

## **CONCEPT - ASPARi in contracten**

*Door: Marco Oosterveld, Marjolein Galesloot (BAM Infra), Berwich Sluer (Boskalis Nederland)*

*Met bijdragen en commentaar van: Seirgei Miller (ASPARI, UTwente), Berry Bobbink (BB Infra Asphalt Advies), Frank Bijleveld (APA, APRR, APT), Ric Vergeer, Carla Vosmaer (Provincie Noord-Brabant), Wim Rolff of Roelofs (Gem Amsterdam), Robbert Rouwenhorst, Mathieu van den Hurk (Provincie Gelderland), Wouter Heijsser (Heijmans), Harco Kersten (Rijkswaterstaat)*

**Versie:** 0.9

**Datum:** 2023-03-08

**Status:** CONCEPT

### **Leeswijzer**

In dit document wordt een nadere toelichting gegeven op de manier waarop met het gedachtengoed van **ASPARI**, door middel van een **Process Quality Improvement-meting (PQi)** het uitvoeringsproces van asfalteringswerkzaamheden kan worden vastgelegd en verbeterd. Het document is opgesteld om een toelichting te geven op veel gebruikte begrippen en bevat aanbevelingen voor het opnemen van PQi-metingen in contracten.

Allereerst wordt in de algemene inleiding een overzicht gepresenteerd van recente ontwikkelingen en achtergronden. Vervolgens wordt in **DEEL 1 de praktische inzet van het instrument PQi** nader toegelicht en worden aanwijzingen gegeven hoe dit in contracten kan worden opgenomen.

Voor de geïnteresseerde opdrachtgevers, opdrachtnemers en aanverwante partijen wordt in **DEEL 2 een uitgebreider en verdiepend vergezicht** gepresenteerd waarmee een (toekomst-)beeld en -richting kan worden gevormd voor toekomstige doorontwikkeling van de PQi-methode in de kwaliteitsborging van de asfalt-aannemer.

## Inleiding

ASPARI ("Asfalt Sector Professionalisering, Research & Innovatie") is een netwerk van organisaties die met elkaar samenwerken ter versterking van de professionaliteit in de Asfaltwegenbouw. In 2006 hebben een aantal bedrijven uit de sector, *de Founders*, het besluit genomen hun krachten te bundelen en in ASPARI samen te werken aan onderzoek met als doel om de kwaliteit van de gerealiseerde asfaltverhardingen te vergroten door de uitvoeringsprocessen te verbeteren. ASPARI is gevestigd op de Universiteit Twente (UT) en werkt ook hier vanuit de vakgroep Bouw Infra. Prof. André Dorée en dr. Seirgei Miller leiden het (wetenschappelijk) onderzoek.

In de eerste jaren van ASPARI waren de onderzoeken en daaruit voortvloeiende aanbevelingen vooral gericht op het verkrijgen van inzicht in de uitvoeringsprocessen en technieken (apparatuur en methoden) om het uitvoeringsproces te "monitoren". De promotie- en afstudeeronderzoeken van ASPARI zijn voor en door de deelnemende opdrachtnemers uitgevoerd. De geleerde lessen en aanbevelingen hadden tot doel om de interne verbeteringsprocessen van de uitvoeringsorganisaties te voeden.

Vanaf 2018 is ASPARI zich ook gaan richten op het informeren en betrekken van opdrachtgevers, adviesbureaus en leveranciers van wegenbouwmachines. Enerzijds door de min of meer overlappende doelstelling van het programma Asfalt Impuls (namelijk, vrij vertaald: *een duurzamere asfaltverharding, door een verlenging van de levensduur. Deze verlenging wordt geleverd door het verkleinen van de spreiding van de asfaltkwaliteit. Hierbij speelt het uitvoeringsproces een belangrijke rol*). Maar anderzijds ook als gevolg van het ontwikkelde inzicht bij de ASPARI-bedrijven dat een groot deel van de beslissingsruimte van een asfaltuitvoerder wordt bepaald door de inhoud van de vraag van de opdrachtgever en de ruimte die wordt geboden om deze vraag in te vullen. Hierbij wordt immers impliciet de mogelijkheid voor een optimale inzet van apparatuur en machines waarover de asfaltuitvoerder kan beschikken, beïnvloed.

### Toelichting en context

De asfalt-uitvoering bepaalt in de dagelijkse praktijk de uiteindelijke gerealiseerde asfaltkwaliteit. En daarmee de levensduur van de asfaltlaag en de spreiding daarvan. Uit eerder onderzoek blijkt dat verschillende uitvoeringsstrategieën (logistiek, aanbrengen, verdichten) de asfaltkwaliteit met minimaal 10-30% beïnvloeden ([Bijleveld, F.R. \(2010\)](#)).

In de huidige contractvormen en bij de gebruikelijke manier van kwaliteitsborging wordt in het algemeen één boorkern per 2.000 m<sup>2</sup> genomen en wordt de laagdikte, holle ruimte en verdichtingsgraad bepaald. Dit zijn de opleverings- en/of bedrijfscontroles.

Tegenwoordig zijn echter ook breed technologieën beschikbaar om op een hoger detailniveau informatie over de asfalt-uitvoering vast te leggen. Voorbeelden hiervan zijn *logistieke systemen* (zoals Pavelink, BPO, WITOS, Topcon), *systemen ter ondersteuning van de verwerking* (zoals WITOS, PAVE-IR, Völkel, Topcon) en *wals-systemen* (zoals HCQ van HAMM, BOMAP van Bomag, Trimble, Völkel). Deze systemen zijn, hoewel al jaren op de markt beschikbaar, nog niet perfect maar worden tegenwoordig meer en meer gebruikt. Maar zijn ook nog zeker niet gemeengoed. De beschikbare systemen worden dus nog niet op alle projecten en niet door alle aannemers gebruikt.

Door het voorschrijven van ASPARI/PQi-metingen in een contract als wegbeheerder wordt veel betrouwbaardere informatie over het areaal verzameld. Dit sluit aan bij en kan een bijdrage leveren aan ontwikkelingen breder in de sector om meer data gestructureerd vast te leggen. Er wordt bijvoorbeeld o.a. gewerkt aan een landelijk data-platform, PIM, Levensduur voorspellend Asfalt Model (LAM), functioneel opleveren, kwaliteitsborging 2.0 en een ontologie voor de wegenbouw om standaardisatie van data te versnellen.

In eerste instantie zijn deze systemen gebruikt om het huidige asfaltproces in kaart te brengen en om vanuit aannemersperspectief dit proces stapsgewijs te verbeteren. Van het motto '*meten is weten*', verandert de aanpak in de richting van '*meten is weten, maar verbinden is beter*' en met een bredere toepassing van ASPARI/PQi-metingen door het voor te schrijven in contracten kunnen we stapsgewijs verder naar het motto '*met datagedreven areaalbeheer naar voorspelbaar wegenonderhoud*'.

Met name deze laatste ontwikkeling waarbij de rol van de wegbeheerder duidelijker is geworden, heeft geleid tot:

- Een grotere aandacht voor ASPARI door het **Asfalt Impuls project "Hightech = Lowcost"** waarin ASPARI-aanbevelingen onder de aandacht worden gebracht bij opdrachtgevers (voor meer info: <https://www.crow.nl/asfalt-impuls/projecten/hightech-lowcost>).

- Aanbevelingen van het **project “Kwaliteitsborging” van Asphalt Impuls** waarin de stelling wordt ingenomen dat door een grotere aandacht op de kwaliteitsborging van de processen tijdens de realisatie, de kwaliteitscontrole na de realisatie met minder destructief onderzoek, zoals bijvoorbeeld d.m.v. boorkernen, kan worden uitgevoerd (voor meer info: <https://www.crow.nl/asfalt-impuls/projecten/kwaliteitsborging>).
- De aanbeveling van de **Buyer Group Duurzame Wegverhardingen** om “ASPARI” op te nemen in de contractvoorwaarden bij de inkoop van duurzame wegverhardingen (voor meer info: <https://www.pianoo.nl/nl/themas/maatschappelijk-verantwoord-inkopen/buyer-groups/buyer-group-duurzame-wegverhardingen>).

Deze drie concrete ontwikkelingen in 2021 maken het nodig om expliciet te maken wat door de ASPARI-deelnemers wordt verstaan onder het begrip “ASPARI in contracten” om daarmee te zorgen voor een gelijk beeld bij opdrachtgevers en opdrachtnemers. Overigens moet hierbij worden opgemerkt dat door nationale spin-offs van ASPARI en actuele internationale ontwikkelingen ook niet direct in ASPARI-verband ontwikkelde meetmethoden voor de beheersing van het asfaltverwerkingsproces tot ‘ASPARI’ kunnen worden gerekend.

#### **Waarom ASPARI in contracten op te nemen?**

De hoge kwaliteit van de infrastructuur in Nederland is tot stand gekomen door een jarenlang succesvolle symbiose van opdrachtgevers, opdrachtnemers, advies- en ingenieursbureaus, kennisinstellingen en regelgevende instanties (waarin al deze partijen samenwerken). Door allerlei maatschappelijke ontwikkelingen is op diverse onderdelen van het aanbestedings-, ontwerp-, uitvoerings- en beheerproces van onze wegen spanning ontstaan. Daardoor is ook duidelijk geworden dat het leveren van hoge kwaliteit niet altijd meer vanzelfsprekend is en dat het daarom belangrijk is om goede en complete contracten op te stellen waarin wordt vastgelegd wat opdrachtgevers verlangen en waarin opdrachtnemers kunnen terugvinden wat aan hen wordt gevraagd.

