwerken en kan het niet gebruikt worden.

5 ArcGIS

Om de data in ArcGIS inzichtelijk te maken moeten er een aantal stappen ondernomen worden. Deze zullen in dit hoofdstuk besproken worden. Hiervoor wordt de data van het project bij Holten gebruikt. Deze data is namelijk zo verwerkt dat er een nauwkeurige representatie van de wegvakken ontstaat in ArcGIS.

5.1 Temperatuur en GPS-data

In de modelbuilder in ArcGis kan een model worden gebouwd om de gekoppelde data naar een raster te converteren. Dit model is in Figuur 5-1 weergegeven. In bijlage 1 zijn de verschillende inputwaarden van de gebruikte tools weergegeven.



Figuur 5-1: Model voor importeren temperatuurdata

In dit model is de temperatuurdata, die gekoppeld is aan de coördinaten, de input. Deze tabel wordt met behulp van de 'Make XY Event Layer' tool omgezet naar een shapefile die bestaat uit punten. Elk punt is een coördinaat met een temperatuurwaarde. Daarna worden deze punten omgezet naar een raster. Op deze manier ontstaat er een representatie van de temperatuur over het wegvak waar gemeten is. Door in hetzelfde model de inputdata te veranderen kan hiermee ook een CCP worden gemaakt.

Dit model werkt alleen indien er numerieke coördinaten worden gebruikt. In dit geval waren dit RDcoördinaten.



Figuur 5-2: TCP Beverwijk

Een voorbeeld van een deel van het resultaat van het model is weergegeven in Figuur 5-2. Elke cel van het raster heeft een kleur die overeenkomt met een bepaalde temperatuur. De standaard kleuren die door ArcGIS gebruikt worden zijn grijstinten. Dit kan op twee manieren worden aangepast: met de hand nadat het resultaat van het model verkregen is of door een symbology layer te maken en deze in het model als referentie te gebruiken. Hiervoor is het echter wel nodig om vooraf bij een laag handmatig de symbology in te stellen.

Het bovenstaande model kan worden gebruikt indien er numerieke coördinaten gebruikt worden. Bij de N201 en de A50 zijn echter lokale coördinatensystemen gebruikt die eerst geconverteerd moesten worden. Uit deze conversie kwamen WGS-coördinaten die niet numeriek waren. Om deze coördinaten te importeren in ArcGIS moeten ze nogmaals geconverteerd worden naar numerieke waarden. Het bovenstaande model hiervoor gebruiken is niet mogelijk. De 'Make XY Event Layer' tool herkent de coördinaten namelijk niet als ze niet numeriek zijn. Het importeren van de WGS-coördinaten is mogelijk met de 'Convert Coordinate Notation' tool. Deze tool zet de coördinaten om naar een numerieke waarde en geeft ze weer als punten. Indien in het bovenstaande model deze tool wordt gebruikt in plaats van 'Make XY event layer', ontstaat er eenzelfde resultaat. Voor de N201 is het resultaat weergegeven in Figuur 5-3.



Figuur 5-3: TCP N201

De resultaten die in Figuur 5-2 en Figuur 5-3 te zien zijn, zijn verkregen aan de hand van de data van het project bij Beverwijk en de N201. Er is te zien dat deze nog niet heel nauwkeurig zijn. Het model is nog een keer uitgevoerd met de data van het project bij Holten, dat dus is verwerkt met behulp van de verkregen Matlabcode. Het resultaat hiervan is weergegeven in Figuur 5-4.





Het verschil tussen de TCP's is duidelijk te zien. Bij de TCP van Holten zijn de twee rijbanen duidelijk zichtbaar, met over de gehele breedte temperatuurwaarnemingen. Bij de plot van Beverwijk is daarentegen alleen de directe route van de asfalteermachine te zien met een daarbij behorende temperatuurwaarde. Voor een duidelijke analyse zou het wenselijk zijn dat alle data verwerkt wordt zoals er bij het project bij Holten gedaan is. Op eenzelfde manier kan ook een CCP worden gecreëerd. Voorbeelden hiervan zijn te zien in Figuur 5-5 en in Figuur 5-6. Hiervoor is eveneens de data van Holten gebruikt en de N201. Voor de CCP zijn de walsovergangen van de verschillende machines bij elkaar opgeteld om het totaalbeeld weer te geven.



