

Op weg naar verdere professionalisering Monitoring A35

Sergei Miller, Henny ter Huerne en André Dorée; Universiteit Twente
Berwich Sluer; BAM Wegen B.V.

Veranderingen in de marktomstandigheden dwingen wegenbouwers tot een verdere professionalisering van hun bedrijfsproces: het verwerken en verdichten van asfalt. Teneinde zich staande te houden in de concurrentie zoeken de aannemers naar middelen de eigen aanpak en organisatie te verbeteren. Mogelijkheden worden gezocht in een betere beheersing van:

- het primaire proces;
- inzet van mensen en middelen;
- de kwaliteit van het gerealiseerde product.

Een betere beheersing van het primaire proces draagt indirect bij aan de betere kwaliteit van het product en helpt dus bij het kunnen voldoen aan de langere garantieperioden momenteel gesteld door de opdrachtgever. Meer dan ooit wordt beseft dat indien zij proces en product willen verbeteren daarin de ploegen moeten worden betrokken. Hoe dient deze verdere professionalisering vorm gegeven te worden uitgaande van bestaand vakmanschap en ervaring?

BAM Wegen en de Universiteit Twente ontwikkelden een aanpak om de belangrijkste procesparameters te monitoren tijdens aanleg. In dit geval het DWW Schoner Stiller Homogener proefvak op de A35 nabij Hengelo (Ov), vervanging van de deklaag over 450 m.

Het innovatie project Schoner Stiller Homogener

In het proefvak is de bestaande ZOAB asfaltdeklaag verwijderd en vervangen door tweelaags ZOAB. Met oog op continuïteit en homogeniteit werd gekozen voor inzet van een Twee Laags Asfalt-spreidmachine (de TAS) en een shuttle buggy.

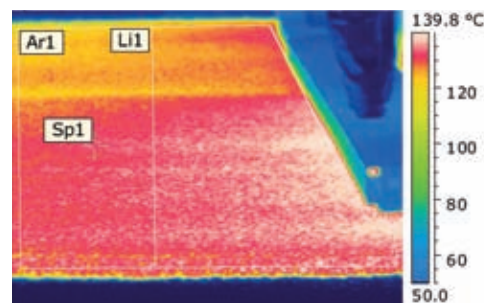
Het 12 meter brede wegvak werd verdeeld in drie stroken respectievelijk vijf, vier en drie meter breed, beginnend vanaf de middenberm. De uitvoering van het werk werd verdeeld over twee nachten in het eind van april 2007. Met oog op registratie en procesverbetering zijn gedurende de uitvoering data verzameld over temperaturen (met infrarood camera's) en over de bewegingen van materieel (met GPS apparatuur).

Asfalttemperaturen

Temperatuurverschillen van het asfalt, tijdens verwerking en verdichting, leiden al snel tot verschillen in dichtheid van het materiaal, en daardoor tot verschillen in levensduur van de gerealiseerde weg. De temperatuur van de aangevoerde asfalt mix is onder meer afhankelijk van de volgende factoren: initiële temperatuur bij mengen in de centrale, transport(tijd), tijd in de hopper, de omgevingstemperatuur inclusief windsnelheid. Indien het asfalt niet opnieuw wordt gemengd als tussenstap tussen transport en spreiden (bijvoorbeeld door een shuttle buggy) dan zullen temperatuurverschillen zich manifesteren in de vers gespreide laag asfalt. Aannemende dat materiaalgedrag - tijdens het walsen - sterk temperatuursafhankelijk is, zullen er dus verschillen in eindverdichting ontstaan. De situatie is hier nog extra complex omdat de TAS twee mengsels - elk met eigen aanvoer - in één keer aanbrengt.

Tijdens aanleg van het proefvak op de A35 zijn twee infrarood camera's (Flir Infracam) ingezet om de temperaturen en temperatuurverschillen in kaart te brengen. In twee nachten zijn ongeveer 400 infrarood foto's genomen op vooraf gemarkeerde posities (10 meter hart op

hart langs de strook uitgezet). Figuur 1 toont ter illustratie een infrarood opname. Rechts op de afbeelding is de balk van de TAS machine herkenbaar. Op de afbeelding zijn ook de "meetwijzen" zichtbaar. De software kan een spottemperatuur vaststellen, een lijn grafiek tonen en de gemiddelde temperatuur in een oppervlak uitrekenen.



Figuur 1: Typische infrarood opname direct na het spreiden van de laag. Rechts is de balk (blauw) zichtbaar.

