

HOE ROBUUST IS HET NEDERLANDSE HOOFDWEGENNET?

Johann Visser, RWS Adviesdienst Verkeer en Vervoer,
j.p.f.visser@avv.rws.minvenw.nl

Lindy Molenkamp, RWS Adviesdienst Verkeer en Vervoer,
l.molenkamp@avv.rws.minvenw.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2004,

25 en 26 november 2004, Zeist

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
2.	Eerste analyse	4
2.1	<i>Variabiliteit en onbetrouwbaarheid.....</i>	4
2.1.1	Kritische kanttekening.....	5
2.2	<i>Verdere aanscherping van de te beschouwen verschijnselen</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
2.3	<i>Literatuur over kwetsbaarheidanalyse</i>	6
3.	Aanpak	6
3.1	<i>Gegevensbronnen</i>	6
3.2	<i>Scenario's</i>	7
3.2.1	Incident scenario	7
3.2.2	Calamiteitenscenario	7
3.2.3	Wegwerkzaamhedenscenario	8
3.2.4	Regenscenario	8
3.2.5	Schadeberekening.....	9
4.	Resultaten.....	9
4.1	<i>Onbetrouwbaarheidskosten</i>	<i>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</i>
4.2	<i>Locaties voor netwerkverbetering.....</i>	9
5.	Richtingen voor verder onderzoek.....	10

Samenvatting

Hoe robuust is het Nederlandse hoofdwegennet?

Op verzoek van het hoofdkantoor van Rijkswaterstaat werd begin dit jaar een studie gedaan naar de kwetsbaarheid c.q. robuustheid van het Nederlandse hoofdwegennet. De studie is in een korte tijd uitgevoerd met gebruik van voorhanden zijnde gegevens. De studie richtte zich op discrete verstoringen met invloed op de wegcapaciteit, zoals aanrijdingen, wegwerkzaamheden en regen. De schade in de vorm van reistijdonderbreking vormt een substantieel onderdeel van de totale vertragingsschade op het hoofdwegennet. Van de meest kwetsbare weggedeelten behoort ongeveer de helft tevens tot een reguliere filetop (in termen van totaal aantal voertuigverliesuren). De kwetsbaarheid van een netwerk onder reguliere overbelasting lijkt toe te nemen met de mate van verknopping.

Summary

Assessing vulnerability of the Netherlands' national road network

A vulnerability assessment of the Netherlands' national road network was performed, using whatever data and tools were available. The study focussed on discrete disturbances affecting road capacity, esp. small and major accidents, road works and rainfall. The damage caused by resulting unreliability of travel time makes up a considerable part of total damage from travel delays. About half of the most vulnerable road sections and road sections are also prone to the highest total loss of vehicle-hours. It appears that: densely intersected roads tend to increase vulnerability in an overloaded network.

1. Inleiding

In (groot-)stedelijke gebieden in de ontwikkelde landen is congestie in het wegverkeer een dagelijkse realiteit geworden. Nederland vormt in dit opzicht geen uitzondering. Onder weggebruikers, wetenschappers en bestuurders wint de opvatting terrein dat de onvoorspelbaarheid van reistijden misschien wel net zo'n groot probleem is als de vertragingen zelf. In de deze dagen verschijnende Nota Mobiliteit wordt reistijdbetrouwbaarheid dan ook als belangrijke maat voor de bereikbaarheid geïntroduceerd.

Eind 2003 (in het proces van de voorbereiding van de Nota Mobiliteit) vroeg het hoofdkantoor van Rijkswaterstaat om inzicht in de effecten van een beleidsverandering in de richting van betrouwbaarheid en robuustheid. In enkele weken tijd moest een verkenning naar de robuustheid van het hoofdwegennet worden verricht.