Figuur 5-6: CCP N201

Het verschil in nauwkeurigheid is ook bij de CCP's te zien. De plot die met de data van Holten gemaakt is en dus is verwerkt met behulp van de Matlabcode is veel egaler dan de plot van de data van de N201, dat te zien is in Figuur 5-6. Om het plot van de N201 te creëren zijn er per cel van het raster het aantal punten geteld dat daar in lag. Hierdoor zijn er een aantal plekken waarbij het aantal punten te hoog was om het aantal walsovergangen te zijn: tussen de 100 en 2000 punten. Dit zijn waarschijnlijk de plekken waar de wals heeft stilgestaan. Daarnaast zijn er grote delen van het project waar volgens deze methode maar enkele keren een wals overheen is gegaan. Deze methode geeft waarschijnlijk dus niet een heel realistisch beeld, maar kan wel gebruikt worden om een indicatie te geven van welke plekken veel of juist weinig gewalst zijn.

5.2 Inspectiebeelden

Om de data van de inspectiebeelden te importeren in ArcGIS kunnen deze eenvoudigweg geëxporteerd worden naar shapefiles. Deze kunnen vervolgens zonder problemen in ArcGIS weergegeven worden. Hierbij moet alleen worden opgelet dat de coördinatensystemen overeenkomen. In de HORUS Movie Player kan er gekozen worden tussen het RD- en WGS-systeem. Alle informatie die met de schema editor in de Movie Player is meegegeven, is vervolgens terug te vinden in de attribute table.

5.3 Grenswaarden

In hoofdstuk 3 wordt er gesproken over het ontbreken van grenswaarden waardoor de databestanden niet verkleind kunnen worden. Uiteraard is het mogelijk dat er in de toekomst wel dergelijke grenswaarden of standaarden aanwezig zijn. In ArcGIS is het mogelijk deze grenswaarden toe te passen op de rasters, zodat alleen de waarden die buiten de grenswaarden vallen zichtbaar zijn.

In deze paragraaf wordt hier een voorbeeld van gegeven. Er wordt gesteld dat er bij het project bij de N201 een asfaltmengsel is gebruikt dat met een minimale temperatuur van 140 °C verwerkt moet worden. Alle plekken waar de temperatuur hoger ligt zullen geen problemen opleveren en zijn dus niet relevant voor het zoeken naar risicogebieden. Al deze waarden kunnen bij het classificeren van de temperatuurdata worden uitgesloten van de weergave. In Figuur 5-7 is het resultaat te zien van het toepassen van de grenswaarden. Bovenin deze afbeelding zijn alleen de plekken te zien waar de temperatuur onder de 140 °C ligt. Dit maakt het detecteren van mogelijke risicogebieden eenvoudiger dan wanneer de volledige TCP wordt gebruikt, zoals in de onderste helft van Figuur 5-7 is weergegeven.



Figuur 5-7: TCP N201 met toegepaste grenswaarden t.o.v. TCP N201 zonder grenswaarden

5.4 Conclusie

Zodra de data op de juiste manier verwerkt is, is het eenvoudig om deze in ArcGIS te importeren. Afhankelijk van de gebruikte coördinatennotatie kan dit met het model dat in Figuur 5-1 staat of met behulp van de 'Convert Coordinate Notation' tool worden weergegeven. Voor het importeren van de schadebeelden is geen model nodig. Deze data wordt in de vorm van shapefiles opgeslagen. Deze shapefiles kunnen eenvoudigweg in ArcGIS geopend worden zonder tussenkomende stappen. Bij het classificeren van de data kunnen er grenswaarden aan de data worden toegevoegd. Hierdoor wordt alleen de data die buiten deze grenzen valt weergegeven. Dit maakt het detecteren van mogelijke risicogebieden eenvoudiger.

6 Verbanden

Door de beelden van de TCP's, CCP's en de inspectiebeelden over elkaar te leggen en te vergelijken kan er gekeken worden of er verbanden tussen de temperatuur/walsovergangen en de schade te vinden zijn.

6.1 TCP en CCP

Aan de hand van de plots zijn er al een aantal dingen op te merken over de verwerking van het asfalt. Zowel bij het aanbrengen als bij het walsen zijn er duidelijke inconsistenties te zien. Het aantal walsovergangen neemt vooral naar de zijkanten van de rijstroken af. De onregelmatigheden in de temperatuur zijn vooral rondom de stopplekken van de asfalteermachine, dit is in de TCP te zien als een groene of blauwe plek.

