

**Maatschappelijke kosten-batenanalyse van onderhoudstrategie-  
en bij het beheer en onderhoud van snelwegen**

Ir. M. (Michiel) Muller  
TNO  
michiel.muller@tno.nl

Drs. M.A.G. (Marco) Duijnisveld  
TNO  
marco.duijnisveld@tno.nl

Ir. G. A. (Greet) Leegwater  
TNO  
greet.leegwater@tno.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
25 en 26 november 2010, Roermond**

## **Samenvatting**

Het komende decennium zullen de uitgaven voor beheer en onderhoud van de Nederlandse infrastructuur toenemen. Vanwege de toegenomen druk op de beschikbaarheid van wegen wordt het vraagstuk hoe de verschillende werkzaamheden te prioriteren en welke strategieën er tijdens het onderhoud gebruikt zouden kunnen worden steeds belangrijker.

TNO heeft een rekeninstrument ontwikkeld om inzicht te creëren in de maatschappelijke kosten en baten van beheer en onderhoud van wegdekken. Het rekeninstrument biedt de mogelijkheid om de maatschappelijke effecten van verschillende onderhoudsstrategieën af te wegen, ook is het mogelijk om het effect van het uitstellen of vroegen te bestuderen. Het rekeninstrument wordt de MKBO-tool genoemd, omdat Maatschappelijk Kosten en Baten van Onderhoud worden berekend. Hiernaast is tevens een indicatie van de directe kosten beschikbaar, zodat een integrale afweging gemaakt kan worden. De maatschappelijke effecten die inzichtelijk gemaakt worden zijn bereikbaarheidseffecten, effecten van de reistijdontbetrouwbaarheid, verkeersveiligheid, effecten op de leefbaarheid en het rijcomfort en slijtage aan het voertuig.

In de tool zijn alle relevante degradatiemechanismen opgenomen en is een directe relatie gelegd tussen de status van de infrastructuur en de maatschappelijke effecten. Bij de opzet van het model is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van beschikbare literatuur en zijn verbanden gekwantificeerd opgenomen in het model. Hiermee geeft de tool een eerste indruk van de maatschappelijke effecten die optreden als gevolg van een onderhoudsstrategie.

De MKBO-tool is een hulpmiddel dat een beleidsmaker of besluitvormer ondersteunt bij het maken van de afweging in de timing van onderhoud aan snelwegen. De tool laat zien dat het uitstellen van onderhoud tot significante maatschappelijke kosten kan leiden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er maatschappelijk kosten ontstaan als een weg versleten is en toe is aan onderhoud. De tool kent vele toepassingsmogelijkheden. Naast de keuze in timing van onderhoud kan ook bijvoorbeeld het effect van het monitoren van de staat van het wegdek worden beschouwd. In de toekomst kan de tool worden uitgebreid met nieuwe mogelijkheden, bijvoorbeeld om keuzes te maken voor de toepassing van nieuwe materialen voor de constructie van wegen of overig wegmeubilair.

## **1. Inleiding**

Het komende decennium zullen de uitgaven voor beheer en onderhoud van de Nederlandse infrastructuur toenemen; dit wordt onder andere veroorzaakt door het steeds groter wordende areaal, het achterstallige onderhoud en het steeds intensievere gebruik. Voor de periode 2010 - 2014 worden de kosten van Beheer en Onderhoud van het hoofdwegennet geschat op ongeveer 1 miljard euro per jaar [1]. Daarbij speelt dat de mate van gebruik van het wegennet zo hoog is geworden, dat er in delen van het land weinig ruimte overblijft om onderhoudswerkzaamheden uit te voeren zonder dat grote hinder voor de weggebruikers ontstaat.

Vanwege deze toegenomen druk op de beschikbaarheid van wegen wordt het vraagstuk hoe de verschillende werkzaamheden te prioriteren en welke strategieën er tijdens het onderhoud gebruikt zouden kunnen worden steeds belangrijker. Op dit moment wordt de keuze voor type onderhoud en prioritering geheel op technische gronden gedaan. Het onderhoud wordt uitgevoerd wanneer de weg reeds versleten is of wanneer de verwachting bestaat dat dit binnen afzienbare tijd zal gebeuren. De maatschappelijke waarde van deze weg en de maatschappelijk kosten die onderhoud met zich meebrengt, worden in de keuze nog niet voldoende meegenomen.

Tijdens onderhoud aan wegen kunnen aanzienlijke maatschappelijke kosten ontstaan door bijvoorbeeld filevorming. Het uitstellen van onderhoud brengt echter ook maatschappelijk kosten met zich mee doordat bijvoorbeeld de veiligheid van de weg achteruit gaat of het geluidsniveau rondom de weg toeneemt. De uitdaging is dus om de omvangrijke onderhoudsinspanningen die nodig zijn om de kwaliteit van de infrastructuur te waarborgen, zo uit te voeren, dat er zo weinig mogelijk van dergelijke maatschappelijke kosten 'gegenereerd' worden.