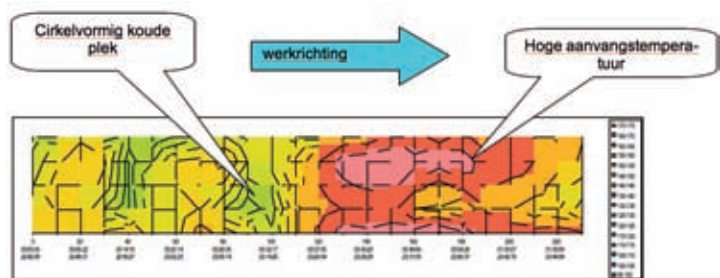
Aan de hand van de foto's zijn de analyses uitgevoerd. De nadruk heeft gelegen op ontwikkelen van een tweetal typen grafieken. Het eerste type grafiek is de temperatuur contour kaart, de TCK. Deze TCK is een afbeelding van een strook en toont het overzicht van de temperatuur van het asfalt zoals het direct onder de balk vandaan kwam.

Analyse van de gegevens van strook 1 woensdag (zie figuur 2) maakt duidelijk dat de oppervlakte temperatuur van de eerste helft beduidend lager was dan de oppervlakte temperatuur van de tweede helft van de strook. De verschillen in temperatuur liepen op tot ongeveer 35 °C. In figuur 3 is aan het begin van de strook (positie 0-10 m) een duidelijk parallelle structuur van temperatuurverschillen te zien dwars op de strookrichting. Dit duidt op een hoge temperatuurgradiënt in lengterichting van de

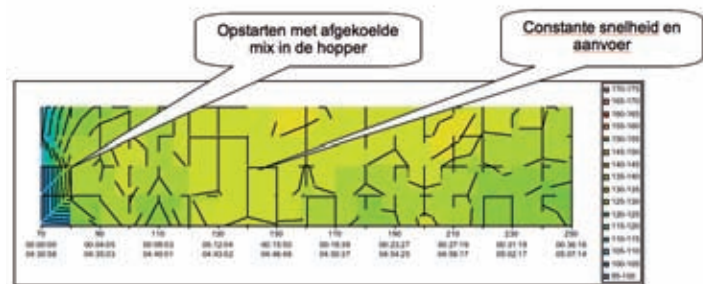
asfaltverwerking

strook. Een vergelijkbaar patroon is tevens te vinden aan het einde van strook 3 (positie 230-235 m). De patronen zouden kunnen duiden op een sterke temperatuur toename van het materiaal door een trage opstart van de TAS machine of een niet goed uitgekende uitloop van deze machine aan het einde van het vak.

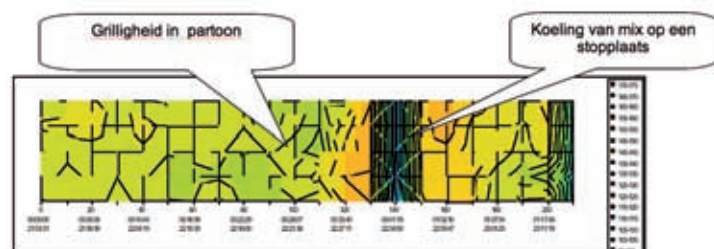
De infra rood (IR) beelden zijn ook gebruikt om afkoelingscurves te maken. Naast de IR-foto's voor oppervlakte temperatuur zijn verschillende "in-asfalt" temperatuurmetingen verricht. Daartoe is een voeler vanaf de zijkant halfhoog in de verse asfaltlaag gestoken. De in-asfalt temperatuurmetingen zijn vergeleken met IR-metingen aan het opper-



Figuur 2: Temperatuurcontourenkaart, woensdag strook 1



Figuur 3: Temperatuurcontourenkaart, woensdag strook 2



Figuur 4: Temperatuurcontourenkaart, donderdag strook 1

| Intervallen oppervlakte temperatuur | | 0-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | 20-25 | 25-30 | > 30 | Totaal |
|-------------------------------------|----------|-----|------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| Woensdag | Strook 1 | 0 | 6 | 6 | 11 | 1 | 0 | 0 | 24 |
| | Strook 2 | 2 | 9 | 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 19 |
| | Strook 3 | 0 | 1 | 11 | 5 | 1 | 0 | 0 | 18 |
| Donderdag | Strook 1 | 2 | 17 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 22 |
| | Strook 2 | 0 | 9 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 22 |
| Totaal | | 4 | 42 | 35 | 19 | 4 | 0 | 1 | 105 |

Tabel 1: Temperatuurverschillen gemeten in dwarsrichting van de diverse stroken.