In Figuur 6-1 zijn delen van de TCP en de CCP naast elkaar weergegeven om te kijken of er tussen de temperatuur en de walsovergangen al verbanden te vinden zijn. Op basis van de theorie zouden er op de koudere plekken meer walsovergangen plaatsvinden. Dit is terug te zien in gebied 1 van Figuur 6-1. Echter is dat in dit geval waarschijnlijk toevallig. Zoals te zien is in Figuur 6-1 beneden, heeft die gehele rijbaan op dat stuk namelijk meer walsovergangen dan elders op het project. Ook op de warme plekken, zoals gebied 2 van Figuur 6-1 hebben er meer walsovergangen plaatsgevonden.



Figuur 6-1: TCP/CCP Holten gecombineerd

Als de TCP en de CCP van de N201, te vinden in Figuur 6-2, naast elkaar worden gelegd is hetzelfde beeld te zien. Het aantal walsovergangen staat niet in relatie met de temperatuur. Één rijbaan heeft relatief veel walsovergangen gekregen, terwijl de andere rijbanen, waar lagere temperaturen te zien zijn, minder walsovergangen hebben gekregen.



Figuur 6-2: TCP/CCP N201 gecombineerd

Van het project bij de A50 is de GPS-data van de wals niet beschikbaar. Hoewel deze vergelijking dus niet gemaakt kan worden, zou dit beeld zich hier hoogstwaarschijnlijk ook doorzetten.

6.2 Inspectiebeelden

In Figuur 6-3 in een voorbeeld te zien van het totaalbeeld van het risicomodel, de TCP, de CCP en de annotaties zijn in één figuur weergegeven. Zoals gezegd waren er geen schades of opmerkelijkheden te zien op de inspectiebeelden. De annotatie is daarom ook een voorbeeld van hoe het er in het totaalbeeld uit komt te zien. Hierdoor kunnen er geen verbanden worden gelegd tussen de verschillende data.



Figuur 6-3: TCP, CCP en inspectiebeelden gecombineerd

Wel kan er gezegd worden dat deze methode voor toekomstige projecten gebruikt kan worden. Door de schade op deze manier in te tekenen kan er eenvoudig gekeken worden naar de temperatuur en het aantal walsovergangen op die exacte plek. Door dit voor meerdere projecten te doen zullen er in de toekomst waarschijnlijk wel verbanden getrokken kunnen worden tussen de verwerking van het asfalt en de schade. Hiervoor zullen echter nog wel meer data en meer inspectiebeelden waarop daadwerkelijk schade te zien is nodig zijn. Aangezien de data voor maar een beperkt aantal projecten gemeten is en dit allemaal kortgeleden gedaan is, kan het nog wel een aantal jaren duren voordat er bruikbare resultaten komen.

Daarnaast is het mogelijk naast de schadebeelden andere informatie toe te voegen aan de contourplots. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de informatie van de verschillende boorkernen die gemaakt worden. Alle relevante informatie kan dus in één systeem worden samengevoegd.

7 Conclusie

Voor de Bachelor Eindopdracht is er een onderzoek gedaan naar de mogelijkheid voor het ontwikkelen van een risicomodel voor een asfalteringsproces. Het doel hiervan was om dit model in het programma ArcGIS te kunnen implementeren, zodat er een duidelijk beeld ontstond van de mogelijke risicogebieden bij de asfaltverwerking. De hoofdvraag die bij dit onderzoek beantwoord moet worden, luidt als volgt:

"Hoe kan GIS gebruikt worden voor het identificeren van risico's binnen een asfalteringsproces?"

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er een aantal deelvragen opgesteld. De antwoorden van de deelvragen zijn hieronder terug te vinden.

1. Hoe kan de data van de HR-beelden en de PQi-metingen worden teruggebracht tot relevante data?

Vanuit APSARi is er data beschikbaar van de linescanner en de GPS. Bij de linescanner is er elke seconde een temperatuurmeting gedaan over de breedte van de weg die is verdeeld over 20 zones. Voor zowel de asfalteermachine als de walsen zijn er voor elke seconden coördinaten beschikbaar waar ze zich bevinden op de weg. Aan de hand hiervan kan de TCP en CCP gecreëerd worden. Het is echter niet mogelijk de databestanden te verkleinen. Dit komt doordat er geen standaardwaarden bestaan voor de verwerkingstemperatuur en het aantal walsovergangen. De gehele bestanden zullen dus in ArcGIS gebruikt moeten worden.