Door expliciet aandacht in deze contracten te vragen voor het inwinnen van data, informatie en daarmee kennis, door het stimuleren van procesverbetering en door het stimuleren van het gebruik van (en daarmee ontwikkeling van) innovatieve hulpmiddelen, krijgt de kwaliteit van de wegenbouw een extra impuls. Dat lijkt vaak een verantwoordelijkheid van de opdrachtnemers en machineleveranciers, maar in de praktijk blijkt dat een actieve rol van de opdrachtgevers hierin onmisbaar is.



## **DEEL 1    het PQi-instrument in contracten**

## 1. Doel van een ASPARI/PQi-meting

Zoals in de inleiding is aangegeven is het doel van ASPARI om de uitvoering van asfaltverhardingen te verbeteren. Om te ontdekken waar de verbeterruimte zit en hoe deze verbetering kan worden gerealiseerd is door ASPARI een *Process Quality Improvement*-meting (PQi) geïntroduceerd. Als er na elkaar meerdere PQi-metingen worden uitgevoerd kan zelfs een PQi-circle worden doorgemaakt waarbij het ook meetbaar is of een bepaalde verbetering meetbaar of merkbaar is.

Bij het “uitvoeren van een ASPARI-meting” wordt vaak het uitvoeren van een PQi-meting bedoeld.

Het **doel** van een PQi-meting is:

- het geven van inzicht in de (verschillen in) effectiviteit van het uitvoeringsproces;
- het geven van inzicht in de gelijkmatigheid van de kwaliteit van het proces;
- het tonen of blootleggen van mogelijke verbeterpunten.

Het **resultaat** van een PQi-meting is:

- het expliciet maken van de aanleg snelheid (in m/minuut) en het aantal stopplekken van de spreidmachine welke kunnen leiden tot in-homogeniteit en dus kwaliteitsverlies;
- het expliciet maken van bepaalde (vaak onzichtbare) fenomenen, zoals het aantal walsovergangen op een bepaalde locatie;
- het expliciet maken van de variatie of (in)homogeniteit van deze fenomenen, zoals temperatuurverschillen in of tussen bepaalde asfaltvrachten of de weersomstandigheden tijdens de realisatie;
- het expliciet maken van de ontwikkeling of verandering van bepaalde fenomenen tijdens de realisatie, zoals de afkoeling van asfalt of de ontwikkeling van de verdichting;
- inzicht in de gerealiseerde kwaliteit van het asfalt-uitvoeringsproces.

### Wordt de kwaliteit van het asfalt beter?

Door het uitvoeren van de metingen wordt de asfaltkwaliteit op een individueel project niet per definitie “beter”. Echter, meer aandacht en focus op asfalt-uitvoering leidt over het algemeen, over projecten heen wel tot een betere asfaltkwaliteit en minder spreiding in verwerkingskwaliteit. Door metingen uit te voeren wordt er bovendien essentiële informatie verzameld waarmee opdrachtgever en opdrachtnemer inzicht krijgen in de (homogeniteit van de) kwaliteit van het geleverde werk en kunnen aanbevelingen worden gedaan voor verbetering. De gemeten waarden krijgen pas werkelijke waarde als de waarden in een open gesprek tussen opdrachtnemer en opdrachtgever met elkaar worden gedeeld en vooral als de meetresultaten met asfaltploegen worden besproken zodat deze hiermee kennis vergaren en met deze ervaringen bij volgende projecten rekening kunnen houden. Hierbij uiteraard ondersteund door systemen die op basis van de resultaten van de ASPARI-metingen worden ontwikkeld om de asfaltploeg steeds beter te begeleiden om het asfaltverwerkingsproces te beheersen. Op de langere termijn wordt hierdoor de kwaliteit van het asfalt beter en met name bij de ontwikkeling van nieuwe(re) asfaltmengsels zijn meetmethoden en bijbehorende instrumenten en systemen een goed bruikbare manier om beter inzicht te krijgen in de uitvoeringsmogelijkheden en de beheersing daarvan.

### Opnemen in de contracttekst

Door het verplichten van het uitvoeren van PQi-metingen als een resultaatsverplichting in bijvoorbeeld contracten wordt de opdrachtnemer gestimuleerd om aan deze verbeterprocessen mee te doen en om hiervoor te investeren in kennis en apparatuur. Door in de contractteksten expliciet te spreken over de inzet van bijvoorbeeld meetapparatuur kan hierdoor ook een deel van de investering worden opgenomen in de inschrijfsom en betalen opdrachtgevers dus (via de projecten) mee in deze ontwikkeling.

Het is nadrukkelijk niet de bedoeling om aan individuele meetresultaten eisen te stellen en daaraan bonussen of boetes te verbinden. De ongewenste neveneffecten hiervan kunnen zijn dat een te eenzijdige focus op deze specifieke metingen wordt gelegd waarbij de belangrijke aspecten om het asfaltproces te beheersen en de algehele kwaliteit van asfalt structureel te verbeteren, uit het oog worden verloren. Bovendien dient de focus te blijven liggen op het “*gezamenlijke leren en verbeteren*” in plaats van op “*afrekenen*”. De werkelijk gerealiseerde productkwaliteit blijft de basis blijft voor het contractueel “*afrekenen*”.

### **Informatieoverdracht**

Wat in de uitgevoerde pilot (voor *Hightech=Lowcost* en *Kwaliteitsborging*) op de N638 Rucphen-Zundert voor het eerst is gerealiseerd is dat de verzamelde meetdata via GIS-lagen aan de wegbeheerder (Provincie Noord-Brabant) zijn overgedragen. Met de GIS-informatie heeft de wegbeheerder tijdens de levensduur van de asfaltverharding en dus tijdens het onderhoud van de verharding, de beschikking over de (mogelijk)relevante informatie die tijdens de uitvoering is verzameld.

Dit kan worden gezien als een risicokaart waar waarschijnlijk de eerste schadebeelden zullen gaan ontstaan. Ook hier is overigens nog een leercirkel te doorlopen, waarbij onderscheiden kan gaan worden welke afwijking in de ASPARI-metingen leidt tot welk schadebeeld.

### **Duidingsmatrix**

Om de verzamelde data te kunnen interpreteren en om GIS-lagen te kunnen maken is de ASPARI-methodiek uitgebreid met een vooraf op te stellen duidingsmatrix. Deze aanvulling op de normale, gebruikelijke keuringsmatrix waarmee de kwaliteit van een werk normaal gesproken wordt getoetst (bijvoorbeeld door het voorschrijven van de nodige keuringen uit de Standaard RAW Bepalingen), wordt gebruikt om de gemeten en berekende waarden uit de monitoring te vergelijken met de gewenste waarden. Belangrijk hierbij is op te merken dat een dergelijke duidingsmatrix mengselspecifiek is en vaak ook afhangt van de projectomstandigheden. Bovendien betekent het voor de (meeste) opdrachtnemers dat waarschijnlijk nog (veel) onderzoek nodig is om de duidingsmatrix in te kunnen vullen.

Geadviseerd wordt om aan de opdrachtnemer te vragen om voor de realisatie een dergelijke duidingsmatrix te laten opstellen. In Bijlage 1 is een voorbeeld van een dergelijke duidingsmatrix opgenomen.

### **Wat is het nut van een PQi-meting voor de opdrachtgever?**

Het nut van een PQi-meting voor opdrachtgevers, bestaat daarmee uit:

- de informatie, als deze in een GIS-omgeving kan worden bewaard en gebruikt, vergroot het inzicht in de (homogeniteit van de) kwaliteit van het uitvoeringsproces van het areaal en kan het beheer en onderhoud sturen of efficiënter maken;
- uit de verkregen data kunnen risico-vakken worden geïdentificeerd en kan tijdens het wegbeheer hier gericht worden geschouwd en geïnspecteerd;
- de informatie en vooral het gesprek hierover met de opdrachtnemer, levert de opdrachtgever kennis op waarmee de inkoop van verhardingen kan worden verbeterd of het toezicht bij werken kan worden gericht op risicovolle aspecten van het proces van de opdrachtnemers;
- de, tijdens de uitvoering, verzamelde informatie vergroot de kennis en kunde van de ingeschakelde opdrachtnemer die daardoor de uitvoeringsprocessen kan verbeteren waardoor deze de volgende keer een product kan leveren met een hogere kwaliteit met minder spreiding.
- de expliciete data en informatie over het asfalt-uitvoeringsproces draagt bij aan de ontwikkeling van systemen waarmee het uitvoeringsproces steeds beter beheerst kan worden. Dit leidt in het algemeen tot structurele verbetering van de asfaltkwaliteit.