Het doel van de studie was om te komen tot een top-30 van weggedeeltes waar weggebruikers gemiddeld het meeste tijdverlies zouden oplopen als gevolg van onverwachte vertragingen (onbetrouwbaarheid): zowel voor het basisjaar 2000 als voor de planhorizon 2020. Deze top-30's zouden worden vergeleken met lijst van wegen met de meer gebruikelijke lijst van weggedeeltes met de meeste jaarlijkse voertuigverliesuren en na te gaan in hoeverre de voorgestane beleidsverandering in de nabije toekomst zou kunnen leiden tot andere prioriteitslocaties voor wegwitbreiding.

2. Eerste analyse

2.1 *Variatie en (on-)betrouwbaarheid*

Variatie in reistijden wordt veroorzaakt door vraaggerelateerde en aanbodgerelateerde factoren. Gerelateerd aan de vraag zijn bijvoorbeeld een vakantie-uittocht, een voetbalwedstrijd, een tijdelijke *modal shift* door slecht weer en kleine veranderingen in vertrektijden als gevolg van de eerdere ervaringen, naast de bekende dagelijkse en wekelijkse (spits-)patronen. Aan de aanbodzijde hebben we onder meer te maken met ongevallen, wegwerkzaamheden, weersomstandigheden en calamiteiten.

Op de meeste ritten weten weggebruikers ongeveer welke vertraging ze normaal gesproken kunnen verwachten op een bepaalde dag en tijd.

2.1.1 Kritische kanttekening

Op bovenstaande redenering valt uiteraard best iets af te doen. Niet alle weggebruikers zijn goed bekend met de vraagpatronen op een weggedeelte, voor dezen is elke vertraging in dezelfde mate onverwacht. Daar komt bij dat het schatten van de patronen überhaupt eerder kunst dan wetenschap is: de uitkomsten zijn deels afhankelijk van het referentiekader van de uitvoerende (bijv.: mag de donderdag voor Pasen nu wel of niet als gewone donderdag beschouwd worden waar het de verkeersdrukke betreft?). Uit recent onderzoek blijkt bovendien dat fluctuaties in reistijden voor een zeer groot deel veroorzaakt worden door interne factoren van het verkeer, zoals schommelingen in de vraag en toevalligheden in de verkeersafwikkeling (AVV 2004). En andersom: tijdig aangekondigde wegwerkzaamheden kunnen in beginsel zelfs leiden tot een meer voorspelbare situatie dan normaal.

Inmiddels – we schrijven eind augustus 2004 – is het betrouwbaarheidsbegrip uit de Nota Mobiliteit bekend geworden. Aan de definitieve tekst wordt weliswaar nog geschaafd, toch is al wel duidelijk dat het denken over betrouwbaarheid en robuustheid een prominente plaats zal krijgen in de Nota Mobiliteit.

2.2 Van betrouwbaarheid naar robuustheid

In de studie hebben we ervoor gekozen om vraagschommelingen te negeren en ons te concentreren op aanbodfactoren, d.w.z. variaties in de wegcapaciteit. Een reden hiervoor is dat de ervaren weggebruiker een groot deel van de vraagvariaties voorziet of kan voorzien. Een tweede reden is dat Rijkswaterstaat als wegbeheerder principieel niet zoveel aan vraagvariaties kan doen en des te meer aan variaties in het aanbod.

Aldus heeft de studie zich gericht op de robuustheid c.q. kwetsbaarheid (= het tegendeel van robuustheid) van het netwerk en niet zozeer op reistijdbetrouwbaarheid in het algemeen. We hebben ervoor gekozen om vier discrete bronnen van verstoring in de verdere analyse mee te nemen: een klein ongeval, een groot ongeval of calamiteit, wegwerkzaamheden en regen.

2.3 *Internationale literatuur*

Nicholson, Schmöcker and Bell (2003) geven een overzicht van betrouwbaarheidsconcepten en van analysemethoden. Van de gepresenteerde technieken lijkt microsimulatie op ons probleem het meest van toepassing.

