



PAE-waarde van vrachtverkeer in relatie tot wegcapaciteit

Een empirisch onderzoek naar de PAE-waarde van vrachtverkeer op twee- en driestrooks autosnelwegen

Datum Mei 2010
Status Eindrapport



PAE-waarde van vrachtverkeer in relatie tot wegcapaciteit

Een empirisch onderzoek naar de PAE-waarde van vrachtverkeer op twee- en driestrooks autosnelwegen

Datum	Mei 2010
Status	Eindrapport

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart
Informatie	Drs. J.O. Nijhuis
Telefoon	06 31011501
Uitgevoerd door	Transpute: Drs. J.A.C. Toorenborg Dr. B. Elbers Ir. C. van Nieuwenhuize
	Projectgroep RWS: Drs. J.O. Nijhuis (DVS) Ir. H. Schuurman (DVS) Ir. RGMM Vermijs (DON) Drs. LAC Aarts (DVS)
Datum	Mei 2010
Status	Eindrapport
Versienummer	

Inhoud

1	Inleiding	6
2	Onderzoeksmethodiek	7
2.1	Het principe van de PAE-waarde	7
2.2	De wegcapaciteit en de PAE-waarde	7
2.3	Opzet van het onderzoek	9
2.4	Uitgevoerde stappen	10
2.5	Gebruikte brongegevens	11
2.6	Wijze van uitwerking	12
3	Capaciteitsbepaling op een groot aantal locaties	16
3.1	Locatieselectie	16
3.2	Methodiek capaciteitsbepaling	16
3.3	Methodiek bepaling vrachtpercentage	18
3.4	Resultaat	19
3.4.1	Theorie	19
3.4.2	Empirisch resultaat geselecteerde locaties en benadering met een lineair verband	20
4	Detailanalyse	23
4.1	Voorbereiden analyseset	23
4.2	Analyse per locatie	24
4.3	Combineren van de resultaten van de verschillende locaties	26
4.4	Gevoeligheidsanalyse naar het effect bij 'regen'	28
5	Conclusies en aanbevelingen	29
5.1	Conclusies	29
5.2	Antwoorden op onderzoeksvragen	29
5.3	Aanbevelingen	30
Bijlage A	Overzicht onderzoekslocaties	32
Bijlage B	Aanwezigheid inhaalverbod vrachtverkeer	35
Bijlage C	Inspectie gebruikte meetgegevens	36
Bijlage D	Grafieken detailanalyse	39

1 Inleiding

Vrachtverkeer heeft een grote invloed op de capaciteit van een weg. Vrachtwagens hebben een grotere omvang en nemen derhalve meer plaats in op de weg. Daarnaast hebben vrachtwagens een geringer acceleratievermogen en kunnen zij moeilijker van rijstrook wisselen¹. Doorgaans wordt de invloed van het vrachtverkeer op de capaciteit van de weg in kaart gebracht door het vrachtverkeer met een weegfactor, de zogenaamde personenauto-equivalent (PAE-factor), om te rekenen naar een equivalent aantal motorvoertuigen zonder vrachtverkeer, aangeduid met de eenheid 'PAE'.

Er zijn aanwijzingen dat de huidige gehanteerde waarde voor de PAE-factor op hoog belaste netwerken met een groot aandeel vrachtverkeer niet lijkt te kloppen². Ook wordt binnen heel Rijkswaterstaat in vergelijkbare situaties niet met dezelfde PAE-factor gewerkt. Dit is voor Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart aanleiding geweest om een empirisch onderzoek te laten uitvoeren naar de te hanteren wegingsfactor voor het vrachtverkeer bij het beoordelen van verkeerssituaties en het uitvoeren van verkeersberekeningen.

Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het verkrijgen van empirisch vastgestelde waarden voor de PAE-factor voor verschillende weg- en verkeerssituaties op autosnelwegen om zo een betere inschatting te kunnen maken van het capaciteitseffect van vrachtverkeer.

Uitgangspunten van het onderzoek

Het betreft een verkennend onderzoek op basis van reeds beschikbare data. Het onderzoek is beperkt tot de PAE-factor in relatie tot de capaciteit van de weg. De invloed op het niet-congestieve gebied (bijv. op de speed-flowrelatie) is buiten beschouwing gelaten.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de gevolgde methodiek besproken. In hoofdstuk 3 wordt een fors aantal locaties grof uitgewerkt om tot een eerste inschatting te komen. In hoofdstuk 4 wordt een beperkt aantal locaties, waar over goede meetgegevens kon worden beschikt, nauwkeuriger onder de loep genomen. Hoofdstuk 5 vat de conclusies samen en geeft aanbevelingen vanuit het onderzoek.

