

Big data van verhardingen: wat te meten?

ing. E.A.H.M. van Osch

Heijmans Infra.

ir. S. Robroch

Heijmans Infra.

Samenvatting

Het voorspellen van degradatiegedrag van verhardingsconstructies is een lastig fenomeen. In 2015 is een onderzoek uitgevoerd om na te gaan of er informatie te gebruiken is vanuit de noemer 'big data'. Interessante gedachte, echter welke data is interessant en waar dienen we dan energie in te steken?

Er is een onderzoeksopzet gekozen om de inzichten van experts daarvoor te gebruiken vanuit 6 categorieën constructie, omgeving, klimaat, verkeer, bouwproces en materiaaleigenschappen, kijkend naar (2L-)ZOAB. Ondanks dat we weten dat klimaat (vorst-dooi cycli) en verkeer (aslasten) in de gebruiksfase een stevige belasting vormen, blijkt toch dat het bouwproces als meest bepalende factor komt bovendrijven. Als in die fase zaken anders lopen dan beoogd, is dat de aanzet tot een versnelde degradatie.

Daarmee komt het gebruik van big data in een ander perspectief te staan. Het effect van een mindere uitvoering leidt tot spreiding die we nog niet kunnen vertalen naar prestatievoorspelmodellen.

Aan de slag met big data heeft pas echt zin als we deze spreiding in uitvoeringskwaliteit kunnen verkleinen en als we de prestatie modellen hierop gaan door ontwikkelen. Het verder toepassen van meet- en regeltechniek bij produceren, transporteren, spreiden en walsen gaat ons helpen in de uitvoeringsfase. Daar gaat veel 'big data' ontstaan.

1. Inleiding

Infrastructurele aannemers worden in Nederland geconfronteerd met de uitdaging dat ze hun kennis over lange termijn prestaties van wegen dienen te verbeteren. Het is zoeken naar welke data bruikbaar en relevant is om het lange termijngedrag beter te gaan begrijpen en van daaruit beter te voorspellen.

Het voorspellen van degradatiegedrag voor verhardingsconstructies is een lastig fenomeen. We combineren normaliter de toestand met constructiegegevens en ouderdom om het vervangingsjaar in te schatten. De toestand wordt vaak ingevuld door visuele inspecties, aangevuld met specifieke wegdekmetingen.

Een student van de TU Eindhoven heeft in 2015 het voorspellen als afstudeeronderzoek opgepakt vanuit het perspectief of big data daarbij gaat helpen.

Het doel van dit onderzoek werd: *het inzichtelijk maken van de data die nodig is om de kennis over het gedrag van wegen te verbeteren door de factoren die abnormale degradatie beïnvloeden te identificeren.*

De onderzoeksvraag daarachter is als volgt: *Welke data is nodig voor infrastructurele aannemers om kennis over het abnormale degradatiegedrag van asfaltwegen te vergroten?* Interessante gedachte, echter welke data is interessant en waar dienen we dan energie in te steken?

Wegbeheerders gebruiken vaak prestatie modellen om het gedrag van wegen te voorspellen. De wegbeheersystematieken vertonen degradatiecurves en een voorspelling bij welke leeftijd vervanging noodzakelijk is. Deze modellen die de resterende levensduur van wegen voorspellen, vinden het toch moeilijk om accurate voorspellingen te maken. Het zijn empirische modellen met veelal voorspellingen gebaseerd op ervaringen. Deze prestatie modellen bevatten statistische representaties van schadeontwikkelingen, ze zijn gebaseerd op inspecties en nemen weinig tot geen variabelen in acht. In tegenstelling tot prestatie modellen hanteren andere sectoren Prestatievoorspelmodellen. Dat zijn meer geavanceerde voorspelmodellen dan de prestatie modellen en nemen variabelen in acht. Prestatievoorspelmodellen kunnen accurate prestatievoorspellingen maken, mits duidelijk is welke variabelen welke invloed uitoefenen.