De inspectiebeelden kunnen wel tot alleen de relevante data worden teruggebracht. In de HORUS Movie Player is het mogelijk om heel specifiek de schade of andere opmerkelijkheden in te tekenen. Deze aantekeningen kunnen worden opgeslagen in een shapefile. In de Movie Player is het mogelijk zelf te bepalen welke informatie met de aantekeningen wordt meegegeven.

2. Hoe kan de data worden samengebracht tot één praktisch systeem binnen ArcGIS?

Voordat de data van de PQi-metingen gebruikt kunnen worden zijn deze verwerkt met behulp van Microsoft Access. Hiermee zijn de gegevens van de linescanner en GPS van de asfalteermachine aan elkaar gekoppeld. Vervolgens is zowel de gekoppelde data als de data van de walsen in een database gezet. De tabellen in deze databases kunnen in ArcGIS wordt geïmporteerd. De tabellen kunnen worden omgezet in rasters met behulp van het model in Figuur 5-1. Hierdoor ontstaat of een TCP of een CCP. De shapefiles van de inspectiebeelden kunnen hier simpelweg overheen gelegd worden. Indien er wel grenswaarden beschikbaar waren geweest, hadden die in ArcGIS kunnen worden geïmplementeerd bij het classificeren van de data. Alle gegevens die binnen de grenswaarden vallen zouden dan niet weergegeven zijn.

3. Welke verbanden zijn er tussen de temperatuur- en verdichtingcontourplots en de HRbeelden?

Op basis van de theorie zouden koude plekken meer walsovergangen moeten krijgen. Deze relatie is echter niet consequent terug te zien in de TCP's en de CCP's. Daarnaast ontbreken er ook inspectiebeelden waar daadwerkelijk schade op te zien is. Het is daardoor op dit moment nog niet mogelijk verbanden te leggen tussen de temperatuur en het aantal walsovergangen en de schade aan het wegdek.

Aan de hand van de verschillende deelvragen kan gezegd worden dat ArcGIS een goed hulpmiddel is voor het in kaart brengen van de mogelijke risicogebieden van een asfalteringsproces. Door gebruik te maken van de gegeorefereerde data van de PQi-metingen van ASPARi kan er een duidelijk beeld worden gemaakt van de temperatuur en van het aantal walsovergangen tijdens de asfaltverwerking. Deze kunnen eenvoudig gecombineerd worden met de aantekeningen van de inspectiebeelden en kunnen met elkaar worden vergeleken door deze over elkaar heen te leggen. Indien er grenswaarden beschikbaar zijn, is het mogelijk deze in te voeren in ArcGIS. De weergave wordt hierdoor gefilterd op alleen de gebieden die van belang zijn.

Het is belangrijk op te merken dat de data simpel te importeren is aan de hand van een model zodra deze op de juiste manier is verwerkt. Tijdens dit onderzoek is er veel tijd gaan zitten in het aanpassen van de databestanden om ze bruikbaar te maken. Uiteindelijk kon de data gebruikt worden. Echter is de gewenste kwaliteit nog niet aanwezig.

Op dit moment kan er nog niet gezegd worden of er daadwerkelijk risico's te identificeren zijn met deze methode. Hiervoor is het namelijk nodig verbanden te leggen tussen de temperatuur, de walsovergangen en de schade. De laatste component ontbreekt op dit moment nog. Er zijn nog geen inspectiebeelden beschikbaar van de wegen die bij dit onderzoek gebruikt zijn waarop schade te zien is.

In het hoofdstuk 'Aanbevelingen' zal verder worden ingegaan op opmerkelijkheden die tijdens het onderzoek naar voren zijn gekomen en hoe hier in de toekomst mee omgegaan kan worden.

8 Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen van het onderzoek zullen er een aantal aanbevelingen gedaan worden. Deze zullen bestaan uit aandachtspunten indien deze methode in de toekomst vaker gebruikt gaat worden en uit aanbevelingen voor verder onderzoek.