TNO heeft een rekentool ontwikkeld om inzicht te creëren in de maatschappelijke kosten en baten van beheer en onderhoud van wegdekken. De rekentool biedt de mogelijkheid om de maatschappelijke kosten van verschillende onderhoudsstrategieën met elkaar te vergelijken. Daarnaast is het mogelijk om het effect van het uitstellen of vervroegen van onderhoud te bestuderen. De tool wordt de "MKBO-tool" genoemd, omdat de Maatschappelijke Kosten en Baten van Onderhoud inzichtelijk gemaakt worden. De functionaliteit van de tool en de aannames die hieraan ten grondslag liggen zullen in dit paper worden toegelicht. Er zal worden afgesloten met de eerste resultaten van berekeningen met de tool. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de tool verder ontwikkeld wordt, zodat conclusies mogelijk kunnen veranderen.

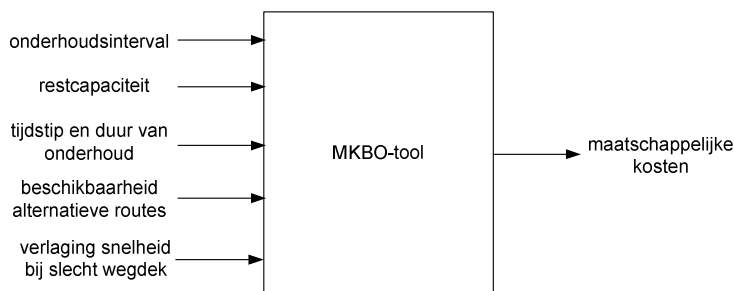
## **2. Ontwerp MKBO rekentool**

De MKBO-tool is een hulpmiddel dat een beleidsmaker of besluitvormer ondersteunt bij het maken van de afweging in de timing van onderhoud aan snelwegen. Hij wordt hierbij geholpen door verschillende varianten in timing met elkaar te vergelijken op de effecten op de maatschappij. De gebruiker geeft voor elke variant als input aan welk onderhoudsinterval wordt gekozen, wat de restcapaciteit voor het verkeer is geduren-

de de werkzaamheden is, op welke tijdstippen de werkzaamheden plaatsvinden en hoe lang de werkzaamheden duren. Daarnaast moet de beschikbaarheid van alternatieve routes worden aangegeven die gebruikt kunnen worden gedurende de werkzaamheden. Ook dient de gebruiker aan te geven of de snelheid van de voertuigen gemiddeld lager wordt wanneer de weg niet meer aan de eisen voor de weg voldoet (Basis Onderhouds Niveau, BON). Dit kan bijvoorbeeld worden bereikt door een verlaging van de snelheidslimiet op het traject.

De MKBO-tool levert als uitkomst de maatschappelijke kosten (naast de directe kosten). Deze kosten worden onderverdeeld in kosten voor (verminderde) bereikbaarheid, kosten voor (on)betrouwbaarheid van de reistijd voor weggebruikers, kosten van verkeers(on)veiligheid, kosten van (verminderde) leefbaarheid als gevolg van geluids-overlast en verslechtering van de luchtkwaliteit en tot slot de kosten voor verminderd rijcomfort voor de weggebruiker en schade aan voertuigen. In de volgende paragraaf wordt dieper op deze onderverdeling ingegaan.

In het model zelf wordt op basis van de door de gebruiker gemaakte keuzes (invoer) met behulp van een groot aantal relaties de maatschappelijke effecten geschat. In hoofdstuk 3 wordt een aantal van deze relaties uitgelicht.



**Figuur 1: Overzicht invoermogelijkheden MKBO-tool**

## 2.1 Indeling maatschappelijke effecten

De maatschappelijke kosten en baten van het wegonderhoud of het uitstellen hiervan worden geïnventariseerd op basis van de effecten die ook worden onderscheiden in de Overzicht Effecten Infrastructuur (OEI) systematiek. Deze OEI-systematiek wordt gebruikt om de maatschappelijke kosten en baten van nieuwe infrastructuur te ordenen. Dit overzicht wordt vervolgens gebruikt om keuzes met betrekking tot de realisatie van nieuwe infrastructuur beter te onderbouwen. Naast de effecten uit het OEI zijn tevens de effecten rijcomfort en schade aan voertuigen meegenomen, omdat deze mogelijk ook leiden tot maatschappelijke kosten. Samenvattend betekent dit dat de onderstaande effecten worden meegenomen voor in het ontwerp van de rekentool:

- Bereikbaarheid
- Betrouwbaarheid (van de reistijd)
- (Verkeers)Veiligheid
- Leefbaarheid (geluid / emissies)
- Rijcomfort en schade aan voertuig (geen onderdeel van OEI)

Om de maatschappelijke effecten van onderhoud van wegen in kaart te brengen is een uitgebreide inventarisatie gedaan. Deze inventarisatie bestond uit een literatuurstudie, waarbij onder andere de achtergronden van het BON zijn bestudeerd. Daarnaast zijn er verschillende interviews afgenomen en is een werksessie georganiseerd.

## 2.2 Onderhoudsbehoeften en schademechanismen wegdekken

Rijkswaterstaat heeft in het document Basis Onderhouds Niveau (BON), vastgelegd welk minimum pakket aan onderhoudsmaatregelen noodzakelijk is om de hoofdinfrastructuur op langere termijn in stand te houden en naar behoren te laten functioneren [2]. Het BON beschrijft de technische gronden die nu de basis vormen voor onderhoudsafwegingen. Op basis van het BON zijn de schademechanismen vastgelegd die worden meegenomen in de MKBO-tool.