## 2. Een PQi-meting volgens ASPARi

Bij het uitvoeren van een PQi-meting is niet alleen het doel dat de specifieke asfaltploeg, opdrachtnemer of opdrachtgever maximaal leert van het resultaat van het uitgevoerde werk, maar ook dat de informatie binnen ASPARi wordt gedeeld zodat ook andere ASPARi-aannemers en overige geïnteresseerden (zoals opdrachtgevers of afstudeerders) ervan kunnen leren.

Dat heeft ertoe geleid dat er door ASPARi een standaard-rapportage is gemaakt waarbij het de bedoeling is dat alle opdrachtnemers die een PQi-meting uitvoeren deze standaard hanteren.

Dit maakt projecten vergelijkbaar en zorgt voor de mogelijkheid om snel en eenvoudig een rapportage te kunnen lezen en begrijpen.

Vanwege het “collectief leren” is het belangrijk dat de rapportages en ruwe meetdata van de uitgevoerde projecten worden geplaatst in de gezamenlijke ASPARi-database in een vastgesteld format.

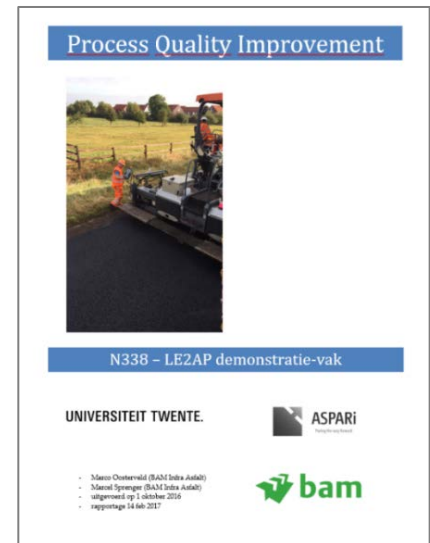
Slechts in uitzonderlijke gevallen en bij zwaarwegende redenen (zoals bijvoorbeeld in geval van een innovatief, concurrentiegevoelig product of uitvoeringsmethode) zou de vermelding van productnaam en -omschrijving achterwege kunnen blijven.

Het vastleggen van het proces bestaat minimaal uit de volgende onderdelen:

- A. De **algemene beschrijving**, welke nodig is voor een juiste interpretatie van de meetdata, van
  - a. het project, de datum en het tijdstip waarop de PQi is uitgevoerd;
  - b. de materieelstukken die zijn ingezet bij de realisatie van het werk;
  - c. de meetapparatuur die is gebruikt bij de uitvoering van de metingen;
  - d. de asfaltmengsels die zijn toegepast en de transportafstand waarover de mengsels zijn vervoerd.
- B. Het uitvoeringsproces op de bouwplaats met een **timelapse** camera; bij voorkeur naar voren én naar achteren gericht.
- C. De **weersomstandigheden** (tijdens de realisatie) die invloed kunnen hebben op het uitvoeringsproces, zoals luchttemperatuur, neerslag, luchtvochtigheid, windsnelheid en -richting.
- D. De **verwerkingstemperatuur** van het asfalt (over het gehele oppervlak) met een linescanner of infraroodcamera waarbij de variatie van de oppervlaktetemperatuur wordt vastgelegd (per aangebrachte asfaltlaag). De meting wordt uitgevoerd in een hele hoge meetdichtheid waardoor verschillen in oppervlaktetemperatuur zichtbaar worden.
- E. De **snelheid van de verwerking** en de eventuele stopplekken van de spreidmachine (per aangebrachte asfaltlaag).
- F. Het aantal **walovergangen** (over het gehele oppervlak) en de temperatuur waarbij deze zijn uitgevoerd (per aangebrachte asfaltlaag).
- G. De **verdichtingsprogressie** en **afkoelingscurves van het asfalt** (op een aantal locaties) waarbij (per aangebrachte asfaltlaag) wordt vastgelegd hoeveel de verdichting (gemeten in het werk) toeneemt bij elke walsovergang, bij welke temperatuur deze zijn uitgevoerd, welke typen walsovergangen dit waren en na welk aantal walsovergangen de eindverdichting is bereikt. De eindverdichting wordt gecontroleerd door middel van een dichtheidsbepaling op een proefstuk uit een boorkern.

In de bijlagen van dit document is een gedetailleerd overzicht opgenomen van de verschillende metingen die bij een complete PQi-meting worden uitgevoerd (Bijlage 2) en de data en informatie die een PQi meting oplevert (Bijlage 3).

In de overzichten is niet alleen de ASPARi apparatuur opgenomen maar worden ook alternatieven gepresenteerd waarmee opdrachtnemers eigen apparatuur kunnen inzetten. Ook wordt in het overzicht aandacht besteed aan de (minimale) meetfrequentie en meetnauwkeurigheid en de resolutie waarin de informatie wordt gerapporteerd.



### 3. Welke apparatuur / faciliteiten is / zijn nodig / bruikbaar voor de PQi-metingen?

#### Benodigde meetapparatuur

Voor de PQi-meting is diverse meetapparatuur noodzakelijk. ASPARI-deelnemers kunnen vrijwel alle meetapparatuur (mits gereserveerd) lenen van de universiteit. Niet-ASPARI-leden kunnen de apparatuur (mits beschikbaar) huren van de universiteit en zullen nadere afspraken moeten maken over ondersteuning. Ook is het mogelijk om metingen uit te voeren met eigen meetapparatuur. Daarbij is het uiteraard wel zaak om vooraf goed na te denken over de mogelijkheid om de meetdata te exporteren naar de analyse omgeving van de onderzoekers van de universiteit. Zie Bijlage 2 en Bijlage 3 voor een uitgebreid overzicht van de apparatuur en de bijbehorende meetnauwkeurigheid en meetfrequentie.

Tabel 1, meetapparatuur

Doel / meting	Apparatuur ASPARI	Alternatief machine/voertuig (on)afhankelijk	Opmerking / toelichting
Logistiek	Handmatig klokken / waarnemen	Pavelink (Topcon) Scoretrace BPO Transport	Geen vast onderdeel van PQi
Proces op de bouwplaats	Timelapse-camera voor Timelapse-camera achter	Eigen foto of videocamera	Waardevol voor de juiste duiding of interpretatie van meetresultaten.
Voortgang / snelheid spreidmachine met GPS-apparatuur	Trimble GPS rovers	Systemen als Topcon, Vökl, WITOS/Roadscan, Q-point	
Voortgang / snelheid walsen met GPS-apparatuur	Trimble GPS rovers	Systemen als Topcon, Vökl, WITOS/HCQ, Q-point, BOMAG/BOMAP, Trimble	Bij het gebruiken van VETA-export is data-resolutie een aandachtspunt.
Oppervlaktetemperatuur asfalt, direct achter spreidmachine	FLIR A35 Infrarood camera (FOV 69) Raytech MP 150 Line-scanner	Systemen als Vökl – MOBA, BPO – MOBA, Q-Point, WITOS/Roadscan	
Weersomstandigheden tijdens uitvoering	Weerstation Davis Vantage Pro 2		Vaak biedt een amateur-weerstation uitkomst. (Zie <a href="#">link</a> )
Oppervlaktetemperatuur afkoelingscurves	Voltcraft IR-1600 CAM Infrarood thermometer	Flir Fluke	
Kerntemperatuur afkoelingscurve en ondergrondtemperatuur	Voltcraft logger met thermokoppels Extech HD500 thermologger met thermokoppels		

#### Ondersteuning van onderzoekers van de universiteit

De meetapparatuur van ASPARI dient in principe door de opdrachtnemer zelf te worden gehaald, geïnstalleerd, bediend en uitgelezen. De universiteit heeft hiervoor handleidingen en instructie-formulieren beschikbaar.

De temperatuurcontourplots (TCP) en verdichtingscontourplots (CCP) kunnen met de verzamelde data door de universiteit worden gemaakt door gebruik te maken van Python-algoritmes. De meetdata waarmee de contourplots worden gemaakt dient door de opdrachtnemer te worden aangeleverd.

De overige grafieken (afkoelings-, dichtheidsprogressiecurves etc.) moeten door de opdrachtnemer worden gecreëerd in Excel of een vergelijkbaar programma.

De rapportage wordt door de opdrachtnemer zelf samengesteld. De universiteit kan helpen met de aanbevelingen die op basis van de metingen kunnen worden gedaan en met de rapportage kunnen worden onderbouwd.



#### 4. Welke analyses maken minimaal deel uit van een PQi-rapportage

Met de verzamelde meetdata dienen analyses te worden uitgevoerd waarmee het uitvoeringsproces kan worden gekarakteriseerd.