Lee, Moon & Asakura (2000) presenteren een model voor het bepalen van de betrouwbaarheid van grootschalige vervoersnetwerken, waarin het gedrag van gebruikers onder congestie-omstandigheden wordt gesimuleerd. Het model convergeert naar een evenwicht, wat onzes inziens echter volledig geïnformeerde reizigers of een regelmatig terugkerende situatie veronderstelt – en dat is niet in overeenstemming met de aannamen van onze studie.

Nicholson & Dalziell (2003) analyseren de effecten van wegafsluitingsscenario's op het Nieuw-Zeelandse hoofdwegenet. Interessant is hun analyse van de reactie van weggebruikers op langdurige wegafsluitingen.

Taylor & D'Este (2004) presenteren een methode om de kwetsbaarheid van een hoofdwegenet te analyseren. Hun aanpak is gebaseerd op de grafentheorie en gebruikt een gegeneraliseerde kortste route- c.q. laagste kostenfunctie, waarbij steeds één verbinding uit het netwerk (*in casu* dat van Australië) onbruikbaar wordt gemaakt en daarvan de gevolgen worden doorgerekend. Een bezwaar van deze methode is dat geen rekening wordt gehouden met omvang en waarschijnlijkheid van een verstoring, die immers per verbinding wezenlijk anders kunnen zijn. Ook wordt geen aandacht besteed aan weggebruikers die zich al op de betreffende verbinding bevinden, noch met de terugslageffecten van files op toeleidende en kruisende wegen.

3. Aanpak

3.1 *Gegevensbronnen*

Aangezien begrippen als reistijdbetrouwbaarheid en robuustheid van een wegennetwerk nooit onderdeel zijn geweest van het nationale vervoersbeleid zijn er niet zonder meer op de problematiek toegespitste gegevens voorhanden. Uit wat er wél voorhanden is werd specifiek voor deze studie een selectie gemaakt.

We hebben gebruik gemaakt van het Landelijk Modelsysteem (LMS, zie *Hague Consulting Group, 1997*), een statisch vervoersmodel dat veelvuldig voor analyses op nationale schaal gebruikt wordt. Uit het LMS verkregen we wegcapaciteiten en verkeersintensiteiten (personenauto, vrachtverkeer) van een gemiddelde werkdag en gedurende elk van de dagelijkse spitsen, voor ongeveer 700 weggedeelten die gezamenlijk het hoofdwegenet bestrijken (in het algemeen wegsecties tussen HWN-knooppunten, waar nodig verdeeld in stukken van maximaal 20 km lengte), alsmede reservecapaciteiten van belangrijke regionale wegen, over de jaren 2000 en 2020 (bij ongewijzigd beleid).

Een tweede belangrijke bron was een database met alle bij de politie bekende verkeersongevallen (van 2000 tot 2002), onderverdeeld naar wegsectie. Ten derde gebruikten we de meet- en bijgeschatte gegevens van INWEVA 2000 als correctie op de LMS-modeldata over 2000 (LMS is immers gekalibreerd met meetgegevens uit 1995). Tenslotte gebruikten we wegenkaarten en een spreadsheetprogramma om een eerste model mee te bouwen.

3.2 *Scenario's*

3.2.1 *Incident scenario*

In dit scenario werd een ongeval gesimuleerd dat het verkeer op één rijstrook een half uur lang onmogelijk maakt. Voor zover de overblijvende wegcapaciteit onvoldoende was om aan de vraag te voldoen, werd het verkeer vanaf een kwartier na het optreden van het incident regionaal omgeleid (d.w.z. via het regionale wegennet); tijdverlies is berekend door evt. dan nog overblijvende capaciteitstekorten en door omleidingen

Het aantal gesimuleerde aanrijdingen in 2000 komt overeen met de wegspecifieke ongevalstatistieken, voor 2020 werd dit aantal gecorrigeerd voor de wegspecifieke intensiteitontwikkeling.

3.2.2 *Calamiteitenscenario*

Gesimuleerd werd een calamiteit of groot ongeval, gepaard gaande met een volledige rijbaanblokkade gedurende 2 uur. Gelijk in het voorgaande scenario werd het verkeer

na 15 minuten omgeleid, echter ook over het hoofdwegennet en waar van toepassing zelfs over vrij grote afstanden. Ook hebben we de terugslag van files via bovenstroomse knooppunten naar andere wegen doorgerekend (netwerkeffecten).