¹ AVV, Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen, Handboek versie 2, 2002.

² Vermijs, R.G.M.M., Capaciteitswaarden symmetrische weefvakken, TU Delft, 1997.

2 Onderzoeksmethodiek

2.1 Het principe van de PAE-waarde

Een wegingsfactor voor het vrachtverkeer is om de volgende reden in de verkeerskunde geïntroduceerd. Als het verkeer bij een bepaalde verkeersdrukke overgaat van het ene kwaliteitsniveau naar een volgend, dan zal dit, afhankelijk van het aandeel vrachtverkeer, bij een andere grenswaarde gebeuren. Door een wegingsfactor te introduceren - één vrachtauto telt voor X personenauto's - en deze factor goed te kiezen, kan men bereiken dat de overgang steeds bij dezelfde waarde optreedt indien men de verkeersdrukke uitdrukt in "PAE's", personenauto-equivalenten. Het voordeel van het gebruik van een PAE-factor is dus dat men bij het aangeven van grenswaarden met één onafhankelijke variabele kan volstaan (PAE). Verkeersmodellen krijgen zo een eenvoudige omrekening waarmee situaties met verschillende aandelen vrachtverkeer onder één noemer kunnen worden afgehandeld.

Omrekening met een weefactor kan alleen zuiver zijn als de invloed van het vrachtverkeer lineair verloopt. Als bijvoorbeeld de invloed bij weinig vrachtverkeer gering zou zijn en boven een bepaald aandeel ineens zou toenemen, dan zal het nodig zijn bij verschillende aandelen vrachtverkeer een verschillende factor te hanteren. In het uiterste geval komt men weer terug bij af en resteert een tweedimensionale tabel. Ongeacht of het verdisconteren van de invloed van het vrachtverkeer wordt opgelost via een PAE-factor of met complexere formules, als eerste ligt de vraag voor hoe de invloed van het vrachtverkeer op de bedoelde grenswaarden empirisch verloopt. Dit verband met een aantal gerichte steekproeven in het veld peilen, is de kern van het onderhavig onderzoek. Is het eenmaal voorhanden, dan is daarna het vervatten van de relatie in formulevorm een kwestie van de meest pragmatische vorm kiezen die het gevonden verband benadert.

2.2 De wegcapaciteit en de PAE-waarde

Door de grote toename van de congestie-problematiek is de laatste decennia de aandacht verschoven naar de rechter kant van de schaal - wat gebeurt daar en hoe zit het met de capaciteit van de weg? - de afwikkelingsniveaus E en F kortom. En in het verlengde daarvan: hoe is hier de invloed van het vrachtverkeer? In de jaren '90 is veel veld- en ander onderzoek verricht naar de capaciteit van wegen. Het CIA-handboek is hier o.a. een resultaat van. Een destijds verbazende uitkomst van dat capaciteitsonderzoek was dat deze invloed hier eigenlijk wel meeviel. Inspectie en vergelijking van de verschillende uitkomsten wezen op een factor van circa anderhalf. De meetmogelijkheden waren toen nog beperkt en het onderzoek betrof voornamelijk lokale, welgedefinieerde knelpunten als tunnels en bruggen. Achteraf is gebleken dat deze bevindingen niet zonder meer generaliseerbaar waren. Over korte afstanden blijken personenauto's en vrachtauto's nog wel goed te mixen, mede omdat in halfgedwongen en gedwongen verkeersafwikkeling het verschil in wensnelheid tussen personenauto's en vrachtwagens nauwelijks nog een rol speelt,

met als gevolg dat alle beschikbare ruimte op de rijstroken wel wordt gebruikt. Recente ervaringen, verkregen dank zij de uitgebreide trajecten met waarnemingsmogelijkheid via de signalering, wijzen erop dat lange rechtstanden (bijv. A27 Everdingen-Hoopolder) een heel ander beeld geven, zowel wat de capaciteit als de invloed van het vrachtverkeer betreft. In plaats van een file voor een knelpunt wikkelt het verkeer zich af via een ingewikkelder proces met filegolven die zich tegen het verkeer in bewegen. Zie de figuren 2.1/2.2 voor een voorbeeld van beide vormen van verkeersafwikkeling.