Coördinatensysteem

Bij het verwerken van de data kwam naar voren dat er verschillende coördinatensystemen gebruikt worden bij de GPS en de linescanners. Er werd gebruik gemaakt van het RD-systeem, WGS-systeem en bij sommige projecten van een lokaal coördinatensysteem. Dit zorgde ervoor dat de data niet op dezelfde manier ingevoerd kon worden. Voor het verwerken van de data is het nodig dat overal hetzelfde coördinatensysteem gebruikt wordt. Dit versnelt het proces doordat altijd hetzelfde model gebruikt kan worden. Ook kunnen er geen fouten gemaakt worden bij het converteren van de coördinaten. Dit zal binnen ASPARi gedaan moeten worden aangezien zij de PQi-metingen uitvoeren en de apparaten waarmee dit gedaan wordt bij hun vandaan komen.

Tijdstempel

Op dit moment is de data van de linescanner en van de GPS van de asfalteermachine aan elkaar gekoppeld aan de hand van de tijdstempel. Door het verschil in de notatie hiervan gaat de koppeling niet efficiënt. De tijdstempels van alle apparaten zullen dus hetzelfde ingesteld moeten worden om de koppeling van de data sneller te laten verlopen. Dit zal, om dezelfde reden als bij het coördinatensysteem, bij ASPARi gedaan moeten worden.

Aantekeningen inspectiebeelden

In de HORUS Movie Player is het mogelijk om de gegevens die met de aantekeningen worden meegegeven naar eigen inzicht te bepalen. Binnen Boskalis is het nodig om te kijken welke gegevens dit precies moeten zijn. Met een standaard schadeformulier dat hiermee wordt opgesteld is er bij elke inspectie dezelfde informatie beschikbaar. Hiermee is de kans dat er informatie wordt vergeten zeer klein.

Vervolgonderzoek - Dataverwerking

Voordat deze methode vaker gebruikt gaat worden, moet er gekeken worden naar de manier waarop de data verwerkt wordt voordat deze in ArcGIS geïmporteerd wordt. Op dit moment is er gebruik gemaakt van het koppelen van de data in Microsoft Access. Hier wordt het echter niet nauwkeurig genoeg van om bruikbaar te zijn voor daadwerkelijke analyses. Voor het project bij Holten is gebruik gemaakt van het Matlabscript van Alexandr Vasenev. Hierdoor wordt de data een stuk nauwkeuriger weergegeven. Echter is dit script een prototype dat niet geschikt is voor grote databestanden. Daarom is het niet bruikbaar voor andere projecten. Er moet dus gezocht worden naar een andere manier om de data te verwerken, waarbij een nauwkeurige weergave ontstaat. Dit zal binnen Boskalis gedaan moeten worden. Indien zij zelf het systeem om de data te verwerken ontwikkelen voldoet dit aan alle eisen die zij stellen. Daarnaast is er geen extern bedrijf nodig als er zich problemen voordoen.

Vervolgonderzoek - Grenswaarden

Voor een vervolgonderzoek kan gedacht worden aan het opstellen van grenswaarden voor veelgebruikte asfaltmengsels. Als er vooraf bekend is wat de gewenste verwerkingstemperatuur en het aantal walsovergangen is, kan dit helpen bij het verwerken van de data en het opzoeken van mogelijke risicogebieden. Deze waarden kunnen worden ingevoerd in ArcGIS om de weergave te specificeren tot alleen de gebieden die van belang zijn.

9 Bibliografie

ASPARi. (2015). ASPARi Paving the way forward. Opgehaald van ASPARi: http://aspari.nl/