De belangrijkste schademechanismen die leiden tot onderhoud en dus maatschappelijke effecten verschillen tussen ZOAB en DAB. De schademechanismen zijn weergegeven in Figuur 2. Als verondersteld wordt dat in 2012 90% van het areaal uit ZOAB bestaat, dan zal 68% van de totale onderhoudskosten worden gegenereerd door rafeling van open deklagen. Rafeling is dus het schademechanisme dat de meeste aandacht verdient bij het onderhouden van de tool.

Naast rafeling zijn voor ZOAB scheurvorming, dwarshelling, langsonvlakheid, stroefheid en draagvermogen de belangrijke schademechanismen. Voor DAB is naast de eerder genoemde schades spoorvorming ook een belangrijk schademechanisme. In de tool wordt alleen de schade aan de deklaag beschouwd, om deze reden worden draagvermogen en dwarshelling niet meegenomen. Deze schades hangen namelijk samen met de wegfundering. Scheurvorming hangt in veel gevallen samen met schade aan de fundering en wordt daarom ook niet meegenomen. Het MKBO-tool houdt dus rekening met de volgende schademechanismen:

- rafeling
- spoorvorming
- stroefheid.

Schade	DAB	ZOAB
Rafeling	60	75
Scheurvorming	15	5
Rijspoordiepte	5	0
Dwarshelling	5	5
Langsonvlakheid	5	5
Stroefheid	5	5
Draagvermogen	5	5
Totaal	100 %	100 %

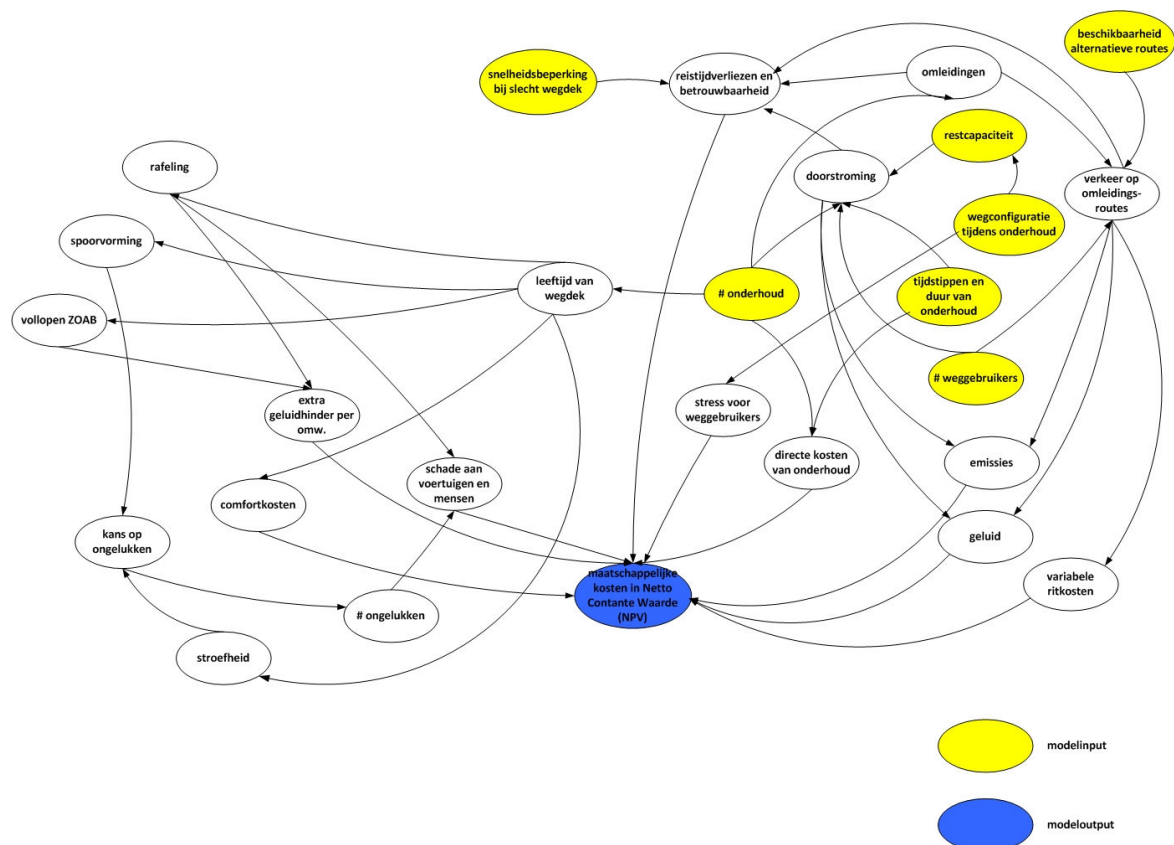
**Figuur 2: Indicatie van aan schades gerelateerde kosten (in procenten) volgens het BON [2]**

### 2.3 Ontwerp MKBO-tool

De rekentool gaat uit van een weg die langzaam degradeert naarmate de tijd verstrijkt. De verschillende schademechanismen die optreden gedurende de tijd leiden tot maatschappelijke effecten. Dit betekent dat als er geen onderhoud wordt gepleegd de maatschappelijke kosten als gevolg van het uitstellen van onderhoud zullen toenemen in de tijd. Vervolgens worden in de tool verschillende mogelijkheden geboden om onderhoud uit te voeren. Het moment van onderhoud kan worden bepaald en er kan worden aangegeven of dit onderhoud 's nachts of overdag wordt uitgevoerd, in het weekend of door de weeks en of de gehele rijbaan wordt afgesloten of dat er slechts een deel wordt afgesloten. Al deze keuzes hebben invloed op de maatschappelijk kosten en baten gedurende onderhoud.