De volgende analyses maken bij voorkeur onderdeel uit van een PQi-rapportage:

- 1) Logistiek
  - a) Rijtijd – wachttijd – verblijfsduur asfalt in de auto tijdens transport (tijd tussen laden en lossen van een vracht);
  - b) OPTIONEEL: Afkoeling asfalt tijdens transport (verschil tussen aflevertemperatuur van de specie bij de asfaltcentrale en de aflevertemperatuur van de specie in een hopper);
  - c) Locatie van elke asfaltvracht met bijbehorende karakteristieken.
- 2) Verwerking
  - a) Gemiddelde, minimum, maximum, bereik en standaardafwijking oppervlaktetemperatuur;
  - b) Homogeniteit oppervlaktetemperatuur door bepalen van het temperatuur bereik per vak van X m;
  - c) Homogeniteit oppervlaktetemperatuur door een Temperatuur Contour Plot (TCP);
  - d) Verwerkingssnelheid en stopplekken.
- 3) Verdichting
  - a) Homogeniteit van walsovergangen door een Verdichting Contour Plot (CCP).
  - b) Op minimaal twee locaties:
    - i) Aantal uitgevoerde walsovergangen, per wals(soort) en per type overgang (statisch, dynamisch, oscillerend, bandenwals);
    - ii) Kern- en oppervlaktetemperatuur en ondergrondtemperatuur van het asfalt bij elke walsovergang;
    - iii) Verdichting na elke walsovergang;
    - iv) Eindverdichting in lab bepaald uit tablet van boorkern.
- 4) Weersomstandigheden tijdens de dag
  - a) Luchttemperatuur
  - b) Luchtvochtigheid
  - c) Windsnelheid en -richting
  - d) Bedekking / zonne-instraling
  - e) Neerslag

## 5. Welke informatie wordt overgedragen aan de opdrachtgever/wegbeheerder?

De informatie (ruwe data of geanalyseerde en geïnterpreteerde data) dient ter ondersteuning van het gesprek met de asfaltploeg en het gesprek met de opdrachtgever over verbeterpotentieel. De informatie die aan de wegbeheerder wordt overgedragen dient tevens ter sturing van het beheer- en onderhoudsproces.

De informatie die aan de opdrachtgever wordt overgedragen is:

- 1) De eindrapportage volgens de standaard indeling van ASPARi
- 2) De digitale gestructureerde databestanden (bij voorkeur ook in GIS-formaat) de volgende data of informatie;
  - a) De temperatuur contour plot (TCP)
  - b) De verdichting contour plot (CCP)
  - c) De homogeniteit-analyse van het bereik van de asfalttemperatuur per vak van X meter
  - d) De track & trace vakken van de asfaltvrachten met hun karakteristieken
    - i) Asfaltmengsel, asfaltcentrale, kenteken auto, nummer weegbon
    - ii) Verblijftijd in de auto tijdens transport en wachttijd
    - iii) OPTIONEEL: Asfalttemperatuur bij beladen, aankomst project en lossen in spreidmachine
  - e) Het verloop van het verwerkingsproces met
    - i) De snelheid van de spreidmachine
    - ii) De locatie en tijdsduur van de stopplekken
  - f) De locatie van de boorkernen, gekoppeld aan rapportage van de boorkern-onderzoeken
  - g) De weersomstandigheden met de karakteristieke weersomstandigheden per vak van X meter
- 3) Een verslag van de feedback-sessie met de asfaltploeg en/of een samenvatting van de leerpunten

## 6. Voorstellen contracttekst

Er zijn verschillende mogelijkheden om een PQi-meting op te nemen in een contract. In alle gevallen is het belangrijk dat de beelden die opdrachtgever, inschrijvers en de uiteindelijke opdrachtnemer, hebben bij de contractverplichtingen, hetzelfde zijn. Het verdient daarom aanbeveling om een deel van dit document als een bijlage aan het bestek toe te voegen zodat het aan alle inschrijvers en de uiteindelijke opdrachtnemer helder is welke verwachtingen er zijn.

Er zijn verschillende manieren om een opdrachtnemer te stimuleren of verplichten om een ASPARi PQi-meting uit te voeren:

- Methode 1; als een normale bestekspost in een RAW bestek
- Methode 2; als een stelpost in een RAW bestek
- Methode 3; als een EMVI-criterium bij een aanbesteding met EMVI-afweging
- Methode 4; als een verplichte ervaring in een prequalificatie of aanbesteding
- Methode 5; als een voorwaarde om innovatieve asfaltmengsels toe te mogen passen

### Methode 1; Als een normale bestekspost in een RAW-bestek of onderdeel van UAV-GC-contract

Met een normale bestekspost kun je als opdrachtgever precies vastleggen welke meetwerkzaamheden je wilt dat er worden uitgevoerd. De opdrachtgever zal hierbij natuurlijk wel precies moeten omschrijven wat er moet gebeuren en hoe de opdrachtgever wil dat het eindresultaat bij voltooiing van de werkzaamheden wordt opgeleverd.

*Gevraagd: voorbeeld RAW-bestekspost waarin PQi wordt verplicht*

*(uit RAW bestek "... van de ..., -.-....)*

### Methode 2; Als een stelpost in een RAW-bestek of onderdeel van UAV-GC-contract

Door een stelpost op te nemen in een RAW-bestek bestaat er bij de voorbereiding van de werkzaamheden de mogelijkheid voor opdrachtgever en opdrachtnemer om de exacte inhoud van de metingen samen af te stemmen. Het zorgt voor flexibiliteit en geeft de mogelijkheid om een speciale focus aan te brengen.

950030	610501								Stelpost.	EUR	5.000,00	V		
		9							Op de stelpost worden verrekend de uitgaven ter zake van: de werkzaamheden het toepassen van de Aspari meettechniek t.b.v. het verbeteren van de asfaltkwaliteit.					

*(uit RAW bestek "P610-B01 Herinrichting Laan van Erica, De Voorwaarts - Apeldoorn" van de gemeente Apeldoorn, 21-02-2020)*

950050	610501								Stelpost.	EUR	15.000,00	V		
		9							Op de stelpost worden verrekend de uitgaven ter zake van: Inzet ASPARI.					

*(uit RAW bestek 2391 "Duurzaam Asfaltonderhoud A326" van de Provincie Gelderland, 2021)*

### Methode 3; Als een EMVI-criterium

Door een uitnodiging om een PQi-meting op te nemen in de criteria voor een door de inschrijvers op te stellen Kwaliteitsplan of werkinstructie, kunnen de inschrijvers worden gestimuleerd om ASPARi-techniek in te zetten.

Ze zullen in het kwaliteitsdocument zelf de link moeten leggen tussen de kwaliteit die geleverd wordt en de manier waarop dit door middel van metingen gaat worden geborgd of hoe die kwaliteit wordt verbeterd.

**EMVI-CRITERIA C2 DEKLAGEN EN HOMOGENITEIT IN ASFALTCONSTRUCTIE**

(maximale meerwaarde €170.000)

De Zutphensestraat, Laan van Osseveld en Laan van Erica zijn hoofdaders in de Apeldoornse wegenstructuur. Verstoringen in de verkeersdoorstroming als gevolg van toekomstig onderhoud moet zoveel mogelijk worden voorkomen.

**Doel:**

Door de grote hoeveelheid voertuigbewegingen op deze weg en faseringen is het voor de Gemeente Apeldoorn van groot belang dat de kwaliteit van de uiteindelijke asfaltconstructie gewaarborgd is.

Het plan beslaat maximaal 1 kantje tekst A-4 eventueel aangevuld met ondersteunend beeldmateriaal.

De aanbesteder wil van de inschrijver weten welk(e) deklaagmengsel(s) gebruikt wordt (worden), hoe de mengsels worden aangebracht en welke garanties geboden worden ten aanzien van levensduur en geluidreductie. Daarnaast dient de inschrijver aan te geven hoe hij de kwaliteit van het asfalt gaat waarborgen met specifiek aandacht voor de homogeniteit van het asfalt. Onvoldoende homogeniteit kan worden veroorzaakt door een variatie in materialen, methoden, stopmomenten, machines en menselijk handelen. Wij verzoeken de inschrijvers om specifiek de diverse onderdelen te omschrijven en wat de beheersmaatregelen zijn.

*(uit RAW bestek "A13844 Verdubbeling Zutphensestraat" van de gemeente Apeldoorn, 14-02-2014)*

Door duidelijke criteria te stellen die aansluiten bij de methoden en technieken die ASPARI in de PQi-meting heeft opgenomen wordt een duidelijke voorzet gegeven. Een voorbeeld van een dergelijke manier is, met hulp van bovenstaande contracttekst van de Gemeente Apeldoorn, hieronder opgenomen:

Geef aan hoe de kwaliteit (van de asfaltlaag) wordt geborgd, met specifieke aandacht voor de homogeniteit van het asfalt. Onvoldoende homogeniteit kan worden veroorzaakt door een variatie in materialen, methoden, stopmomenten, gebruikte machines, verwerkingsomstandigheden en menselijk handelen. We verzoeken de inschrijvers om specifiek voor deze aspecten te omschrijven op welke wijze beheersmaatregelen worden getroffen, hoe dit wordt gemeten en/of wordt vastgelegd en hoe deze informatie aan de beheerder van de weg wordt overgedragen.

Zonder de begrippen ASPARI of een PQi te noemen worden de inschrijvers duidelijk gestuurd richting het uitvoeren van een PQi. In elk geval worden de inschrijvers gedwongen om te handelen naar de grondbeginselen van ASPARI.

#### **Methode 4; Als een verplichte ervaring in een prequalificatie of aanbesteding**

Een meer indirecte, methode kan in een selectieleidraad of contracttekst ook worden gestimuleerd om gebruik te maken van ASPARI-technieken door af te dwingen dat de inschrijvers ervaring moeten hebben met het uitvoeren van PQi's.