Analyse

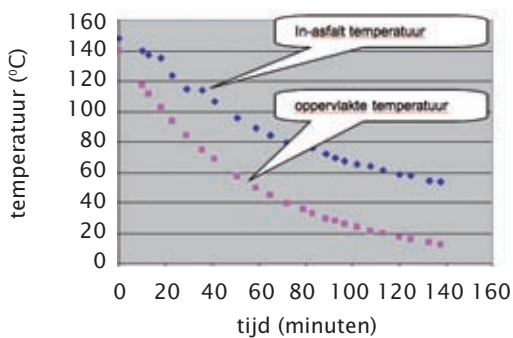
De TCK's (Temperatuur Controle Kaarten) geven een indruk van de temperatuurhomogeniteit van het werk en zijn aanleiding tot analyse van het proces. In algemene zin kan worden verwacht dat de TCK grilliger wordt naarmate de variëteit in het proces groter is. Een TCK met gelijkmatige brede contouren kan worden geïnterpreteerd als een meer gelijkmatig en beheerst proces van aanvoer en verwerking.

Het min of meer constante contouren patroon tussen de posities 110 en 190 m van strook 2 (figuur 3) lijken te wijzen op een relatief constante snelheid van de asfaltspreidmachine en een constante aanvoer van asfalt vanuit de hopper over de diverse ladders en spreidvormen naar de balk.

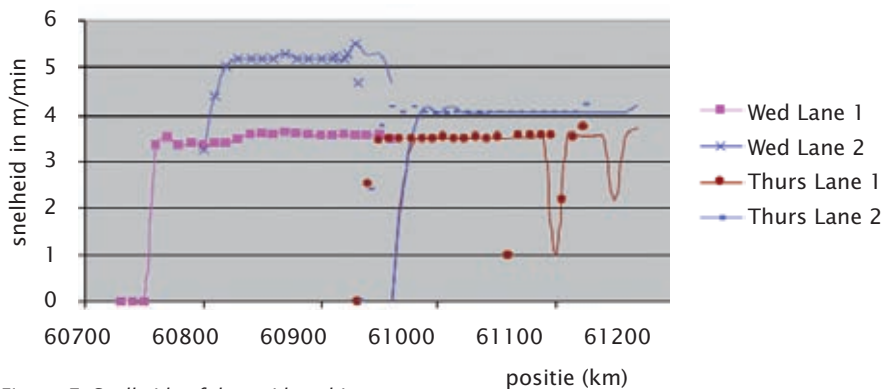
In figuur 4 duidt het patroon van parallelle lijnen bij positie 140 meter dwars op de rijrichting van het wegvak op een sterke temperatuurgradiënt in lengte richting van het vak. Eerst koelt het mengsel af van circa 150 °C naar 100 °C over een lengte van ongeveer 10 meter, en vervolgens warmt het in vergelijkbaar tempo weer op tot de oorspronkelijke waarde van circa 150 °C. Uit de snelheidsmetingen van het materieel blijkt het verschijnsel duidelijk samen te hangen met het vertragen en weer versnellen van de TAS machine.

In tabel 1 wordt de temperatuurhomogeniteit binnen het vak op een andere manier uitgedrukt. Per vak is cijfermatig weergegeven hoe vaak in dwarsrichting temperatuursverschillen optraden van 0-5 °C, 5-10 °C enz. Zo valt in de tabel te zien dat strook 1 woensdag het minst homogeen was (11 maal een verschil van 15-20 °C). Strook 1 donderdag daarentegen is veel homogener (17 maal een verschil van 5-10 °C).

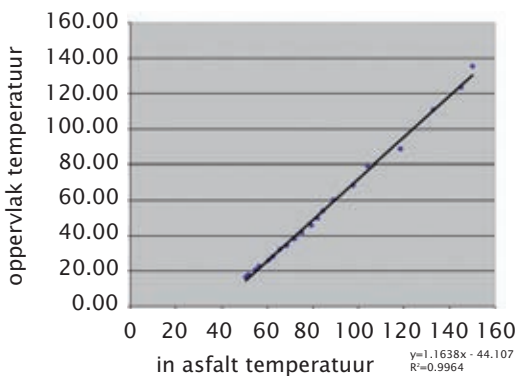
Monitoring A35



Figuur 5: Karakteristieke afkoelingscurven in-asfalt en aan de oppervlakte.