### 3. Relaties in rekentool

Het model gaat uit van een groot aantal relaties, die tijd, schade, onderhoud en kosten aan elkaar relateren. De kwaliteit van deze relaties bepaalt de kwaliteit van de schatting van de maatschappelijke kosten door de tool. In deze paragraaf wordt een aantal van de relaties die ten grondslag liggen aan de tool nader toegelicht.



**Figuur 3: Relaties opgenomen in de methodiek**

### 3.1 *Bereikbaarheid en betrouwbaarheid van reistijden*

In de rekentool worden de maatschappelijke kosten van bereikbaarheid en betrouwbaarheid uitgedrukt in het totale reistijdverlies van alle weggebruikers samen (voertuigverliesuren). Dit is de som van aantal uren dat alle voertuigen extra op de weg zijn. Deze voertuigverliesuren worden omgerekend naar kosten door een vermenigvuldiging met een vastgesteld bedrag dat een verliesuur van een persoon gemiddeld kost, de reistijdwaardering (value-of-time).

Reistijdverlies kan verschillende oorzaken hebben. Achtereenvolgens wordt ingegaan op het reistijdverlies gedurende wegwerkzaamheden als gevolg van filevorming, het reistijdverlies als gevolg van een verlaging van de maximumsnelheid en het reistijdverlies als gevolg van het omrijden via alternatieve routes. De betrouwbaarheid van de reistijd is ook opgenomen in de tool, maar dit wordt in dit artikel niet verder toegelicht.

#### *Reistijdverlies door files*

Voor het berekenen van het reistijdverlies gedurende wegwerkzaamheden is gebruik gemaakt van een verkeerskundig wachtrijmodel. Eerst wordt een wachtrijmodel gemaakt voor een referentiesituatie. Dit maakt het mogelijk de effecten van de wegwerkzaamheden te zuiveren van dagelijks aanwezige files. Voor het samenstellen van de referentiesituatie zijn de volgende gegevens nodig:

- A. Het intensiteitsprofiel op het wegvak (voertuigen/uur over de tijd).
- B. De grootte van het aanwezige knelpunt (capaciteit in voertuigen/uur).  
Hierbij wordt het onderscheid gemaakt tussen werkdagen en weekenddagen. De verkeersintensiteit wordt bepaald met behulp van meetlussen. De capaciteit van de weg kan bijvoorbeeld geschat worden met behulp van de CapaciteitsCalculator [3].

Het wachtrijmodel voor de referentiesituatie hanteert een tijdsinterval van één minuut. De ingegeven intensiteit (in voertuigen per uur) voor elke minuut wordt omgerekend in een aantal voertuigen per minuut. Wanneer de intensiteit groter wordt dan de capaciteit ontstaat een wachtrij. Zolang de intensiteit groter is dan de capaciteit, groeit de wachtrij elke minuut met het verschil tussen intensiteit en capaciteit. De wachtrij neemt weer af als de intensiteit lager wordt dan de capaciteit. De hoeveelheid voertuigverliesuren wordt bepaald door de lengte van de wachtrij van alle tijdstappen te sommeren en dit aantal te delen door 60 minuten.

Na het bepalen van een referentiesituatie kan deze worden vergeleken met een situatie gedurende onderhoud. Om de hoeveelheid voertuigverliesuren te berekenen gedurende onderhoud is de volgende input nodig:

- C. De restcapaciteit die nog beschikbaar is op de hoofdroute tijdens de wegwerkzaamheden (% van de totale capaciteit).
- D. De verdamping.

De restcapaciteit is afhankelijk van diverse factoren, zoals de aanwezigheid van slingers en de breedte van rijstroken. De restcapaciteit kan bijvoorbeeld bepaald worden met de CapaciteitsCalculator. De verdamping is het wegblijven van het verkeer door

dat sommige mensen besluiten geen rit langs werkzaamheden te maken wanneer zij op de hoogte zijn van deze werkzaamheden. Bij de doorgerekende cases is aangenomen dat er geen verdamping is. Dit is een principiële keuze, omdat indien er wel sprake was van verdamping dit verborgen maatschappelijke kosten zijn, immers het niet kunnen maken van een reis, het uitstellen van een reis of het kiezen van een andere bestemming is ook te zien als een maatschappelijk kostenpost.

Het wachtrijmodel voor de situatie tijdens werkzaamheden werkt op dezelfde manier als in de referentiesituatie, met als verschil dat het ook mogelijk is dat voertuigen een alternatieve route kiezen. Het verschil in voertuigverliesuren tussen de referentiesituatie en de situatie gedurende onderhoud wordt vermenigvuldigd met de value-of-time en meegenomen als maatschappelijke kosten.

#### *Reistijdverlies door verlaging van de maximumsnelheid*

De verlaging van de maximumsnelheid ter hoogte van het werkvak leidt voor het verkeer dat de wegwerkzaamheden passeert tot een grotere reistijd (oftwel vertraging). Om deze vertraging te berekenen is de volgende input nodig:

- E. Lengte van het werkvak (km).
- F. Extra lengte waarop de snelheidslimiet van toepassing is (km).
- G. Reguliere limiet (km/uur).
- H. Limiet tijdens de werkzaamheden (km/uur).