- Ayello, F. (2015). Smart assessment model predicts pipeline risk. Materials Performance, 17-19.
- Bijleveld, F. R. (2010). Verdichtingstemperatuur en mechanische eigenschappen. Asfalt, 8-9.
- Bijleveld, F. R. (2010). Verdichtingstemperatuur en mechanische eigenschappen. Asfalt, 8-9.
- Bijleveld, F. R., Miller, S. R., de Bondt, A., & Dorée, A. G. (2012). Too hot to handle, too cold to control - Influence of compaction temperature on the mechanical properties of asphalt. Eurasphalt & Eurobitume congress.
- Bijleveld, F. R., van Hinthem, P. E., Oosterveld, M., Dekkers, R. J., & Dorée, A. G. (2012). *Brede inpassing van de PQi-methode in de praktijk.* Enschede: ASPARi.
- Boskalis Nederland. (2015). Wegenbouw. Opgehaald van Boskalis Nederland: http://nederland.boskalis.com/activiteiten/infrastructuur/wegenbouw.html
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2015, 8 5). *Lengte van wegen; kenmenmerken; regio*. Opgehaald van cbs statline: http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=70806ned&D1=0-1,8,14&D2=0,5-16&D3=a&HD=090330-1643&HDR=G2&STB=G1,T
- esri. (2015). ArcGIS for Desktop. Opgehaald van esri: http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisfor-desktop/features
- Miller, S. (2010). Hot Mix Asphalt Construction Towards a more Professional Approach. Enschede.
- Miller, S. R., Dorée, A. G., & Oosterveld, M. (2009). Proefproject Aziëhavenweg. Asfalt.
- Royal Boskalis Westminster. (2015). *Feiten en Cijfers*. Opgehaald van Boskalis.com: http://www.boskalis.nl/pers/feiten-en-cijfers.html
- Sluer, B. W., Aalbers, D. W., & Vasenev, A. (2014). *Risico's van afwijkingen in asfaltproces te kwantificeren?* Enschede: ASPARi.
- Tariq, M. A. (2013). Risk-based flood zoning employing expected annual damages: the Chenab River case study. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1957-1966.
- ToornendPartners. (2015). *Risico analyse*. Opgehaald van Risico analyse: http://www.risicoanalyse.nl/waarom/
- Vasenev, A. N. (2015). Visualizing Asphalt Roller Trajectories in Context Acquiring, Processing and Representing Sensor Readings.

Bijlage 1: Flowchart

Indien er in de toekomst met deze methode gewerkt gaat worden, is het belangrijk om te weten welke stappen er zijn doorlopen om tot het uiteindelijke resultaat te komen. In deze bijlage worden alle stappen beschreven die in dit onderzoek zijn doorlopen.

 De data van de PQi-metingen wordt aangeleverd in csv- en xls-bestanden. Deze bestanden moeten eerst worden aangepast voordat ze gebruikt kunnen worden. Uit de xls-bestanden, die de linescannerdata bevatten, moeten alle lege kolomen verwijderd worden. Bij de csvbestanden, met de GPS-data moet de tijdstempel ingekort worden.

	H1	-	(<i>f</i> _∞ =ALS	(RECHTS(A	1;4)=".000'	;LINKS(A1	;LENGTE(A	1)-4);"X")				
4	А	В	С	D	E	F	G	Н	1	J	К	L	М
1	C1-0,1035	60.419,5002	284.618,1.	830,,2010-0	4-15 05:01	52.000		C1-0,1035	0.419,500	284.618,1.8	830,,2010-0	04-15 05:01	:52
2	C1-1,1035	60.541,5002	284.583,1.	829,,2010-0	4-15 05:01	53.000		C1-1,1035	50.541,500	284.583,1.8	829,,2010-0	04-15 05:01	:53
3	C1-2,1035	60.674,5002	284.549,1.	824,,2010-0	4-15 05:01	54.000		C1-2,10356	50.674,500	284.549,1.8	824,,2010-0	04-15 05:01	:54
4	C1-3,1035	60.777,5002	284.520,1.	807,,2010-0	4-15 05:01	55.000		C1-3,10356	50.777,500	284.520,1.8	807,,2010-0	04-15 05:01	:55
5	C1-4,1035	60.891,5002	284.496,1.	802,,2010-0	4-15 05:01	56.000		C1-4,10356	50.891,500	284.496,1.8	802,,2010-0	04-15 05:01	:56
6	C1-5,1035	61.091,5002	284.475,1.	750,,2010-0	4-15 05:01	57.000		C1-5,10356	51.091,500	284.475,1.3	750,,2010-0	04-15 05:01	:57
7	C1-6,1035	61.192,5002	284.447,1.	755,,2010-0	4-15 05:01	58.000		C1-6,10356	51.192,500	284.447,1.7	755,,2010-0	04-15 05:01	:58
8	C1-7,1035	61.355,5002	284.439,1.	726,,2010-0	4-15 05:01	59.000		C1-7,10356	51.355,500	284.439,1.7	726,,2010-0	04-15 05:01	:59
9	C1-8,1035	61.516,5002	284.434,1.	717,,2010-0	4-15 05:02	00.000		C1-8,10356	51.516,500	284.434,1.7	717,,2010-0	04-15 05:02	:00
10	C1-9,1035	61.645,5002	284.406,1.	725,,2010-0	4-15 05:02	:01.000		C1-9,10356	51.645,500	284.406,1.7	725,,2010-0	04-15 05:02	:01
11	C1-10,103	561.778,500	0284.377,1	.725,,2010-	04-15 05:0	2:02.000		C1-10,103	561.778,50	0284.377,1	.725,,2010	-04-15 05:0	2:02
12	C1-11,103	561.905,500	0284.340,1	.728,,2010-	04-15 05:0	2:03.000		C1-11,103	561.905,50	0284.340,1	.728,,2010	-04-15 05:0	2:03
13	C1-12,103	562.061,500	0284.302,1	.729,,2010-	04-15 05:0	2:04.000		C1-12,103	562.061,50	0284.302,1	.729,,2010	-04-15 05:0	2:04
14	C1-13,103	562.205,500	0284.274,1	.730,,2010-	04-15 05:0	2:05.000		C1-13,103	562.205,50	0284.274,1	.730,,2010	-04-15 05:0	2:05