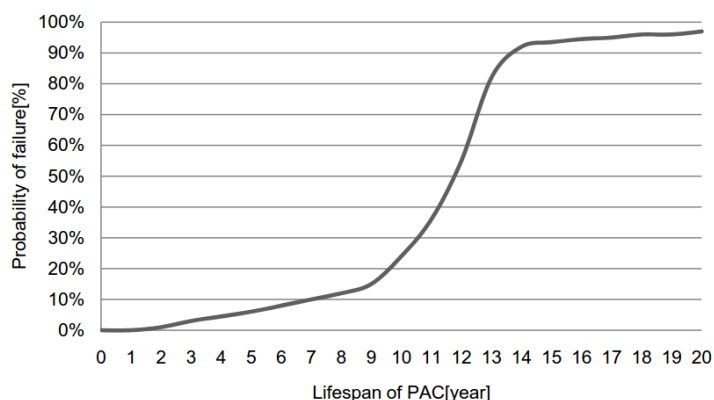


Figure 1: Cumulative lifespan distribution (Miradi, 2009)

In de wegenbouw is data over belangrijke invloedsvariabelen vaak niet beschikbaar, terwijl het meenemen van dergelijke variabelen essentieel is voor accurate voorspellingen. Tevens worden de effecten van degradatiefactoren op de levensduur van wegen niet goed begrepen.

De huidige databasen zijn niet toereikend of we weten niet hoe de meetwaarden te vertalen naar degradatietempo.

In de database vinden we de gegevens van visuele inspecties en de ouderdom van een wegverharding. Sommige wegbeheerders meten tevens periodiek de langs- en dwarsvlakheid. De draagkracht is doorgaans onbekend.

Daarom is het belangrijk om meer kennis te verkrijgen over de effecten van de meest belangrijke degradatiefactoren, zodat de precisie van voorspelmodellen kan worden geoptimaliseerd. prestatievoorspelmodellen hebben naar verwachting niet genoeg data om accurate voorspellingen te genereren. Data over de meeste belangrijke degradatiefactoren is dus nodig om de kennis over de prestaties van wegen te verbeteren.

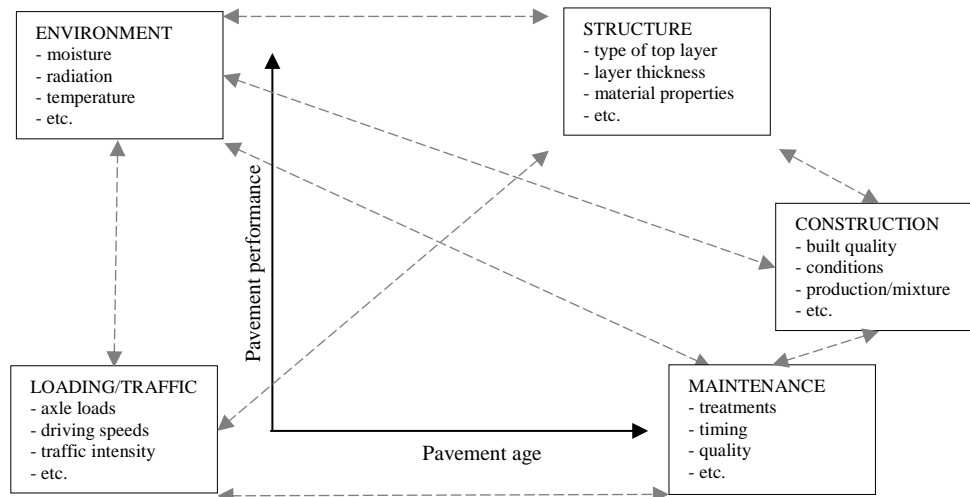


Figure 2: Representation of interacting factors affecting pavement performance (George, 2000; Saba, et al., 2006).