Figuur 7: Snelheid asfaltspreidmachine.



Figuur 6: De correlatie tussen de in-asfalt temperatuur en al oppervlaketemperatuur.

vlak. Figuur 5 toont de in-asfalt temperatuurcurve en de oppervlak temperatuurcurve op positie 115 meter (kilometer 60.845 voor één van de aangelegde stroken). De opzet was te onderzoeken welke samenhang er was/is tussen de temperaturen aan het oppervlak en de temperatuur in de asfaltlaag. Bij een goede samenhang kan geconcludeerd worden dat een IR-oppervlakte temperatuurmeting een goede indicator is voor de temperatuur in de asfaltlaag. Uitgevoerde waarnemingen en vergelijkingen van zowel in-asfalt als oppervlak temperatuurmetingen voor vijf wegvakken lieten sterke correlatie zien.

Monitoring bewegingen materieel

De met GPS gemeten snelheden van de tweelaags asfaltspreidmachine (TAS) zijn weergegeven in figuur 7. Zichtbaar zijn de verschillen tussen de stroken en de relatief hoge snelheid in de tweede strook in de eerste nacht. De snelheid is toen opgevoerd om de weg om 7:00 uur vrij kunnen geven voor verkeer. Ook goed zichtbaar zijn stop-start plaatsen in de tweede nacht.

De GPS gegevens zijn gebruikt om animaties van het verwerkingsproces te maken. Daartoe zijn de data ingebracht in speciale software die ook wordt gebruikt voor games. De animaties tonen de bewegingen van de walsen en de TAS met een hoge nauwkeurigheid. Door de walsen een "spoor te laten leggen" (zoals een slak een slijmspoor maakt) is zichtbaar waar de walsen zijn geweest. Deze animaties zijn ter analyse en lering getoond aan de ploeg die het werk heeft uitgevoerd.

Verdichtingsproces in beeld

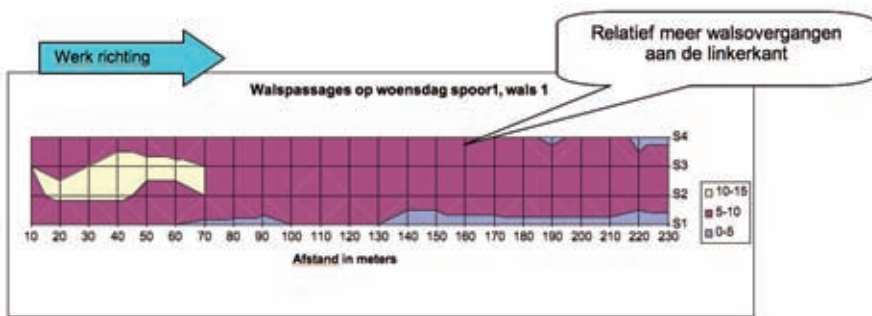
Het verdichtingsproces is nader in kaart gebracht door "VerdichtingsContourKaarten" (VCK). De VCK beeldt het wegvak af en laat in kleurcontouren het aantal walsovergangen zien.

De belangrijkste bevindingen over de verdichting van strook 1 op woensdag zijn:

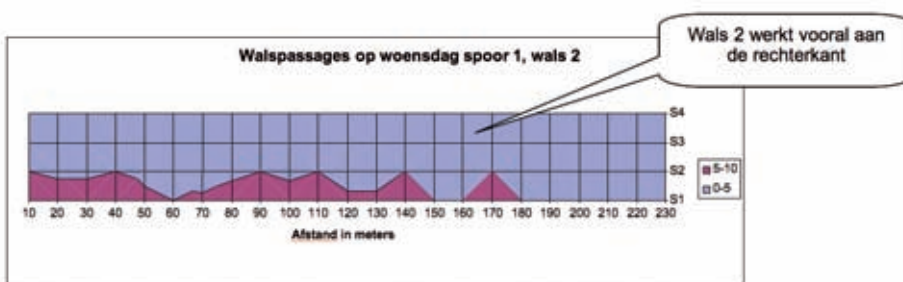
- Wals 1 heeft de meeste walspassages uitgevoerd, op het grootste deel van het vak zijn 5-10 walspassages uitgevoerd (figuur 9). Wals 2 heeft aanzienlijk minder walspassages uitgevoerd, op het grootste deel van het vak zijn door wals 2 minder dan vijf walspassages genoteerd.
- De walsmachinisten blijken complementair te hebben gewerkt (de strook te hebben 'verdeeld'). Toch is er enige inconsistentie omdat blijkt dat in het midden van de strook de meeste walspassages zijn uitgevoerd (figuur 11). Op grote delen van de randen van de strook zijn minder walspassages uitge-