2. Vervolgens moeten de linescanner- en GPS-data aan elkaar gekoppeld worden. In dit onderzoek is dat gedaan in Microsoft Access. Dit is gedaan door een tabel query op te stellen.



De databestanden komen er dan als volgt uit te zien.

	N201Gekoppeld			
	Xcoordinaat 👻	Ycoordinaat 👻	Temperatul 👻	
	N52°17'05.23903	E4°42'57.77830	131,6	
	N52°17'05.23611	E4°42'57.78342	131,9	
	N52°17'05.23357	E4°42'57.78846	132	
	N52°17'05.23076	E4°42'57.79365	132	
	N52°17'05.22804	E4°42'57.79872	132	
	N52°17'05.22537	E4°42'57.80373	131,8	
	N52°17'05.22252	E4°42'57.80891	131,5	

De tabellen die op deze manier worden gemaakt moeten worden opgeslagen als .mdbbestanden. Stap 3 en 4 kunnen worden uitgevoerd aan de hand van het model dat in hoofdstuk 5 wordt weergegeven. Voor de duidelijkheid worden hier ook de tussengelegen resultaten weergegeven. Alle tools die worden beschreven kunnen gemakkelijk worden gevonden met de zoekfunctie of in de ArcToolbox.

 De gecreëerde tabellen kunnen vanuit de database in ArcGIS geïmporteerd worden. Deze tabellen kunnen afhankelijk van de coördinatennotatie worden omgezet naar een pointfile. Indien de notatie van de coördinaten bestaat uit decimale getallen kan de Make XY event Layer tool gebruikt worden.

	TV105KH2	XY Event Layer			×
Y Table				Spatial Reference	2
BeverwijkTemperatuur			2 8	(optional)	
Field					
Xcoordinaat			¥	The spatial reference of the	
Red				coordinates in the X and Y	
Ycoordinast.			4	Fields defined above. This	
(Field (optional)			10.000	laver's snatial reference	
			~	age of aparameters	
ayer Name or Table View BeverwijkTenperatuur_Layer					
patal Reference (optional)			C		
GCS RD/83			Carl .		
			(the)		
			5		
	OK Canori	Apply	<< Hide Help	Tool Help	

Wanneer de coördinaten niet op een numerieke wijze zijn weergegeven, zoals bij de coördinaten van de N201 hierboven, kan de Convert Coordinate Notation gebruikt worden.

nput Table	
C:\Users\\ubeek\Documents\All_Testcases\1058xxx\1058683\N201data.mdb\N201Gekoppeld	8
nput Coordinate System (optional)	
GC5_WG5_1984	1
Jutput Feature Class	_
C:\Users\Jubeek\Documents\All_Testcases\1058xxx\1058453\uitvoer\New File Geodatabase.gdb\converted	10
Jutput Coordinate System (optional)	See 1
RD_New	-
nput Coordinate Format	
DM5_2	
(Field (Longitude)	
Ycoordinaat	*
Field (Latitude)	
Xcoordinaat	
Autput Coordinate Format	
DD_NUMERIC	*

Met behulp van deze tools ontstaat er een layer die bestaat uit punten met voor elk punt een andere waarde.



4. Deze punten geven nog geen duidelijk beeld van de temperatuur of het aantal walsovergangen op een bepaald punt. Daarnaast kost het laden van alle punten redelijk wat tijd. Daarom is het nodig om de punten naar een raster te converteren. Dit gebeurt met de Point to Raster tool.