We zijn uitgegaan van 200 van dergelijke calamiteiten en grote ongevallen per jaar; dit lijkt wellicht overdreven, maar het incidentscenario en het calamiteitenscenario vertegenwoordigen een continuüm van kleinere en grotere incidenten, waarvan zij uitersten vormen.

3.2.3 *Wegwerkzaamhedenscenario*

In het wegwerkzaamhedenscenario simuleerden wij de sluiting van een rijbaan gedurende twee weken per 12 `a 15 jaar (afhankelijk van de hoeveelheid vrachtverkeer). In praktijk zit er veel variatie in de wijze waarop wegonderhoud wordt uitgevoerd, de simulatie is dus een vrij grove benadering.

In dit scenario is aangenomen dat de (nationale) omleiding onmiddellijk ingaat en dat weggebruikers omleidingen vermijden die meer dan een uur extra reistijd veroorzaken (of een andere vervoerwijze kiezen of afzien van de verplaatsing).

3.2.4 *Regenscenario*

We simuleerden 5% capaciteitsverlies gedurende 7,25% van de tijd; het laatste percentage komt overeen met de gemiddelde regenfrequentie in Nederland. Het verkeer is niet omgeleid: andere wegen in de omgeving zijn vaak ook nat.

Het regenscenario was oorspronkelijk geen onderdeel van de studie, maar is later toegevoegd om te zien of dit veel uitmaakte. Dit was niet het geval; wellicht zit dit in onze aannamen: zo hebben we er geen rekening mee gehouden dat er relatief veel ongevallen plaatsvinden tijdens en na regenbuien en dat keuzereizigers geneigd zijn om met regen de auto te pakken. Bovendien zouden andere weersomstandigheden (sneeuw!) wel eens interessanter kunnen zijn.

3.2.5 *Schadeberekening*

Tijdverlies werd berekend zoals boven beschreven. De rijsnelheid tijdens omleidingen is gesteld op 80 km/uur op het hoofdwegennet (60 km/uur tijdens spitsen) en 40 km/uur op regionale wegen.

Op min of meer voorspelbare vertraging (i.c. wegwerkzaamheden) is de reguliere tijdwaardering uit het LMS toegepast: ca. €11 voor personenauto's en €44 voor vrachtverkeer. Vanwege hun onverwachte karakter is tijdverlies als gevolg van ongevallen, calamiteiten en regen (min of meer arbitrair) dubbel gewaardeerd.

Tenslotte is de gemiddelde schade door tijdverlies berekend voor elke voertuigkilometer, als geïndividualiseerde indicator voor de robuustheid (c.q. kwetsbaarheid) van een wegsectie.

4. Resultaten

4.1 *Schade*

Voor het basisjaar 2000 werd een financiële schade gevonden van ongeveer €200 miljoen, en €600 à €700 miljoen voor planhorizon 2020. Dit kan worden afgezet tegen de totale kosten van congestie, geschat op een miljard euro in 2000 en tweeënhalf miljard in 2020 (prijsniveau 2003). Met name de schade in verband met grotere ongevallen c.q. calamiteiten zal tot 2020 sterk toenemen als gevolg van groeiende netwerkeffecten in een steeds zwaarder (over-)belast netwerk

Schattingen van diverse interne en externe experts bevestigen de orde van grootte van de schade.

4.2 *Locaties voor netwerkverbetering*

Ongeveer de helft van de top-30 van meest kwetsbare weggedeelten komt ook voor in de top-30 van wegsecties met de meeste voertuigverliesuren (filetop-30). De andere helft bestaat uit andere wegen, waaronder ook enkele niet-autosnelwegen. Veel van deze wegen zijn “*single points of failure*”, belangrijke verbindingen zonder serieuze alternatieve route.