Op basis van de input van E t/m H en de verkeersintensiteit kan de totale vertraging worden berekend (in voertuigverliesuren). Deze hoeveelheid wordt vermenigvuldigd met de reistijdwaardering voor de berekening van de maatschappelijke kosten.

Wanneer een weg veroudert, kan ook vertraging optreden omdat vanwege de veiligheid een lagere snelheidslimiet wordt ingesteld. Dit is echter wel afhankelijk van de mate waarin weggebruikers zich houden aan deze snelheid. Ook deze maatschappelijke kosten kunnen met de tool worden berekend.

#### *Reistijdverlies door het gebruik van alternatieve routes*

In de MKBO-tool kunnen maximaal vier alternatieve routes worden aangegeven. Deze routes kunnen omleidingsroutes representeren die zijn aangegeven door de wegbeheerder of alternatieve routes die door weggebruikers zelf worden gekozen. Een alternatieve route wordt in het model gebruikt wanneer de vertraging op de hoofdroute gelijk is aan of groter is dan de extra reistijd op de alternatieve route.

Per alternatieve route dient in de MKBO-tool het volgende te worden aangegeven:

- A. afstand via de locatie van het werkvak
- B. afstand via de alternatieve route
- C. reistijd via de locatie van het werkvak
- D. reistijd via de alternatieve route
- E. capaciteit op de alternatieve route (ter hoogte van het bepalende knelpunt op die route)
- F. intensiteit tijdens piekuren op de alternatieve route (ter hoogte van het bepalende knelpunt op die route)



Indien de wachttijd voor het verkeer op de hoofdroute groter is dan de extra reistijd van een alternatieve route, dan worden de betreffende alternatieve routes gebruikt. Het verkeer uit de wachtrij van de hoofdroute wordt verdeeld over de betreffende alternatieve routes naar verhouding van de beschikbare capaciteit op de alternatieve routes. Hierdoor blijft mogelijk de wachtrij op de hoofdroute beperkt en heeft een aantal voertuigen een aangepaste reistijd met bijbehorende voertuigen.

### 3.2 Verkeersveiligheid

In deze paragraaf wordt de invloed van de verkeersveiligheid nader uitgewerkt. Er is voor alle schademechanismen die eerder in dit artikel zijn genoemd gekeken naar de relatie tussen de status van de infrastructuur en de mogelijke effecten hiervan op de verkeersveiligheid van de weggebruiker. De veiligheid van de wegwerker is buiten beschouwing gelaten. Er wordt in het model rekening gehouden met het feit dat het aantal ongevallen daalt indien de gemiddelde snelheid daalt. In Van Gent [4] is een literatuur- en bronnenonderzoek gerapporteerd naar de verkeersveiligheid gedurende wegwerkzaamheden. De bestudeerde literatuur gaf geen eenduidig beeld van de invloed van wegwerkzaamheden op de verkeersveiligheid. Er zijn dan ook geen veranderende ongevalkans in het model verondersteld bij werk in uitvoering.

Met betrekking tot verkeersveiligheid is ervoor gekozen om in dit artikel de invloed van stroefheid nader toe te lichten. Andere relaties zoals bijvoorbeeld rafeling, spoorvorming en een snelheidsreductie, ieder met een veranderende kans op ongelukken, zijn wel opgenomen in de tool, maar worden hier niet nader toegelicht. De leeftijd van het wegdek is gerelateerd aan de stroefheid. Deze stroefheid is vervolgens gerelateerd aan een ongevalkans. Door deze ongevalkans te vermenigvuldigen met het aantal voertuigbewegingen wordt vervolgens de toename van de maatschappelijke kosten berekend.

Met betrekking tot stroefheid zijn twee waarden van belang: de waarde voor de natte stroefheid en de waarde voor de droge stroefheid. De natte stroefheid wordt gemeten door de kracht op een slippend wiel te meten terwijl deze op een bevochtigd wegoppervlak wordt gedrukt. De droge stroefheid wordt bepaald door de remvertraging te meten van een auto met blokkerende wielen. De droge stroefheid is alleen direct bij realisatie van het wegdek in sommige gevallen onvoldoende, terwijl de natte stroefheid juist aan het einde van de levensduur leidt tot een verminderde verkeersveiligheid. Indien er sprake is van onvoldoende droge stroefheid bij oplevering worden er borden geplaatst om weggebruikers te attenderen op de langere remweg. De maatschappelijke kosten van deze maatregel worden beschouwd als niet significant en worden daarom verder buiten beschouwing gelaten. Bij onvoldoende natte stroefheid wordt de snelheidslimiet verlaagd en zal de deklaag binnen afzienbare tijd moeten worden vervangen.

De relatie tussen de leeftijd van het wegdek en de natte stroefheid hangt af van de gebruikte steenslag en het type toplaag van de weg [5]. Dichte deklagen bezitten over het algemeen voldoende natte stroefheid gedurende de gehele levensduur van het wegdek. De stroefheid van een dichte deklaag wordt bovendien na ongeveer 10 jaar

constant. Van ZOAB deklagen is bekend dat er bij langere levensduren problemen kunnen ontstaan met de natte stroefheid.