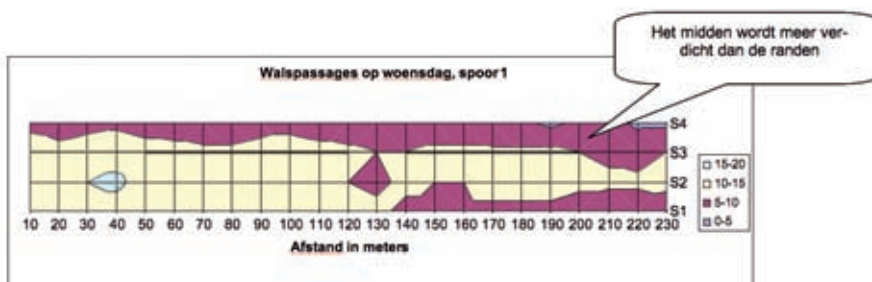
Figuur 8: Simulatie van het uitvoeringsproces (wals, asfaltspreader, shuttle buggy en truck)



Figuur 9: Verdichtingsresultaat (aantal walsovergangen) strook 1 - wals 1

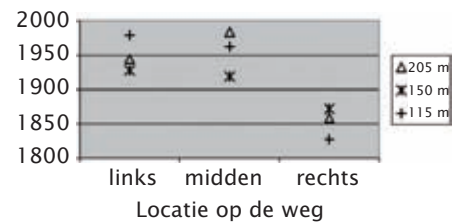


Figuur 10: Verdichtingsresultaat (aantal walsovergangen) strook 1 - wals 2



Figuur 11: Totale verdichtingsresultaat (aantal walsovergangen) strook 1

Woensdag spoor 1 - Dichtheid



Figuur 12: Dichtheid boorkernen woensdag strook 1

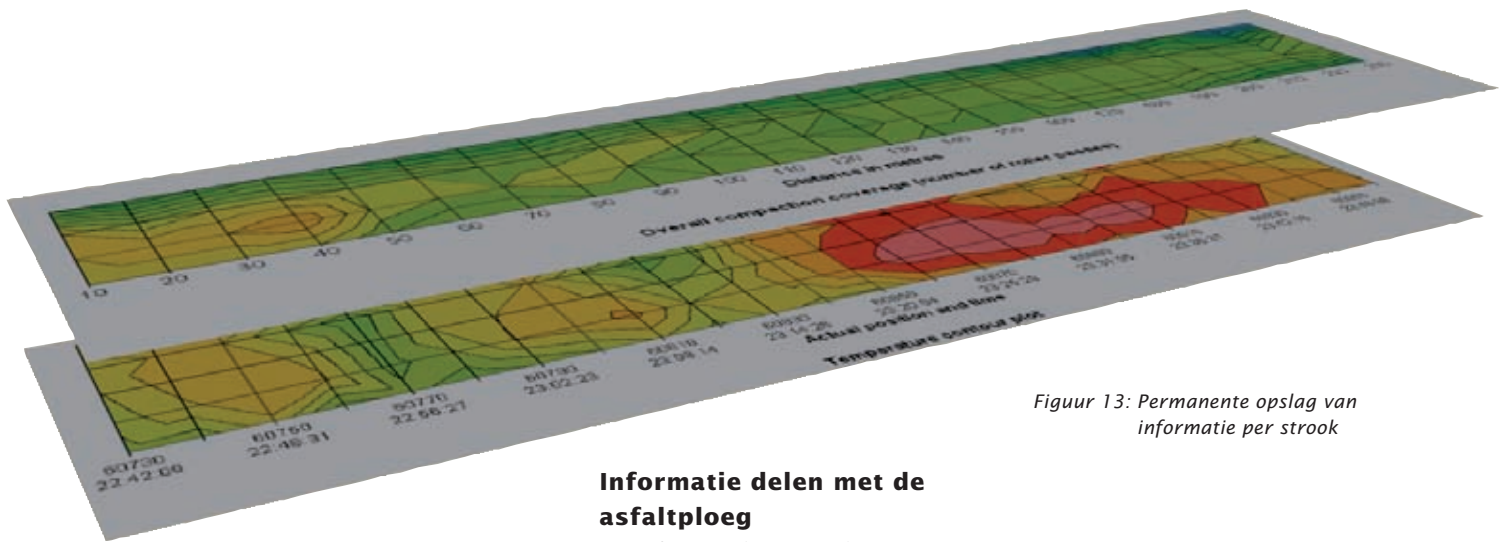
voerd. Figuur 12 toont de verdichtingswaarden gemeten aan geboorde kernen, de metingen bevestigen dit beeld.