2. Onderzoeksaanpak

Omdat er beperkte kennis is over de effecten van condities en variabelen op de levensduur van wegen, betreft het direct een *fenomeen* dat alle typen wegen omvat. Het onderzoek is ingekaderd op het identificeren en scoren van relevante degradatiefactoren voor ZOAB en 2L-ZOAB in Nederland. Daar zien we immers de langjarige onderhoudscontracten ontstaan. Een onderzoek dat focust op Nederlandse snelwegen want andere landen hebben te maken met verschillende condities die het gedrag van wegen bepalen. Daarnaast is Nederland één van de weinige landen waar ZOAB deklagen op grote schaal zijn toegepast. Een literatuuronderzoek gaf wat meer inzicht over de gangbare werkwijzen en data.

Data content	SHRP-NL	WINFRABASE
Period of data	10 years continuously (1990-2000)	Year of maintenance (ongoing)
PAC included	Yes	Yes
2L-PAC included	No	Yes
Performance/Condition data	Yes	Yes
Structure/Material properties	Yes	No
Environment/Climate data	Limited	No
Loading/Traffic data	Limited	No
Construction conditions	No	No
Maintenance data	No	No

Table 1: Contents overview of databases.

Geconcludeerd werd dat er van diverse invloedsfactoren geen of nauwelijks data voorhanden is. Beseffende dat deze factoren wel degelijk van invloed zijn op het degradatiegedrag, werd ook geconcludeerd dat de effecten van wel beschikbare data niet eenduidig waren te voorspellen.

Al met al bood het te weinig aanknopingspunten om een specifieke model te gaan fijn-tunen of specifieke data te gaan verzamelen.

Gekozen is opinies van experts te gaan raadplegen om inzicht te verkrijgen welke factoren nu wezenlijk de degradatie gaan beïnvloeden.

Kijkend naar (2L-)ZOAB is een onderzoeksopzet gekozen om de inzichten van experts daarvoor te gebruiken vanuit 6 categorieën:

- constructie
- omgeving
- klimaat
- verkeer
- bouwproces
- materiaaleigenschappen

Daarbij is de systematiek van de Fuzzy Delphi principes gehanteerd; een groep van experts wordt geïnterviewd en bevraagd in 2 rondes. Ronde 1 is bedoeld om alle relevante factoren te identificeren. In ronde 2 worden deze factoren gezamenlijk van een gewicht voorzien zodat een ranking ontstaat vanuit importantie naar het degradatiegedrag.

3. Onderzoeksbevindingen

Een groep van 22 experts is geïnterviewd met deelnames van zowel opdrachtgevers (wegbeheerders) als opdrachtnemers (lees aannemers). De groep was functioneel gemêleerd met ontwerpers, beheerders, uitvoerders, R&D-ontwikkelaars en materiaaldeskundigen. Deze experts hebben aldus 73 unieke factoren geïdentificeerd; 37 voor de uitvoeringsfase en 36 voor de levensduurfase.

Construction phase	Identified factors	Lifespan phase	Identified factors
1. Processing temperature	5	1. Climate	6
2. Base layer	9	2. Loads	9
3. Transportation	2	3. Pollution	9
4. Paving	15	4. Soil/base layer	3
5. Compaction	4	5. Other	9
6. Other	2		
	<i>Total:</i> 37		<i>Total:</i> 36

Table 2: Clustering of identified factors.

In de 2^e ronde zijn deze van gewicht voorzien en kreeg elke factor een waarde. Elke expert beoordeelde elke factor 3 keer; de minimale waarde, de optimale waarde en de maximale waarde voor ZOAB en dubbellaags-ZOAB. Daarbij is een gewicht toegekend op een 7 punten schaal die representatief was voor de jaren van verslechtering (1 = 'geen effect', 2 = '0 tot 1 jaar', ... 7 = '> 5 jaren').