Op grond van de simulaties vermoeden we dat in een zwaarbelast netwerk de kwetsbaarheid onder reguliere overbelasting toeneemt met de mate van verknoping. Dit is enigszins contra-intuïtief: je zou verwachten dat meer uitwisselingspunten leidt tot meer omleidingsmogelijkheden en dus juist tot een grotere robuustheid. We zijn benieuwd naar verklaringen, bevestiging of ontkenning op basis van andere studies.

5. Richtingen voor verder onderzoek

Als we één ding van deze studie geleerd hebben is het wel dat het onderzoeken van de robuustheid van een wegennet veel lastiger is dan het op het eerste gezicht lijkt. Het aantal te onderzoeken scenario's is enorm – denk aan orkanen, terroristische aanvallen, technisch falen van wegen of bruggen, sneeuw, ijzel, middelgrote ongevallen, kijkfiles ... Er is geen samenhangend kennisraamwerk over het gedrag van weggebruikers tijdens deze en andere omstandigheden. Specifieke statistieken zijn nauwelijks beschikbaar en zelfs de theorievorming staat nog in de kinderschoenen.

Deze studie heeft er mede voor gezorgd dat begrippen als robuustheid en betrouwbaarheid met betrekking tot het wegverkeer “ op de kaart gezet zijn” binnen Rijkswaterstaat en het ministerie van V&W. We verwachten echter op grond van het voorgaande dat er nog veel energie nodig zal zijn om beter echt grip beginnen te krijgen op het verschijnsel robuustheid van een wegennet en de daarmee samenhangende betrouwbaarheidskarakteristieken voor de weggebruiker.

Als eerste stap werken we nu aan regionale analyses met behulp van de nieuwe regionale modellen, die uiteraard meer details bevatten dan het Landelijk Model Systeem. Op termijn worden methoden voor robuustheidsanalyse idealiter onderdeel van deze modellen. Dit is bepaald geen sinecure, want vereist veel extra fundamentele studie, alsmede de integratie van statische (vervoers-) met dynamische (verkeers-)modellen. Een andere uitdaging ligt in het bedenken van goede indicatoren om begrippen als robuustheid en de reistijdbetrouwbaarheid in de loop van de tijd te blijven bewaken. En verder zijn we op zoek naar manieren om de robuustheid van een netwerk reeds in het ontwerpstadium te vergroten (*TNO Inro, 2003*).

Referenties

AVV (2004) *Betrouwbaarheid van reizen met auto en openbaar vervoer*. Geciteerd in H. van Zuylen: *The effect of irregularity of travel times on departure time choice*. Proceedings of the 2nd INSTR, Christchurch, August 2004.

Hague Consulting Group (1997) *Het landelijk modelsysteem, documentatie LMS 5.0*, Den Haag.

Lee, Moon & Asakura (2000) Reliability analysis and calculation on large scale transport networks. In: *Reliability of Transport Networks*, eds. M.G.H. Bell & C. Cassir, Baldock (Research Studies Press), Hertfordshire, December 2000.

Molenkamp & Visser (2004) *Reliability, an upcoming issue in transport policy and road management in the Netherlands*. Proceedings of the 2nd INSTR, Christchurch, August 2004.

Nicholson, Schmöcker & Bell (2003) Assessing transport reliability: malevolence and user knowledge. In *Proceedings of the 1st INSTR*. Pergamom, Oxford, 2003.

Nicholson & Dalziell (2003) Risk evaluation and management: a road network reliability study. In *Proceedings of the 1st INSTR*. Pergamom, Oxford, 2003.

Taylor & D'Este (2004) *Critical infrastructure and transport network vulnerability: developing a method for diagnosis and assessment*. Proceedings of the 2nd INSTR, Christchurch, August 2004.

TNO Inro (2003) *Architectuur Regionale Netwerk Ontwikkeling*, Delft, december 2003.

Visser & Molenkamp (2004) *Rapid vulnerability assessment of a national road network*. Proceedings of the 2nd INSTR, Christchurch, August 2004.