Als de stroefheid afneemt, nemen niet alleen de maatschappelijke kosten toe door afname van de veiligheid, maar de maatschappelijke kosten kunnen ook toenemen doordat de maximum snelheid wordt verlaagd. In de tool kan de gebruiker aangeven wat de gemiddelde snelheid van het verkeer is indien de weg niet meer aan de kwaliteitseisen voldoet. De tool berekent de gevolgen door het reistijdverlies te berekenen door het verschil te nemen tussen de reistijd in de referentiesituatie en die situatie met de verlaging van de gemiddelde snelheid.

### 3.3 *Leefbaarheid als gevolg van geluid en emissies*

In deze paragraaf wordt de invloed van onderhoud op de leefbaarheid gekwantificeerd. Onderhoud van wegen zal op vele manieren invloed hebben op de leefbaarheid, maar er is voor gekozen te beperken tot luchtkwaliteit en geluid. Er zal in dit artikel nader ingegaan worden op de invloed van onderhoud op de maatschappelijk kosten vanwege een afname van de luchtkwaliteit.

De maatschappelijke kosten veroorzaakt door een eventuele afname van de luchtkwaliteit tijdens de wegwerkzaamheden zijn via een eenvoudige methodiek gekwantificeerd. Er is rekening gehouden met vervuiling door de volgende stoffen: NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> en CO<sub>2</sub>. Als input worden de volgende gegevens gebruikt (onderscheiden naar afkomst):

Afkomstig van het verkeersmodel (ook gebruikt voor de bereikbaarheid)

- Toe- of afname van de hoeveelheid het verkeer op de hoofdroute en op de alternatieve routes tijdens de werkzaamheden, ten opzichte van de referentiesituatie.
- Hoeveelheid verkeer dat in een file rijdt op de hoofdroute tijdens de werkzaamheden.

Ingevoerd door de gebruiker

- Maximaal toegestane snelheid op hoofdroute en op de alternatieve routes (tijdens de werkzaamheden).
- Percentage van de route dat binnen de bebouwde kom wordt afgelegd voor de hoofdroute en op de alternatieve routes.
- De lengte van de hoofdroute en de alternatieve routes (km).
- Verdeling tussen lichte, middelzware en zware voertuigen (LV, MV en ZV) voor alle routes.
- Zichtjaar voor uitstootgegevens.

Benodigde parameters

- Parameters die de uitstoot van een voertuig weergeven (gram per voertuigkm, voor NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub>, onderscheiden naar LV, MV en ZV, en naar file of vrije doorstroming).

- Kosten van de uitstoot van schadelijke stoffen (euro/kg, voor NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub>) met een onderscheid naar uitstoot binnen de bebouwde kom en buiten de bebouwde kom.
- Kosten de uitstoot van CO<sub>2</sub> van het gebruik van een voertuig (in euro per km, onderscheiden naar LV, MV en ZV).

De eerste set parameters (uitstoot van een voertuig) zijn geleverd door experts van TNO. De kosten van de uitstoot zijn overgenomen uit standaard kentallen.

Voor de hoofdroute wordt het effect van de werkzaamheden op de luchtkwaliteit (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub>) als volgt berekend:

1. Berekend wordt hoeveel kilometer extra of minder wordt afgelegd in een file (toe- of afname ten opzichte van de referentiesituatie).
2. Voor deze hoeveelheid voertuigkilometers afgelegd in de file worden de uitstootgegevens voor voertuigen in file gebruikt. Hierbij wordt het onderscheid tussen LV, MV en ZV gemaakt, en wordt gebruik gemaakt van het basisjaar en de toegestane maximum snelheid op de route (door de gebruiker opgegeven).
3. Hetzelfde wordt gedaan voor het verkeer in vrije doorstroming.
4. Dit levert een totale toe- of afname van de uitstoot van schadelijke stoffen (in gram, onderscheiden naar NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub>) op.
5. Met gebruik van de parameters voor omrekening naar euro's worden deze hoeveelheden omgerekend naar euro's. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het onderscheid tussen binnen en buiten de bebouwde kom (door de gebruiker opgegeven).

Voor de effecten op de uitstoot van CO<sub>2</sub> wordt alleen gebruik gemaakt van de toe- of afname van de hoeveelheid voertuigkilometers. Dit wordt direct omgerekend naar een waarde in euro's.

### 3.4 *Schade aan voertuigen*

In de tool wordt geschat wat de kosten zijn van de schade aan voertuigen die ontstaat door opspattende stenen afkomstig uit het wegdek. Wanneer een wegdek degradeert, is de kans op schade aan voertuigen groter, omdat stenen uit de deklaag van het asfalt loskomen. Aangenomen is dat deze schade in hoofdzaak bestaat uit ruitschade door opspattende stenen. Er zijn geen cijfers bekend omtrent de omvang van deze schade in Nederland, deze kostenpost is daarom geschat.