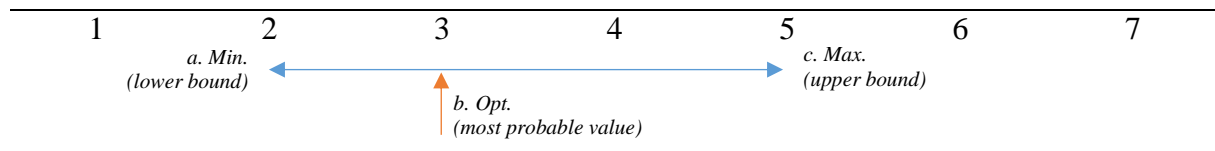


Figure 3: Representation of Fuzzy Delphi (triangular fuzzy number) principle.

De factoren die boven de drempelwaarde van 0.4 hebben gescoord, worden beschouwd als waardevol om te monitoren. 45 unieke factoren hebben een score hoger dan 0.4; 26 voor de uitvoeringsfase en 19 voor de levensduurfase.

	Total factors construction phase	Retained factors construction phase	Total factors lifespan phase	Retained factors lifespan phase
Pac	37	19	36	15
2lpac	37	26	36	19

Table 3: Overview of the total number of retained factors.

Uitvoeringscondities hebben volgens de experts een grote invloed op wegdegradatie. Voor ZOAB betreft dit 61 procent van de factoren die hoger zijn gescoord dan 0.4 uitvoeringsfactoren, voor 2L-ZOAB betreft dit een soortgelijk percentage (65 procent). De hoogst gescoorde factoren van de levensduur fase zijn vaak van lokale en incidentele aard. Dit betekent dat ze incidenteel voorkomen en een hoge impact hebben op een klein oppervlak. Ook hierbij worden degradatiefactoren met een hogere score dan 0.4 beschouwd als waardevol om te monitoren. Opvallend was dat klimaat- en verkeersfactoren grotendeels onder de grenswaarde scoorden. Ondanks de relatief lage score daarvan, worden deze factoren toch als belangrijk gezien, omdat ze van structurele aard zijn. De meeste klimaat- en verkeersfactoren hebben invloed op het gehele weggoppervlak en kunnen terugkerend zijn.

Daarom is besloten klimaat- en verkeersfactoren te monitoren die hoger gescoord zijn dan 0.2 voor zowel ZOAB als 2L-ZOAB.

In zowel de Uitvoeringsfase als de Levensduurfase ontstond door de ranking een top 3 van meest invloedrijke factoren (zie voor het totaal de bijlagen I en II).

Deterioration factors during construction		(S_j) PAC	(S_j) 2L-PAC
Category 4: Paving			
Factor 27	Asphalt joint constructed in wheel track of traffic	0.576	0.602
Category 5: Compaction			
Factor 33	Compacted with too low temperature of asphalt (too late)	0.561	0.597
Factor 34	Wrong wheel roller used for compaction	0.527	0.544
Deterioration factors during lifespan		(S_j) PAC	(S_j) 2L-PAC
Category 2: Traffic			
Factor 12	Tight curve in road, e.g. cloverleaf loop	0.556	0.597
Category 3: Pollution			
Factor 23	Oil on road surface	0.594	0.614
Category 5: Other			
Factor 28	Steel wheel roller over existing pavement	0.567	0.587

Table 4: resume of most important deterioration factors

4. Onderzoeksresultaat

Voor zowel ZOAB als dubbellaags-ZOAB komen dezelfde factoren bovendrijven die het degradatiegedrag het sterkst beïnvloeden (in negatieve zin). Tijdens de gebruiksfase betreft het calamiteiten en ongunstige situaties (wringend verkeer) die de boventoon voeren. Mits goed uitgevoerd is de rijbaan geschikt voor het geprognosticeerde verkeersaanbod en bestand tegen de weersinvloeden.

Tijdens de Uitvoeringsfase dienen we te voorkomen dat langsnaden in het wielspoor komen te liggen en verdient het walsen echt aandacht. Zorgen dat we niet bij te koude temperaturen walsen en of de verkeerde walsen inzetten.