Input Features		A	Value field	
BeverwijkTemperatuur_Layer				
Value field		and the second	The field used to assign	
Temperatuur		v	values to the output raster.	
Output Raster Dataset			It can be any field of the	
C: Weers Istartidaar Documents WroGIS	Default.gdb\PointToRaster1	2	input feature dataset's	
Cell assignment type (optional)			attribute table.	
MEAN		¥		
Priority field (optional)			If the Shape field of a point	
NONE			contains z or m values	
Cellsze (optional)			then either of these can be	
0,5		- E	used.	

Elke cel van het raster neemt een waarde is die gebaseerd is op de punten die binnen de grenzen van deze cel vallen.



5. Bij het classificeren van, in dit geval, de temperatuurdata kunnen de intervallen worden bepaald waarin de data wordt weergegeven. Hierbij is het ook mogelijk om waarden op te geven welke niet worden weergeven. Dit kan gebruikt worden voor het instellen van grenswaarden.





Bovenstaande stappen zijn allemaal nodig om de data van de PQi-metingen in ArcGIS te verwerken. De volgende stappen zijn nodig om de inspectiebeelden te verwerken.

6. In de HORUS Movie Player kan met behulp van de Layer Manager Module een nieuwe laag worden toegevoegd.

File Map No back	dodules ground +	Options	Help		* Vide		66 68 1		P	8	6		e Spiter	ical
			1	/	1 PS	1		9 A						
		N	Type: None:	Design ar	New Invite	/ layer			/.					10
	<	ļ	Path: Schema:	Norei			Edit schersa.							
		-	_			CW.	Cancel	Pitch, Yawj:	-0.17, -2.66, 311.1	9		Dube 11	-6-2015,	Time
Edit L	elet 1986	1							3	Visible	Valde Rang	e Odire	RI	Op
- 19	ellaith	/								V	50 L			-
1 si	oletranyo	ath									50	-	-	-
le si	notern										an R			
Ľ														

Deze laag kan worden gebruikt voor het maken van aantekeningen op de videobeelden. Hierbij kan zelf bepaald worden welke informatie wordt meegegeven met de annotaties.

ă.		Schema editor				
Enun String	Schede Soot		111111	2	Overig AutoComplete	False
🕼 Attachments 🗾 Ioon Snapahot 🥥 Hyperink	Emstigheid				AutoFill CancelUpdate Category DefaultValue DefaultValue	False False
CheckBox / Length measureme	Snapshot	a l	create		DisplayName Hidden	Schade Soort False
Area measurement Height measurement Int Toot	Dete			2	ReadOnly	False
¢ 3					AutoComplete Specifies whether o suggestions when fi	r not the user will see ling in this field. The su
					OK	Cancel

7. Vervolgens kan er met de Layer Edit Module schade of andere opmerkelijkheden worden aangegeven. Deze aantekeningen kunnen vervolgens worden geëxporteerd naar een shapefile.

format DHP Reconse Projection (ED Danit marcine Absenue) Absenuel	
\sim	
Are Messe	0P3 (Lat. Len, AN: 52,28598), 4,714011, 42,52; (Ruil, Planh, Yawi: -0,01, -1,01, 101,23) Date: 11-6-2013, Tene: 1013,21 Pro
Layo Manager Elle Layor	GPS (Lat, Len, AR) 52.20168, 4 (14611, 42.02, (Rud, Pitch, Yaw): -0.03, -1.01, 101.22 Date 11-6-2015, Tone: 10.12.21 Pro Valle: Valle: Farge: Outrie: F8 Density Determine
Layor Manager Etti Layor Itteritudi	0P5 (Lat, Len, Ab) 52.20168, 4 (1441), 41.01 (Rud, Pitch, Yan): -0.01, -1.01, 101.02 Date 11-6-2015, Tone: 10.10.21 Pro- Valle: Valle: Valle: Range: Outrie: R Openty Description (R N D)
Lym Menager Edit Lym I territydfi umpicturstydfi	6P5 (Let, Len, All) 52.255983.4 (14611.4.2.6) (Red, Paul, Yan): -0.01, -1.01, 101.33 Date: 11-6.2013, Ture: 10.13.21 (Pro- Mode: Made Parge Outline Re- Ver B 0 0000 Re- Ve

8. Deze shapefiles kunnen in ArcGIS geopend worden en samen met de TCP en CCP worden weergegeven.