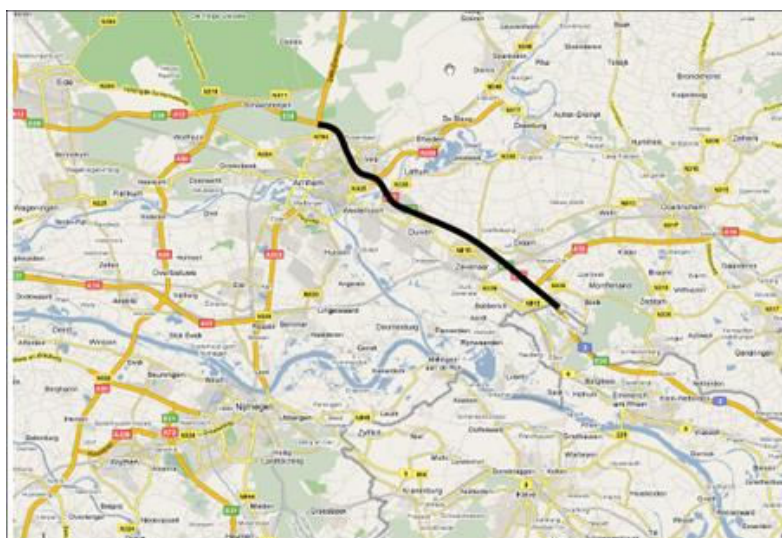
### 3.5 *Rijcomfort*

In deze paragraaf wordt ingegaan op het rijcomfort en de schade aan voertuigen als gevolg van de staat van de infrastructuur of vanwege wegwerkzaamheden. Over beide onderwerpen is weinig kwantitatieve data gevonden. Desondanks zijn enkele relaties toegevoegd aan het model, namelijk schade aan voertuigen als gevolg van rafeling, rijcomfortkosten en stress bij wegwerkzaamheden. In deze paragraaf zal stress bij werkzaamheden nader worden toegelicht.

In de Bruggentool van de Hagesteinse Brug, die door Rijkswaterstaat geleverd is in het kader van de Prijsvraag Stalen Bruggen, komt een relatie voor tussen de breedte van rijstroken bij wegwerkzaamheden en de stress (of comfortverlies) die de weggebruiker ervaart. Deze stress is uitgedrukt in een hoeveelheid voertuigverliesuren die aan elk passerend voertuig wordt toegekend bij een bepaalde rijstrookbreedte [7]. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de breedte (en de stress) voor de rechterrijstrook en voor de overige rijstroken (midden en links). In de onderstaande tabel zijn de relaties weergegeven. De hoeveelheid euro is berekend door het aantal voertuigverliesuren te vermenigvuldigen met een reistijdwaardering van € 21,90 per uur.

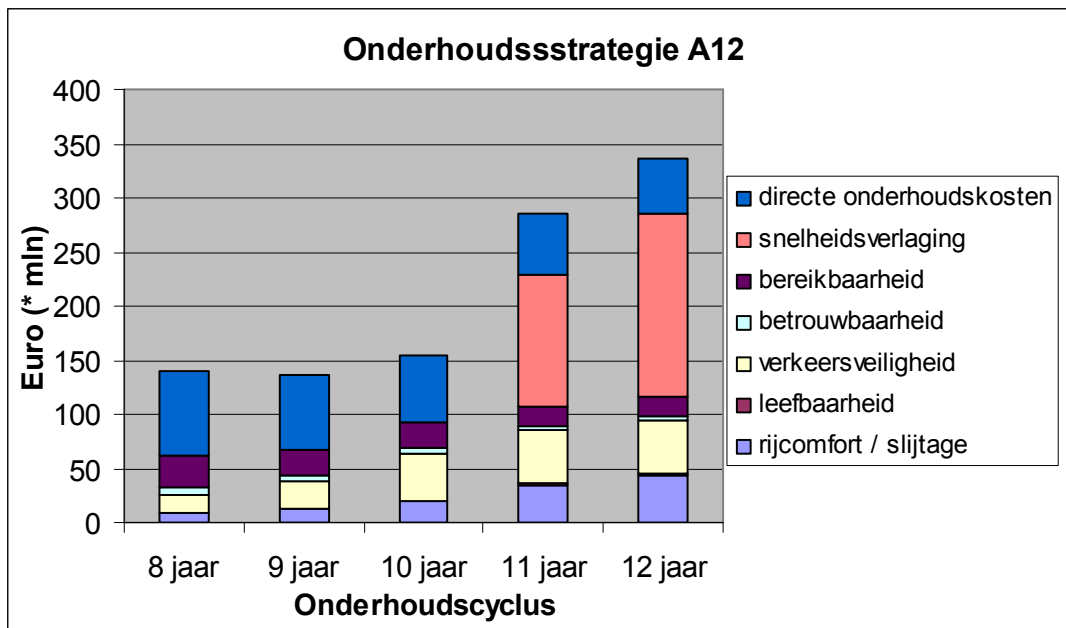
#### 4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden resultaten van de MKBO-tool beschreven van een fictieve doorrekening van het onderhoud aan de A12 tussen knooppunt Waterberg en de Duitse grens (zie figuur 4). Deze fictieve doorrekening is gebaseerd op een studie uitgevoerd in opdracht van DVS [8]. Deze resultaten zijn hoofdzakelijk bedoeld om inzicht te verschaffen in de werking van de tool. De gemaakte aannames die ten grondslag liggen aan deze resultaten dienen bijvoorbeeld in een workshop met diverse belanghebbenden verder uitgewerkt te worden. Voor de directe kosten is een eerste inschatting gemaakt aan de hand van enkele kentallen. Inmiddels is deze methodiek verfijnd.



**Figuur 4: Overzicht traject A12: Waterberg – Duitse grens**

In de onderstaande grafiek zijn de uitkomsten van de doorrekening te zien (hier is een periode van 50 jaar in beschouwing genomen). De varianten verschillen wat betreft de onderhoudscyclus: 8, 9, 10, 11 of 12 jaar.