Het is wel bijzonder lastig om het overgrote deel van de benoemde factoren te vertalen naar voorspelbaarheid van het degradatietempo. Stel dat we datasystemen zouden hebben die ons (frequent) inzicht geven in de prestaties, dan is nog steeds de vraag of we het effect ervan kunnen vertalen naar een prestatievoorspelling. Onze prestatie modellen lenen zich er niet voor.

5. Hoe nu verder ?

De meeste Uitvoeringscondities zijn controleerbaar. Menselijke interventies kunnen deze factoren dus minimaliseren of elimineren. Dit betekent dat onvoorspelbaar degradatiegedrag voor een groot gedeelte een resultaat is van menselijke acties en falen tijdens de uitvoering. De sector is zich hiervan bewust. Een goede invulling van Kwaliteitsborging tijdens realisatie verdient krijgt aandacht. Bedrijfscontroles niet uitvoeren voor het opleverdossier maar om direct bij te sturen waar nodig.

Echter we meten en registreren te weinig tussen het moment van bedrijfscontrole van de Productie (FPC) en de bedrijfscontrole Verwerking (boorkernen). Het programma Aspaari (samenwerking TU Twente en het bedrijfsleven) stimuleert meet- en regeltechniek gedurende het gehele asfaltproces zodat we real-time kunnen gaan volgen wat we doen (en laten). Bij tegenvallende resultaten kan beter worden geanalyseerd waar in het proces het anders is gelopen dan vooraf werd beoogd. Als weggedeelten eerder onderhoud behoeven dan geprognostiseerd in de onderhoudsplanning, dan is de oorzaak met meer data beter te analyseren. Onze huidige bedrijfscontroles geven daarin te weinig inzicht.

Het blijkt toch dat het bouwproces als meest bepalende factor komt bovendrijven. Als in die fase zaken anders lopen dan beoogd, is dat de aanzet tot een versnelde degradatie. Het effect van een mindere uitvoering leidt tot spreiding die we nog niet kunnen vertalen naar prestatievoorspelmodellen.

In de gebruiksfase zijn het met name de incidenten (calamiteiten en ongelukken) die versneld onderhoud veroorzaken. Daarmee komt het gebruik van big data in een ander perspectief te staan. Immers het monitoren vanuit weerstations of aslasten is absoluut relevant. Beïnvloeden ervan is echter lastig. Het effect ervan op de verwachte renovatiedatum is te berekenen maar is alleen betrouwbaar als de gehele weg een uniform geheel vormt

Aan de slag met big data heeft pas echt zin als we de spreiding in uitvoeringskwaliteit kunnen verkleinen en als we de prestatie modellen hierop gaan doorontwikkelen. Het verder toepassen van meet- en regeltechniek bij produceren, transporteren, spreiden en walsen gaat ons helpen in de uitvoeringsfase. Hieronder is dat schematisch weergegeven. De 'rode sterren' omvatten de reguliere bedrijfscontrole-activiteiten tijdens het asfaltproces. Voor de transportfase zijn al systemen in gebruik met track en trace informatie (groene ster) met data van elke specifieke vracht. Bij de paver en de walsen worden gps-systemen en temperatuursensoren ingezet die procesdata gaan registreren (de paarse sterren).

Hiermee gaat veel 'big data' ontstaan waardoor we meer grip krijgen op een hogere kwaliteit tijdens de uitvoering. Daarnaast gaat deze big data ons helpen bij afwijkingen een betere oorzaak-gevolg analyse te kunnen uitvoeren.



Figure 3: the growing of important data during the asphalt proces

Bijlagen I en II

bronvermelding:

Master Thesis 2014-2015; 'Using Experts' Knowledge to Identify Deterioration Factors of Dutch Highways' door ir. M. van de Eijnde, juli 2015

Table I:: Overview of the retained factors of the construction phase with the calculated crisp value.