Op deze manier wordt een duidelijk signaal afgegeven richting reeds deelnemende aannemers van ASPARI dat hun ervaring en inzet voor de verbetering van de asfaltkwaliteit wordt gewaardeerd en wordt ondersteund door de opdrachtgever. Tevens wordt het signaal afgegeven aan aannemers die nog niet deelnemen aan ASPARI of nog geen (aantoonbare) ervaring hebben met een PQi, dat ze zich beter kunnen aansluiten.

#### **d. 25 punten**

De gegadigde scoort **25 punten** indien gegadigde voldoet aan:

Eén GWW project met asfaltwerkzaamheden waarbij The Process Quality improvement (PQi) methodology is toegepast De aanneemsom of gefactureerd bedrag van het totale GWW referentie project dient ten minste € 500.000,- (excl. BTW) te bedragen.

*Hiermee waardeert Opdrachtgever ieder Gegadigde die in staat is om binnen een opdracht van voldoende omvang de proceskwaliteit van asfaltwerkzaamheden te verbeteren middels de The Process Quality improvement (PQi) methodology*

*(uit Selectieleidraad "Bouwteam Asfaltonderhoud West-Betuwe", 27-09-2021)*

Het is natuurlijk wel logisch als een dergelijk selectie criterium ook daadwerkelijk wordt opgevolgd door een contractverplichting of een stelpost voor het betreffende werk.

#### **Methode 5: Als een voorwaarde om innovatieve asfaltmengsels toe te mogen passen**

Deze methode is geschikt voor opdrachtgevers die meer ruimte bieden in contracten om innovatieve(re) asfaltmengsels toe te passen. De ASPARI-technieken kunnen dan als voorwaarde gesteld worden om hier toestemming voor te krijgen.

De extra aandacht en vastlegging in de uitvoeringsfase maakt dat de validatie van dit soort asfaltmengsels verbeterd of versneld kan worden en kan gezien worden als een risicobeheersingsmaatregel. De metingen geven de aannemer, opdrachtgever en instanties, zoals het Asfalt Kwaliteits Loket (AKL), inzicht in het verwerkingsproces en daarmee de risico's die hiermee gepaard gaan.



## **DEEL 2    Vergezicht: Procesdata als onderdeel van kwaliteitsborging**

## 1. Praktische toepassing van asfaltprocesdata in de wegenbouw

Vanaf de start van het ASPARI-samenwerkingsverband hebben de inspanningen van het collectief van asfalt-aannemers, zich gericht op het uitvoeren van metingen en onderzoek in het impliciete en empirische asfaltverwerkingsproces. Met als uiteindelijke doel om het asfaltverwerkingsproces in de breedste zin expliciet te maken en dan te verbeteren, professionaliseren en industrialiseren. Deel 1 van dit document is vooral gericht op het uniformeren en standaardiseren van het registreren van data in het asfaltverwerkingsproces, maar er gloort meer aan de horizon voor de moderne wegenbouw.

Dit vergezicht wordt in dit hoofdstuk geschetst en moet worden beschouwd als een aanmoediging voor project- en werkgroepen die na het afsluiten van AsfaltImpuls de ingeslagen weg verder willen aflopen.

Na jaren van uitvoeren van metingen, de invoering van gestructureerde meetsessies (PQi-meting) in ASPARI-verband en verdergaande ontwikkelingen bij enkele ASPARI-leden, zoals meting van verwerkbaarheid van asfaltmengsels, het structureren (uniform maken) van alle procesdata en digitaal uitwisselen en delen van gestructureerde data, kan de aandacht zich nu gaan richten op het daadwerkelijk toepassen van asfaltprocesdata in de wegenbouwpraktijk.

Vanuit de belangrijkste stakeholders in de asfaltwegenbouw, de opdrachtgevers en aannemers, kunnen momenteel de volgende doelen voor het uitvoeren van asfaltprocesmetingen worden opgetekend:

*Voor de aannemer:*

1. beheersen van het uitvoeringsproces en sturen op het gewenste resultaat (de beoogde proceskwaliteit);

*Voor de aannemer en de opdrachtgever:*

2. het verkrijgen van inzicht in de kwaliteit van het gerealiseerde asfaltverwerkingsproces (de asfaltproceskwaliteit);
3. het beperken van destructief onderzoek (boringen) om de gerealiseerde asfaltproductkwaliteit te beoordelen;
4. het registreren van alle relevante aanlegdata van een gerealiseerde verharding, zodat de kosteneffectiviteit in de beheer- en instandhoudingsfase van de verharding geoptimaliseerd kan worden door beter onderbouwde keuzes voor instandhoudingsmaatregelen (Asset Management);

*Voor de aannemer:*

5. het automatiseren van het asfaltverwerkingsproces, opleiden van personeel om met de vernieuwingen in het asfaltproces het werk te realiseren en het borgen van de instroom van voldoende personeel om het werk uit te kunnen voeren.

In het project *Hightech = Lowcost* hebben koplopers onder de opdrachtgevers zich verenigd met het doel de mogelijkheden te verkennen om het effectief gebruik van asfaltprocesdata in de contractrelatie tussen aannemer en opdrachtgever te implementeren en om met deze data uiteindelijk de **proceskwaliteit** vast te stellen. Hierbij moet worden onderkend dat in het huidige contractuele kader de afrekening van een gerealiseerd werk primair plaats vindt op basis van de gerealiseerde **productkwaliteit**. Deze productkwaliteit is afhankelijk van de (functionele) kwaliteit van de bouwstoffen van asfalt én de kwaliteit van het gerealiseerde asfaltproces (zie Figuur 1).



Figuur 1, Productkwaliteit in de levenscyclus van een asfaltverharding

## 2. Productkwaliteit in relatie tot proceskwaliteit

Voor de invoering van de resultaten van asfaltprocesmetingen in het Nederlandse contractuele kader voor de wegenbouw zijn er twee principieel verschillende scenario's mogelijk:

- **Scenario 1, Product- en/of Proceskwaliteit;** Door aanpassing van het contractuele kader, zodat afrekening van het gerealiseerde werk niet meer alleen op basis van productkwaliteit plaats vindt. In dit geval moet er ruimte worden gecreëerd om het gerealiseerde werk ook direct (mede) af te kunnen rekenen op basis van asfaltprocesinformatie.
- **Scenario 2, Productkwaliteit met ondersteuning van procesinformatie;** Door het (relatief beperkt) aanpassen van het contractuele kader, zodat afrekening van het gerealiseerde werk alleen plaats vindt op basis van de gerealiseerde productkwaliteit, waarbij de asfaltprocesinformatie als ondersteunende informatie dient om de productkwaliteit te beoordelen.

Afgaande op de huidige praktijk lijkt het tweede scenario voor zowel de opdrachtgever als de aannemer te prefereren. De opdrachtgever blijft namelijk de gerealiseerde productkwaliteit als basis hanteren voor het afrekenen van een contract. Voor de aannemer blijft de situatie gehandhaafd dat hij afgerekend wordt op de productkwaliteit en dat hij daarbij niet 'gestoord' wordt door ingrepen in zijn proces door de opdrachtgever op basis van asfaltprocesinformatie.

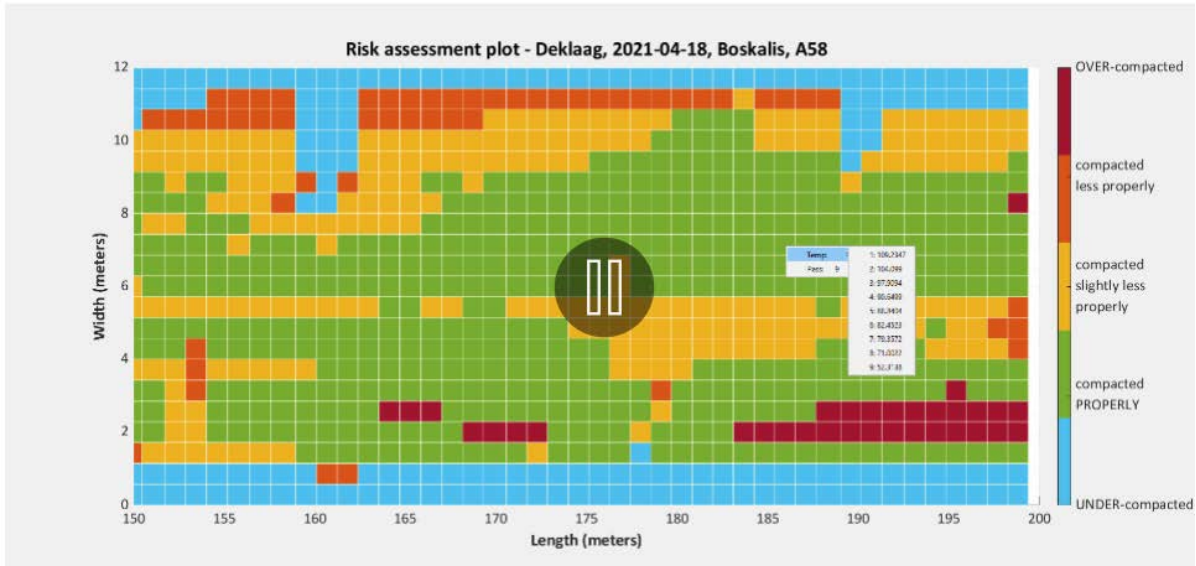
Om dit tweede scenario uiteindelijk in de praktijk ook daadwerkelijk vorm te geven is nog wel nader (gericht) onderzoek nodig om harde relaties te kunnen leggen tussen proceskwaliteit en productkwaliteit. Hierbij speelt bijvoorbeeld de implementatie van Functioneel Opleveren een cruciale rol omdat in dit Asfalt Impuls-project de procedure wordt bepaald hoe de werkelijke prestatie van het gerealiseerde materiaal daadwerkelijk kan worden gemeten. Zo kunnen om de relatie tussen proceskwaliteit en productkwaliteit te leggen voor contractuele doeleinden de volgende stappen worden ondernomen:

- A. Vaststellen van een Risico Contour Plot (RCP) van het gerealiseerde werk. Een RCP is een geografieerde visualisatie van het aantal walsovergangen en de temperatuur waarbij die walsovergangen zijn uitgevoerd. De RCP kan in principe worden beschouwd als een footprint van de kwaliteit van de verdichting van een asfaltlaag. Figuur 2 toont een voorbeeld van een RCP.
- B. Koppelen van de Risico Contour Plot (RCP) aan de bedrijfscontrole
- C. Koppelen van de RCP aan de resultaten van Functioneel Opleveren van het gerealiseerde product





- D. Het leggen van de relatie tussen de RCP en de productkwaliteit uit de bedrijfscontrole (empirisch) of Functioneel Opleveren (functioneel) en deze relatie(s) verifiëren en valideren
- E. Na validatie van de relatie tussen de RCP en de productkwaliteit kan worden opgeleverd op basis productkwaliteit met ondersteuning van informatie van de proceskwaliteit.

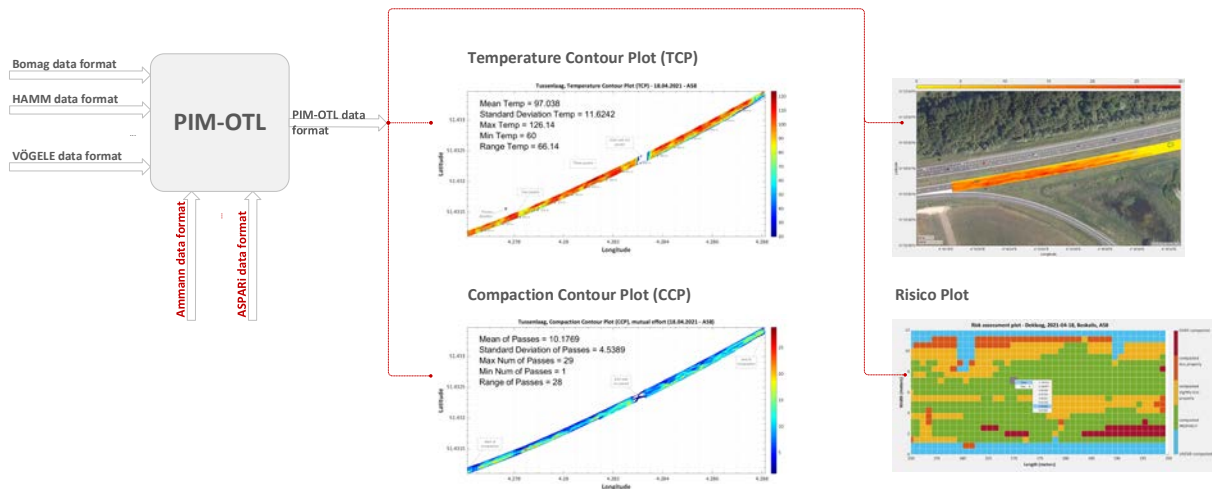


Figuur 2, voorbeeld van een Risico Contour Plot

### 3. Uniforme dataverzameling en -opslag

Een belangrijke randvoorwaardelijke ontwikkeling voor de praktische toepassing van asfaltprocesinformatie in de wegenbouwpraktijk (inclusief het assetmanagement) is dat alle data van het asfaltverwerkingsproces, beschikbaar in verschillende systemen, geüniformeerd wordt tot standaardformaten. Ongeacht het systeem van herkomst moeten identieke data-items tot een uniforme standaard worden gestructureerd. Dit kan op verschillende manieren, waarvan de meest bekende zijn:

- Het leggen van koppelingen tussen de verschillende systemen van herkomst van de data (gebruik van API's en dergelijke)
- Conversie van de data uit de verschillende systemen naar een uniforme standaard met gebruik van tools als FME (Feature Manipulation Engine)
- Data centraal stellen met gebruik van ontologieën (ingericht conform de norm voor modelleren van data in de bouw NEN 2660-2) en linked-data technologie. Figuur 3 toont een voorbeeld van het structureren van data vanuit verschillende bronnen naar een uniforme standaard, van waaruit alle praktische toepassingen worden ontwikkeld en gebruikt.



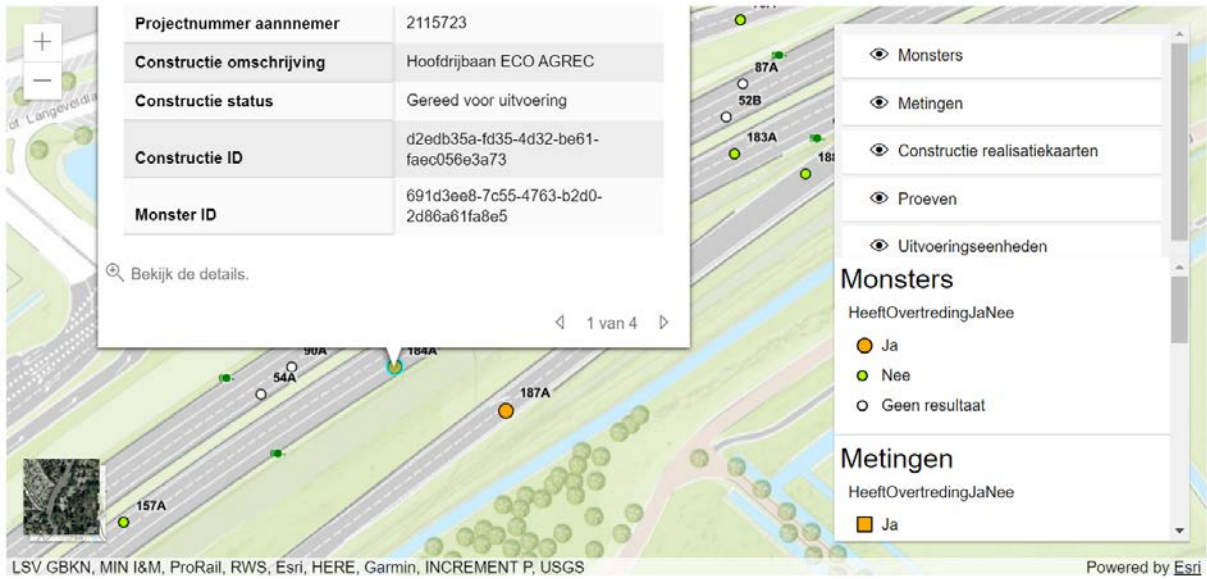
Figuur 3, toepassing van ontologieën (PIM-OTL) voor structureren data voor praktische toepassingen

Als de data van het asfaltverwerkingsproces zijn gestructureerd en geüniformeerd, wordt het binnen afzienbare tijd mogelijk om het wegebouwproces te vernieuwen van een empirisch impliciet ambacht tot een moderne, expliciete, gedigitaliseerde en data-gedreven industrie.

Zo zijn er al door verschillende aannemers meerdere veelbelovende voorbeelden van nieuwe data gedreven toepassingen in de Nederlandse wegebouwpraktijk. Figuur 4 toont een voorbeeld van de GIS-viewer van PIM<sup>1</sup>, die het mogelijk maakt om op de GIS-kaart een object (asfaltlaag, boorkern, meting) aan te wijzen of selecteren en daarvan direct alle beschikbare informatie vanuit PIM te raadplegen.