**Figuur 5: Resultaten verschillende onderhoudscycli**

In de grafiek is te zien dat de directe onderhoudskosten lager worden naarmate de onderhoudscyclus toeneemt. Dit is een gevolg van minder frequent onderhoud. Ook de kosten voor de bereikbaarheid nemen af naarmate minder frequent onderhoud wordt gepleegd, aangezien verkeershinder hoofdzakelijk optreedt gedurende het onderhoud. Minder frequent onderhoud betekent dus een betere bereikbaarheid. De overige maatschappelijke kosten nemen toe naarmate minder vaak onderhoud wordt gepleegd.

Wanneer het wegdek 11 jaar of ouder is wordt de maximum toegestane snelheid verlaagd omdat niet meer voldoen wordt aan de technische eisen zoals opgenomen in het BON. Hierdoor daalt de gemiddelde snelheid op het traject en dit levert op het wegvak vertraging voor passerende voertuigen passeren. De vertragingen van alle voertuigen bij elkaar zorgen voor grote maatschappelijke kosten (zie de rode balken met de snelheidsverlaging in figuur 5).

De overige maatschappelijke kosten stijgen wanneer minder frequent onderhoud wordt gepleegd: de verkeersveiligheid neemt af, aangezien de status van de weg verslechterd (meer rafeling, spoorvorming, etc), waardoor meer maatschappelijke kosten ontstaan. Aangenomen is dat na 10 jaar het wegdek niet meer voldoet aan de kwaliteitseisen zoals opgenomen in het BON, zodat de snelheid verlaagd moet worden. Hierdoor nemen de verkeersveiligheidskosten minder snel toe dan wanneer deze snelheidsverlaging niet zou zijn gerealiseerd. Ook het rijcomfort neemt af en er ontstaat meer schade aan voertuigen door loslatende stenen uit het wegdek. De onderwerpen leefbaarheid en reistijdbetrouwbaarheid zijn van beperkte invloed op de eindelijke keuze en dus niet doorslaggevend.

Op basis van de bovenstaande figuur kan geconcludeerd worden dat, gegeven de aannames, een onderhoudsfrequentie van 9 jaar leidt tot minimale totale (directe en maatschappelijke) kosten. Opgemerkt wordt dat de achterliggende aannames met diverse betrokkenen nader uitgewerkt moeten worden, zodat mogelijk een andere conclusie bereikt zal worden.

## **5. Conclusies en Aanbevelingen**

Er is een model ontwikkeld waarmee op integrale wijze maatschappelijke kosten en baten kunnen worden afgewogen van beheer- en onderhoudsstrategieën van wegen. Deze tool beschouwt alle voor Nederland relevante degradatiemechanismen en houdt rekening met breed geaccepteerde maatschappelijke kosten. Bij de opzet van het model is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van beschikbare literatuur en zijn verbanden gekwantificeerd opgenomen in het model. Hiermee geeft de tool een eerste indruk van de maatschappelijke effecten die optreden als gevolg van een onderhoudsstrategie. In overleg met een aantal belanghebbenden kan nader gekeken worden naar de lokale omstandigheden om mogelijk een bijstelling te maken betreffende de aannames.

De MKBO-tool is een hulpmiddel dat een beleidsmaker of besluitvormer ondersteunt bij het maken van de afweging in de timing van onderhoud aan snelwegen. De tool laat zien dat het uitstellen van onderhoud tot significante maatschappelijke kosten kan leiden. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er maatschappelijke kosten en baten ontstaan als een weg versleten is en toe is aan onderhoud.

De tool kent vele toepassingsmogelijkheden. Naast de keuze in timing van onderhoud kan ook bijvoorbeeld het effect van het monitoren van de staat van het wegdek worden beschouwd. In de toekomst kan de tool worden uitgebreid met nieuwe mogelijkheden, bijvoorbeeld om keuzes te maken voor de toepassing van nieuwe materialen voor de constructie van wegen of overig wegmeubilair.

## **Literatuurverwijzingen**

- [1] **Rijksbegroting A Infrastructuurfonds**, Vaststelling van de begrotingsstaat van het Infrastructuurfonds voor het jaar 2010. <http://www.rijksbegroting.nl/>
- [2] **DWW**, 2007, Basisonderhoudsniveau 2007 Hoofdwegennet, Beheer en Onderhoud Huis RWS Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2007. Eindrapportage Levensduur
- [3] **Transpute, 2009**, CapaciteitsCalculator, hulpmiddel voor bepaling van de capaciteit van de werkvakken, J.A.C. van Toorenburg, J.A.C.M. Elbers, N. Kijk in de Vegte, Amersfoort, mei 2009.
- [4] **SWOV, 2007**, Verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering, deel I , R-2007-5, SWOV 2007.
- [5] **KOAC-NPC, 2001**, Onderbouwing van interventieniveaus van wegdekkwaliteit op Nederlandse autosnelwegen, KOAC-NPC in opdracht van RWS DWW, 2001.
- [6] **Transpute, 2009-2**, Handleiding capaciteitswaardering Hagesteinsebrug, Transpute, Amersfoort, juni 2009.
- [7] **BB&C, 2008**, Vergelijkingsonderzoek Cyclisch Onderhoud (VOCO), resultaten fase 1, BB&C, Vital Link Beleidsanalyse, november 2008