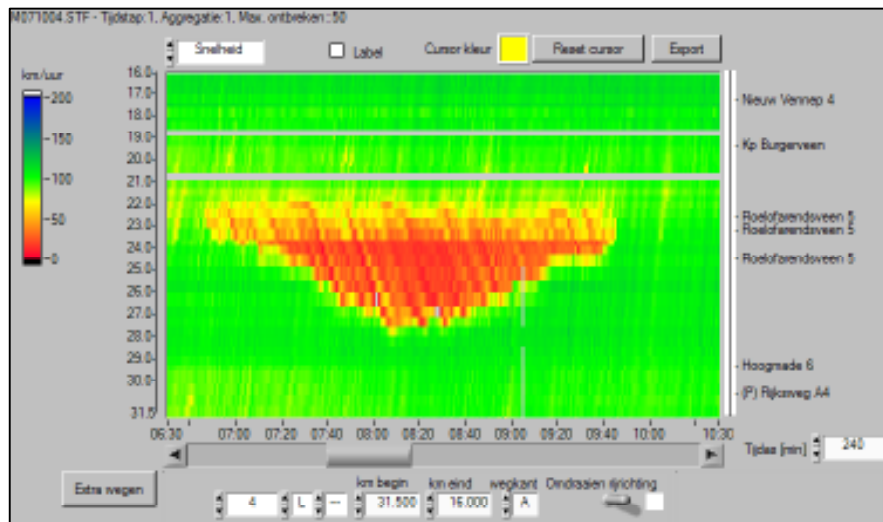


Fig. 2.1: Voorbeeld van de verkeersafwikkeling bij een knelpunt, afgebeeld in de vorm van een tijd-wegdiagram.³

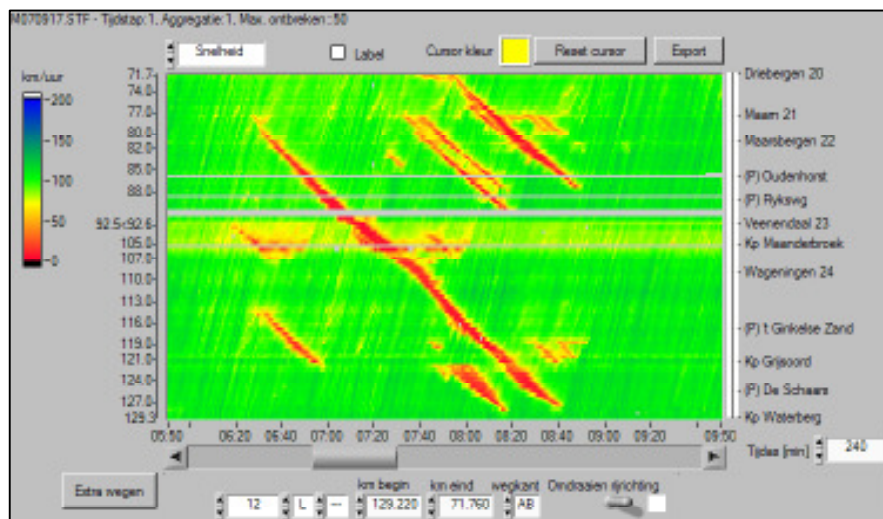


Fig. 2.2: Voorbeeld van een verkeersafwikkeling met filegolven.

³ In tijd-wegdiagrammen staan de weg-as verticaal, de tijd-as horizontaal, het verkeer rijdt van beneden naar boven. Figuren zijn overgenomen uit 'Filegolven, lopende golven van fileverkeer op snelwegen'. Transpute i.o.v. DVS, 2008.

Bij een vast knelpunt vormt het knelpunt altijd de bron voor de verstoorde verkeersafwikkeling. Bij verkeersafwikkeling met filegolven is de bron vaak minder expliciet. De eerste verstoring kan een spontane gebeurtenis zijn, maar meestal blijken structurele situaties toch als bronnen te fungeren. Doorgaans zijn het opritten die op drukke tijden de intensiteit her en der boven de capaciteit brengen. Is een filegolf eenmaal ontstaan en gaan lopen, dan blijft de weg ter hoogte van de oprit weer filevrij omdat de filegolf als een prop in de doorstroming fungeert. Bij situaties als deze is het begrip 'capaciteit' niet meer eenduidig omdat er geen sprake is van een stationaire stromingssituatie, het tijdelijke knelpunt verplaatst zich in de tijd.

Daarnaast speelt op zulke trajecten, mede vanwege de snelheidslimiet van 80 km/u voor vrachtauto's, dat de bestuurders van personenauto's niet graag tussen het vrachtverkeer in raken. De rechter rijstrook blijft daardoor onderbenut. In korte bottlenecks treedt deze onderbenutting niet of minder op ten eerste omdat veel auto's vlak voor de bottleneck via een oprit op de rechter rijstrook invoegen en er ook auto's zijn die direct na de bottleneck er af moeten en ten tweede omdat het snelheidsverschil tussen de rijstroken er gering is.