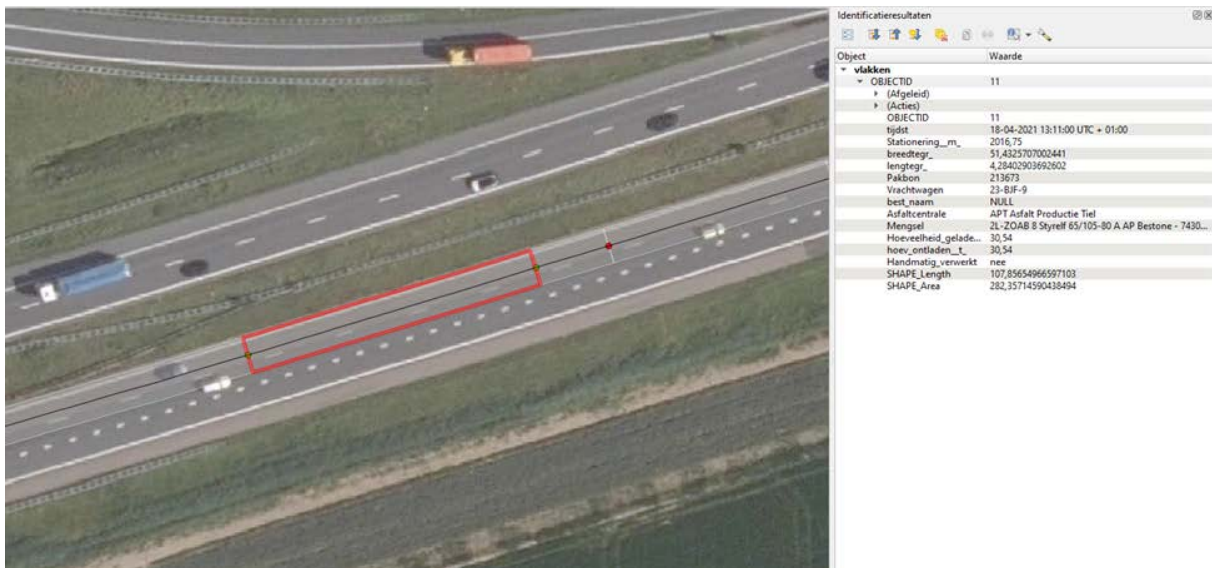
Figuur 4 toont een voorbeeld hoe middels gebruik van PIM-data alle relevante data van een asfaltlaag, het betreffende mengsel en de bouwstoffen direct via de GIS-kaart kan worden geraadpleegd. Met gebruik van betrouwbare registraties van de locaties van verwerking van asfaltvrachten en visualisaties daarvan op de GIS-kaart, is het inmiddels ook mogelijk om via de daarbij geregistreerde gegevens van de leverbon alle data van de productie van de betreffende vracht direct te raadplegen.

<sup>1</sup> PIM staat voor Pavement Information Modelling. PIM is een softwarepakket dat wordt gebruikt in het gehele proces van tendering tot de beheerfase van een verharding. Het bevat procedures, werkbladen en databases voor de productie, planning, mengselontwerp mengsels, bouwstoffen- en voorraadbeheer en productkwaliteit-controle van de productie en verwerking.



Figuur 4, raadplegen van data in PIM via de GIS-kaart

Figuur 5 toont een voorbeeld van de wijze waarop de locatie van verwerkte asphaltvrachten op de GIS-kaart wordt gepresenteerd. Via de identificatie van de leverbon is alle asphaltproductiedata direct te benaderen.



Figuur 5, visualisatie van de locatie van een verwerkte asphaltvracht

#### 4. Risico Contour Plot (RCP)

Boskalis heeft vrijwel alle resultaten van ontwikkelingen op gebied van het expliciet maken van het asfaltverwerkingsproces samengebracht in een zogenaamd '10-stappenplan' voor perfecte asfaltverwerking (zie Figuur 6).

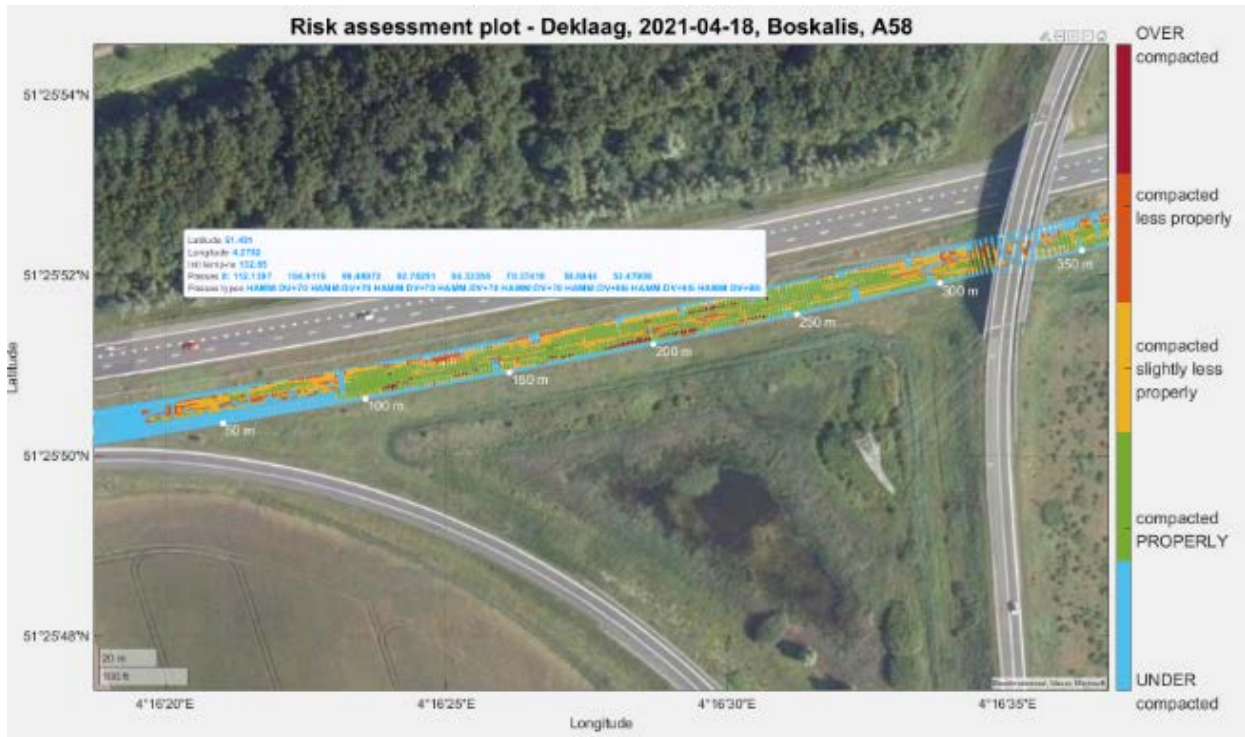
Met de nodige ondersteuning van experimentele digitale tools en oplossingen is in diverse pilotprojecten aangetoond dat volledige sturing en beheersing naar het gewenste resultaat van de asfaltverwerking mogelijk is. Het wachten is nu nog op het beschikbaar komen van de benodigde effectieve fool-proof (commerciële) digitale tools.



Figuur 6, het Boskalis '10-stappen plan' voor perfecte asfaltverwerking

Tenslotte toont Figuur 7 een voorbeeld van de wijze waarop de data van een Risico Contour Plot op de GIS-kaart wordt gevisualiseerd. Door een punt op de kaart aan te wijzen kan van die betreffende locatie direct worden geraadpleegd hoeveel walsovergangen op die betreffende locatie zijn uitgevoerd en wat de asfalttemperatuur was bij elk van die walsovergangen. Dit levert de wegbeheerder voor de beheerfase, tezamen met de resultaten van de eerder getoonde voorbeelden, in potentie een uitermate krachtig hulpmiddel voor het nemen van zeer kosteneffectieve besluiten bij de instandhouding van wegverharding.





Figuur 7, Risico Contour Plot gevisualiseerd op de GIS-kaart

## 5. Toepassen Risico Contour Plot

Een voorbeeld van effectief gebruik in de beheerfase van de RCP op de GIS-kaart is het gebruik ervan bij het nemen van een besluit over de toe te passen onderhoudsmaatregel bij (onvoorziene) schade aan de verharding. Door de locatie van de schade aan te wijzen op de geo-gerefereerde RCP kan direct worden geraadpleegd of de kwaliteit van de asphaltverwerking goed of onvoldoende is geweest.

Als blijkt dat de schade op basis van de verwerkingsdata het gevolg is van een slecht verdichtingsproces, dan zou de beheerder kunnen besluiten om bijvoorbeeld de betreffende deklaag te vervangen door een deklaag van hetzelfde type. Als de schade echter op een locatie blijkt te zitten waar sprake is van een goed verdichtingsproces (juist aantal walsovergangen binnen het vereiste temperatuurvenster van het betreffende asfaltmengsel), dan kan de beheerder besluiten tot het uitvoeren van een onderhoudsmaatregel met een hogere functionele kwaliteit als hij de levensduur van de betreffende deklaag onvoldoende vindt.