- Een opmerkelijke bevinding bij de vergelijking van smalle (3 meter) en brede stroken (5 meter) bleek dat beide stroken ongeveer even vaak met de wals gewalst waren. Hierdoor wordt het aantal walsovergangen per punt op de smalle strook aanzienlijk hoger. Blijkbaar denken de walsmachinisten vooral in lengtes.

Ondanks de beperkte omvang van het project kunnen de volgende lessen/conclusies worden getrokken:

- Het systematisch thermografisch monitoren geeft inzicht in de variabiliteit van de asfalt temperatuur en het afkoelingsproces tijdens verwerking en verdichting.
- De oppervlakte temperatuur blijkt een betrouwbare indicator van de werkelijke asfalt temperatuur binnenin de laag.

Monitoring A35



Figuur 13: Permanente opslag van informatie per strook

- Het GPS-monitoren is zeer geschikt om het proces en de handelingen van de machinisten te registreren en naderhand te analyseren voor kwaliteit- en procesverbetering.
- De uitgevoerde animaties geven waardevolle informatie over de spreiding in het totale aantal walspassages gerelateerd aan een specifieke positie van een geasfalteerde strook. Data kan worden gerelateerd aan op andere wijze verkregen informatie over de gerealiseerde dichtheid van het wegvak (nucleair of kernen).
- De animaties bieden waardevolle informatie voor machinisten en teams. Ze kunnen daarmee de eigen werkwijze verbeteren (als persoon en als team). Animaties zijn in staat in belangrijke mate hulp te bieden tijdens het bespreken van operationele strategieën, samenwerking en onderlinge afstemming. De registraties van bewegingen en temperatuur vormen een neutraal en visueel middel om het gesprek te voeren met zowel middelenmanagement als de asfaltploeg.

Informatie delen met de asfaltploeg

Het proefproject laat zien dat een "meer datarijke benadering" de weg opent tot nieuwe inzichten en nieuwe mogelijkheden. Door de oogst van de nieuwe technologieën direct te delen met de asfaltploeg worden de adoptie en de toepassing verbeterd. In die vorm versterken technologieontwikkeling, leren en procesverbetering elkaar.

Onderhoudsstrategie

Nauwkeurige registratie van het uitvoeringsproces levert indicatie van potentieel meer kwetsbare plekken. Temperatuur Contour Kaarten (TCK's) en Verdichtings Contour Kaarten (VCK's) kunnen voor langere perioden worden opgeslagen in GIS (geografisch informatie systeem) zodat de toegankelijkheid van de gegevens ook in de toekomst is gewaarborgd. Eventuele toekomstige schades kunnen met terugwerkende kracht worden vergeleken met de uitvoeringsgegevens om na te gaan of en zo ja die omstandigheden een rol kunnen spelen. Met die kennis kan meer pro-actief worden geïnspecteerd en kunnen onderhoudsstrategieën worden verbeterd.

De toekomst

Nieuwe contractvormen en een meer uitdagende business omgeving zetten aan tot innovatie. Aannemers zijn zich dit bewust en veranderen hun competitieve strategieën. Investeren in procesverbetering en technologieontwikkeling loont. Leren doen we vooral door patronen te herkennen, en de afwijkingen op die patronen te analyseren. Het project heeft duidelijk gemaakt dat met nieuwe monitoring technologieën, belangrijke vooruitgang kan worden geboekt in zowel proces als product verbetering. De gegevens en visualisaties uit thermografie en GPS helpen in het ontdekken van de patronen en de afwijkingen. Dataverzameling, analyses en bespreken met betrokkenen maken zowel de mensen als de bedrijven meer "bewust bekwaam", en dragen daardoor bij aan de professionalisering van de asfaltwegbouw. Alle genoemde stappen dragen bij aan proces en kwaliteitsverbetering; zowel op het niveau van de technologen, de kwaliteitsdiensten en vooral niet te vergeten: **de mensen op de werkvloer.**