Terugkomend op het effect van het vrachtverkeer: men kan stellen dat "staande" files optreden in situaties met een uitgesproken knelpunt (verkeersaanbod ruimschoots groter dan capaciteit), en "lopende" files op trajecten waar de capaciteit over grote lengte wordt benaderd en her en der overschreden, maar waar een uitgesproken knelpunt ontbreekt. In beide gevallen zal een relatie met het aandeel vrachtverkeer bestaan, alleen werkt het onderliggend mechanisme vermoedelijk anders. In het eerste geval vooral door de fysieke omvang van de vrachtauto, in het tweede geval tevens door een van de rechter rijstrook verdrijvend effect op de personenauto's.

De functie van bovenstaande uitweiding over de verkeersafwikkeling is om een inperking van het onderzoek toe te lichten die bij aanvang is gedaan. Deze is dat het onderzoek zich beperkt tot situaties waar sprake is van een vast knelpunt (dus situaties met een verkeersafwikkeling zoals afgebeeld in fig. 2.1). De invloed van het vrachtverkeer op verkeersafwikkeling met filegolven is ook interessant, maar complexer om uiteen te rafelen en dit meenemen zou het onmogelijk gemaakt hebben met de beschikbare middelen tot een afronding te komen.

2.3 Opzet van het onderzoek

Als de gevonden capaciteiten op twee locaties die verschillen in hun aandeel vrachtverkeer worden vergeleken, hoeft het verschil in capaciteit niet noodzakelijkerwijs te komen door het verschil in vrachtverkeer, het kan ook te wijten zijn aan andere factoren waarin de locaties verschillen. Het is bekend dat locaties fors kunnen verschillen in capaciteit zonder dat exact bekend is waarom. We kunnen deze complicatie ondervangen op twee manieren:

- Door op veel locaties de capaciteit te meten samen met een aantal invloedsfactoren, waaronder aandeel vrachtverkeer, en dan met bijv. regressieanalyse trachten de invloed van het vrachtverkeer te isoleren.
- Door op een locatie in te zoomen (locatiespecifieke invloedsfactoren veranderen dan niet) en te wachten op variaties in het aandeel vrachtverkeer. Als capaciteitsvariaties dan hiermee blijken te correleren, kan uit de correlatie de

invloed van het vrachtverkeer worden afgeleid. Andere wisselende invloedsfactoren als weer en licht kunnen worden uitgeschakeld door het onderzoek bijv. te beperken tot de klasse 'droog, daglicht'.

Methodologisch heeft methode b) de voorkeur. Wel moet rekening gehouden worden met invloedsfactoren die naast aandeel vrachtverkeer eveneens op de momentane capaciteit van invloed kunnen zijn, denk aan weer en licht. Nadeel van methode b) is dat de spontane fluctuaties in aandeel vrachtverkeer wel eens tegen zouden kunnen vallen, dat er misschien een tijdverschuiving optreedt tussen wijziging vrachtverkeeraandeel en capaciteitseffect, enz. Men beperkt kortom het blikveld wel heel erg. Voordeel van methode a) is dat men veel locaties onder ogen krijgt dus dat men niet zo gauw bijzondere fenomenen die zich onder bepaalde omstandigheden zouden kunnen voordoen, zal missen. In dit onderzoek is daarom een combinatie van de manieren a) en b) toegepast en zowel bij de uitwerking als bij de duiding van de resultaten is de focus op de invloed van het vrachtverkeer gehouden.

Mee te nemen wegsituaties:

Bij de keuze van mee te nemen wegsituaties is men allereerst gebonden aan bestaande knelpuntlocaties/trajecten, want waar geen file wordt veroorzaakt kan de capaciteit niet worden gemeten laat staan de invloed van het vrachtverkeer op de capaciteit bepaald. De volgende inperking was dat van een locatie voldoende meetmateriaal voorhanden moest zijn (bestaande meetgegevens) om tot pae-waarde bepaling te komen.

Voor deelonderzoek 1 is daarom een inventarisatie van potentiële locaties gemaakt, die daarna op criteria als geografische spreiding en diversiteit in weg- en verkeerssituaties verder is ingeperkt.

Voor deelonderzoek 2 was de keuze beperkt tot een klein aantal locaties omdat plaatsen waar nabij een capaciteitslocatie het verkeer in voertuigcategorieën wordt gemeten, betrekkelijk schaars zijn.