Deterioration factors during construction		(S _j) PAC	(S _j) 2L-PAC
Category 1: Processing Temperature			
Factor 1	Abnormal onset temperature of mixture	0.447	0.473
Factor 2	Inadequate cooling curve (too fast)	0.433	0.460
Factor 4	Abnormal temperature consistency of mixture	0.420	0.447
Category 2: Base Layer			
Factor 6	Polluted subsurface before paving	0.438	0.469
Factor 8	Poor adhesive coating	0.447	0.447
Factor 9	Poor millwork of subsurface	N.A.	0.429
Factor 10	Too low temperature of subsurface	N.A.	0.407
Factor 12	Foundation too small	N.A.	0.407
Factor 13	Deviating stiffness of foundation	0.424	0.438
Factor 14	Insufficient carrying capacity of subsurface	0.456	0.473
Category 3: Transportation			
Factor 15	Varying homogeneity of mixture when applied	0.416	0.460
Factor 16	Segregation of the mixture	0.469	0.487
Category 4: Paving			
Factor 18	Paver made a stopping point (discontinuity)	0.447	0.478
Factor 21	Paver was insufficiently pre-heated	0.402	0.447
Factor 23	Too thin constructed pavement layer	N.A.	0.424
Factor 26	Paving warm asphalt against cold asphalt w/o joint heaters	0.464	0.500
Factor 27	Asphalt joint constructed in wheel track of traffic	0.576	0.602
Factor 28	Joints situated above one another	0.451	0.464
Factor 29	Manually raking asphalt at joints	N.A.	0.420
Factor 30	Paving with a widened paver w/o extending the worms	0.411	0.464
Category 5: Compaction			
Factor 32	Excessive compaction	0.469	0.478
Factor 33	Compacted with too low temperature of asphalt (too late)	0.561	0.597
Factor 34	Wrong wheel roller used for compaction	0.527	0.544
Factor 35	Unequally compaction	0.433	0.462
Category 6: Other			
Factor 36	Base-layer was abnormally loaded, e.g. traffic loads	N.A.	0.402
Factor 37	Pavement was too early opened up for traffic (insufficient strength)	N.A.	0.407

Note: N.A. means Not Applicable, i.e. value did not reach threshold.

Table II:: Overview of the retained factors of the lifespan phase with the calculated crisp value.

Deterioration factors during lifespan		(S_j) PAC	(S_j) 2L-PAC
Category 2: Traffic			
Factor 10	Increase of wringing traffic	0.531	0.567
Factor 12	Tight curve in road, e.g. cloverleaf loop	0.556	0.597
Category 3: Pollution			
Factor 16	Polluted road surface	0.401	0.428
Factor 18	Insufficient drainage capabilities	0.428	0.469
Factor 19	Grass ingrowth in the redress- or emergency lane.	N.A.	0.423
Factor 20	Loose stones on road because of ravelling	N.A.	0.418
Factor 22	Cadaver on road surface	0.438	0.469
Factor 23	Oil on road surface	0.594	0.614
Factor 24	Gasoline on road surface	0.521	0.526
Category 4: Soil/Base Layer			
Factor 25	Unequal residual subsidence in soil base/subgrade	0.423	0.433
Factor 26	Weak soil base/subgrade below widened lane	0.506	0.517
Factor 27	Groundwater level too high	0.464	0.495
Category 5: Other			
Factor 28	Steel wheel roller over existing pavement	0.567	0.587
Factor 29	Misuse of road surface, e.g. snowplough	0.526	0.551
Factor 30	Cleaning of pavement surface with rotating steel wire brush	N.A.	0.418
Factor 31	Removed linings with water blasting	0.459	0.485
Factor 33	Collapsed bituminous joints	0.533	0.578
Factor 34	Mechanical/scratch damage lengthwise	0.408	0.438
Factor 36	Difference in age between road segments widthwise	N.A.	0.413

Note: N.A. means Not Applicable, i.e. value did not reach threshold.