## Bijlage 1 Voorbeeld Duidingsmatrix (samenvatting)

laag:	Deklaag
mengsel:	LEAB SMA 8G+ 70/100 60%PA
laagdikte:	30 mm

Aspect	Apparatuur	Per Eenheid	Eenheid	Te laag (hoog risico)	Te laag (beperkt risico)	Goed	Te hoog (beperkt risico)	Te hoog (hoog risico)
<b>Asfaltlevering / transport</b>								
Asfalttemperatuur bij laden	Thermometer, lans 1m	Vracht	[°C]	... – 90	90 – 95	95 – 120		
Asfalttemperatuur bij aankomst project	Thermometer, lans 1m	Vracht	[°C]	... – 90	90 – 95	95 – 120		
Asfalttemperatuur bij lossen in voorlader	Thermometer, lans 0,5m	Vracht	[°C]	... – 90	90 – 95	95 – 120		
Asfalttemperatuur bij lossen in spreidmachine	Thermometer, lans 0,5m	Vracht	[°C]	... – 90	90 – 95	95 – 120		
Tijdsduur asfalt in transport	WITOS	Vracht	[uur]			0 – 2	2 – 3	3 – ...
<b>Asfaltverwerking</b>								
Snelheid verwerking asfalt	WITOS / GPS-rover	0,25m	[m/min]	0 – 1	1 – 3	3 – 7	7 – 8	8 – ...
Stopplekken spreidmachine	WITOS / GPS-rover	stuk	[min]			0 – 1	1 – 5	5 – ...
Asfalttemperatuur oppervlakte	Roadscan, Infraroodcamera	0,25 x 0,25m	[°C]	... – 85	85 – 95	95 – ...		
Homogeniteit asfalttemperatuur oppervlakte	Berekend per vak	50m-vak	[°C]			0 – 25	25 – 35	35 –
<b>Verdichting</b>								
Oppervlaktetemperatuur bij afstrooien	Roadscan, Infraroodcamera	0,25 x 0,25m	[°C]	... – 85	85 – 95	95 – ...		
Verdichtingsproces, aantal walsovergangen +/- gewenst	HCQ / GPS-rover	0,25 x 0x25m	[aantal]	.. – -5	-5 – -1	-1 – 1	1 – 5	5 – ...
Verdichtingsproces, temperatuur walsovergang	HCQ / GPS-rover	0,25 x 0,25m	[°C]	... – 40	40 – 50	50 – ...		
Laagdikte, MIT-scan	MIT-scan	50m-vak	[mm]					
Laagdikte, boorkernen (Standaard RAW Bepalingen)	Boorkern, proef 63	Vak RAW	[mm]					
<b>Verwerkingsomstandigheden</b>								
Ondergrondtemperatuur	WITOS	50m-vak	[°C]					
Luchttemperatuur	WITOS, weerstation	50m-vak	[°C]					
Relatieve luchtvochtigheid	WITOS, weerstation	50m-vak	[%]					
Windsnelheid	WITOS, weerstation	50m-vak	[m/min]					
Windrichting	WITOS, weerstation	50m-vak	[°N]					
Temperatuur en wind (Standaard RAW 81.22.03) X = temperatuur [°C] – wind [m/min]	Berekend per vak	50m-vak	[-]	X < 2,5	+2,5 < X < +5	X > 5		

**Toelichting:** in deze matrix kunnen nog kolommen worden toegevoegd waarin bijvoorbeeld meetnauwkeurigheid en dergelijke kunnen worden vastgelegd. Ook zijn een aantal regels (nog) niet ingevuld omdat hiervoor grenzen niet relevant zijn of gevonden worden of dat hiervoor in de RAW al specifieke afkeur- of kortingsgrenzen zijn opgenomen.

## Bijlage 2 Metingen tijdens een PQi

Onderdeel	Belangrijke aspecten	Meetapparatuur	Advies nauwkeurigheid	Output
<b>1. Logistiek</b> 1.1 Aanvoer asfalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vertrektijd asfaltcentrale; aankomsttijd bouwplaats, vracht ontladen tijd;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS-apparatuur</li> </ul>	+/- 5 m	"Track & trace" plot van elke asfaltvracht
1.2 Temperatuur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asfalt temperatuur bij beladen op asfaltcentrale;</li> <li>Asfalt temperatuur bij aankomst bouwplaats</li> <li>Asfalt temperatuur in hopper/shuttle buggy/feeder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insteek-thermometer, min 0,5m insteken</li> </ul>	+/- 1 °C	Afkoelingscurves
<b>2. Verwerking asfalt</b> 2.1 Temperatuur homogeniteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oppervlaktemperatuur achter balk,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dGPS-apparatuur<sup>2</sup></li> <li>IR-camera</li> <li>IR-linescanner</li> </ul>	+/- 10 mm +/- 1 °C	Temperature Contour Plot (TCP)
2.2 Verwerkingsproces	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spreidmachine locatie(s); snelheid, stopplekken</li> <li>Breedte en dikte asfalt laag,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dGPS-apparatuur</li> <li>handmatig, laagdikte meter (MIT-SCAN -T3), automatische breedtebepaling</li> </ul>	+/- 10 mm +/- 1 mm	Grafiek Snelheid Verwerking Locatie stopplekken
<b>3. Verdichting asfalt</b> 3.1 Wals homogeniteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wals locatie(s)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dGPS-apparatuur</li> </ul>	+/- 10 mm	Compaction Contour Plot (CCP)
3.2 Afkoelingsgedrag asfalt mengsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatuur onderlaag,</li> <li>Oppervlak en kerntemperatuur asfalt laag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IR-camera</li> <li>Thermokoppels</li> </ul>	+/- 1 °C +/- 0,1 °C	Afkoelingscurves
3.3 Verdichtingsprogressie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dichtheidsprogressie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nucleaire meetapparaat (Troxler o.g.) of niet nucleair PQI (PQI 380)</li> </ul>	+/- 1 kg/m <sup>3</sup>	Verdichtingsprogressie-curves
<b>4. Weersomstandigheden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatuur,</li> <li>Windsnelheid,</li> <li>Windrichting</li> <li>Luchtvochtigheid,</li> <li>Bedekking / zon instraling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weerstation, Vantage Davis Pro (of gelijkwaardig)</li> </ul>	+/- 0,1 °C +/- 0,1 m/s +/- 1 ° tov N +/- 0,1 % +/- W/m <sup>2</sup>	Actuele weersomstandigheden data en plots tijdens verwerking

<sup>2</sup> dGPS staat voor "differential global positioning system" waarbij de nauwkeurigheid van de GPS-positie aanzienlijk verbeterd doordat rekening wordt gehouden met de correcties van bijvoorbeeld atmosferische storingen. Hierdoor is de nauwkeurigheid van een dGPS-positie in X- en Y-richting ongeveer +/- 10mm waar een normale GPS-positie een nauwkeurigheid kent van ca +/- 0,5m. Voor een dGPS-positie is het noodzakelijk om de correctiesignalen waarmee de GPS-positie wordt verbeterd in te kopen (bijvoorbeeld bij een dienst als 06-GPS).

### Bijlage 3 Presentatie van de meetresultaten

Let op: Het is belangrijk om een compleet dossier na te streven en niet alleen visualisaties aan te leveren.

Typische onderdelen	Nauwkeurigheid / resolutie	Frequentie	Opmerking / toelichting
Verdichtingsstrategie	Per asfaltmengsel		Walsinzet (aantal en soort walsen) Minimum aantal walsovergangen (per wals) Gewenst temperatuurverdichtingsvenster (per wals)
TCP	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASPARI gebruikt een 20cm tegel (raster); de meeste leveranciers gebruiken een tegel van 25 of 30 cm</li> <li>GPS-nauwkeurigheid moet een ¼ van tegel dus 5cm nauwkeurigheid</li> <li>Temperatuur &gt; 0.1°C; nummers afgerond (gehele getallen gebruiken)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ca 1Hz frequentie voor temperatuur en GPS-data</li> <li>minimaal 25x25cm rasterdata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combinatie oppervlaktetemperatuur en DGPS</li> <li>Installatie tijd voor beide op de spreidmachine moeten &lt; 15-minuten zijn</li> </ul>
CCP	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASPARI gebruikt een 20cm tegel (raster); de meeste leveranciers gebruiken een tegel van 25cm</li> <li>GPS-nauwkeurigheid moet een ¼ van tegel dus rond 5cm nauwkeurigheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ASPARI - 1Hz frequentie voor GPS-data</li> <li>Leveranciers – tussen 0.2Hz (5 seconden) en 1Hz (1 second) – goed genoeg voor real-time visualisatie en nauwkeurige plots</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DGPS - Installatie tijd voor een GPS op een wals moet &lt; 5-minuten zijn</li> </ul>
Afkoelingscurves	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatuur &gt; 0.1°C; nummers afgerond (gehele getallen gebruiken)</li> <li>Thermokoppels moet gepaste ondersteuning hebben om kerntemperatuur nauwkeurig te meten (zie Figuur 3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Meet frequentie is 1Hz</li> <li>Data uploadt 0.0083Hz (elke 2 minuten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IR-camera</li> <li>Thermologger</li> <li>Troxler (nucleaire dichtheid meting) niet nucleair PQI (PQI 380)</li> <li>Opzet tijd voor CCCU ± 5-minuten</li> </ul>



Typische onderdelen	Nauwkeurigheid / resolutie	Frequentie	Opmerking / toelichting
Weergrafieken	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatuursensoren moeten een nauwkeurigheid van <math>\pm 0,5</math> °C</li> <li>• Nauwkeurigheid van buitenluchtvochtigheidssensoren moet <math>\pm 3\%</math></li> <li>• Sensorunit met neerslagmeter, temperatuur- en luchtvochtigheidssensoren en windsnelheidsmeter</li> <li>• Neerslagratio dag/maand/jaar</li> <li>• Datalogger</li> <li>• analyse / educatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meetfrequentie is 0.17Hz (1-minuut)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weerstation</li> </ul>
Tabellen logistiek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per vracht</li> <li>• (Bij voorkeur) gekoppeld aan locatie in het werk</li> </ul>	Per vracht	Aflevertemperatuur asfaltspecie centrale Aflevertemperatuur asfaltspecie hopper Transporttijd
Filmproces	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ca. 1024 x 768 pixels of beter</li> </ul>	+/- 1 beeld per seconde	Timelapse-camera