Bij de locatieselectie voor deelonderzoek 1 is daarom getracht zo veel mogelijk de wensen uit de probleemstellende notitie te realiseren. Dit houdt in dat is getracht locaties mee te nemen die zich onderscheiden naar:

- veel en weinig vrachtverkeer
- type vrachtverkeer (veel categorie 2 versus veel categorie 3)
- rechtstand, invoeging, taperinvoeging
- weefvakken
- ligging (randstad/buiten de randstad)

Voorts zijn locaties met een afwijkende bijzondere omstandigheid als helling, scherpe bocht of slecht zicht bij voorkeur niet meegenomen om het onderzoek op het effect van het vrachtverkeer geconcentreerd te houden.

2.4 Uitgevoerde stappen

Concreet zijn de volgende stappen in het onderzoek ondernomen:

- 1 Selectie van een fors aantal locaties waar de capaciteit gemakkelijk kan worden bepaald. De kenmerken van de locatie en het aandeel vrachtverkeer⁴ zijn hierbij meegenomen. De capaciteit is op eenvoudige wijze bepaald door het gemiddelde niveau van de doorstroming gedurende perioden met file op de stroomopwaartse wegdelen. Methode a) uit de vorige paragraaf kortom.
- 2 Diepteanalyse van locaties die en een goede onderzoekslocatie vertegenwoordigen en de eigenschap hebben dat de vrachtautointensiteit er momentaan⁵ kan worden gemeten. Om maximale variatie in aandeel vrachtverkeer binnen de capaciteitendataset te creëren, zijn data uit ochtend- en avondspits, eventuele weekeindfiles, files gedurende vakantieperioden en juist op drukke werkweken bijeengevoegd. Daarnaast is controle uitgevoerd op externe omstandigheden als weer en licht. Op deze datasets is *per locatie* de momentane capaciteit in verband gebracht met de hoeveelheid vrachtverkeer. De analyse is beperkt tot perioden met file stroomopwaarts van de locatie zodat een eventueel twee-capaciteitenregime⁶ geen invloed heeft op de resultaten.
- 3 Analyse resultaten uit beide deelonderzoeken
De resultaten uit de deelonderzoeken zijn geïnterpreteerd en gecombineerd om tot conclusies te komen voor wat betreft invloed van vrachtverkeer op de capaciteit. De analyse mondt uit in een aanbeveling voor de te hanteren PAE-waarden voor het vrachtverkeer in de onderscheiden situaties.

2.5 Gebruikte brongegevens

Als brongegevens zijn gebruikt de ADY-data en de gegevens uit het BI-meetnet van de eerste helft van 2009, om precies te zijn 01-01-2009 t/m 30-06-2009. Dit zijn gegevens van meetapparaten die continu doormeten. De ADY-gegevens zijn in hun oorspronkelijke vorm per minuut maar zijn geaggregeerd naar kwartieren in de dataset opgenomen. De BI-gegevens zijn per uur. De ADY-gegevens bevatten, behoudens uitzonderingen, geen categorie-informatie, de BI-metingen zijn in drie lengteklassen. De lengteindeling is gebaseerd op elektronische lengte, die meestal tot +/- 30 cm verschilt van de werkelijke lengte. In een klein percentage van de gevallen is het verschil groter. De categoriegrenzen zijn gebruikt voor de indeling van het verkeer in lichte voertuigen (personenauto's en kleinere bestelwagens), 'categorie 1', en vrachtverkeer, de categorieën 2 en 3.

Beide meetsystemen zijn met elkaar vergeleken. Ten eerste om te controleren of de meetpunten inderdaad in voldoende mate hetzelfde verkeer meten en zodoende is dit een kwaliteitscontrole op elkaar. Ten tweede om, als de meetpunten in principe goed blijken te zijn, de afwijkingen tussen beide te gebruiken om incidentele meetfouten door aparte situaties en apparatuurdefecten die gedurende de meting optreden, te verwijderen. In bijlage 3 is hiervan kort verslag gedaan. Voorts zijn gebruikt de neerslaggegevens per uur van negen, verspreid over het land liggende KNMI-weerstations. Om zo groot mogelijke vergelijkbaarheid tussen

⁴ Indeling lengteklassen; cat1: < 5,6m, cat 2: 5,6 - 12,2m, cat3 > 12,2m.

⁵ 'Momentaan' houdt hier in "per kwartier". Omdat capaciteitswaarden in relatie tot het aandeel vrachtverkeer zijn bepaald, is aangesloten op de bij capaciteitsonderzoek gebruikelijke keuze van het kwartier als tijdseenheid.

⁶ Met twee-capaciteiten regime wordt bedoeld de situatie waarbij de wegcapaciteit vòòr het intreden van congestie groter is dan nadat eenmaal congestie is ingetreden. Deze complicatie wordt nader besproken in par. 2.6.

verschillende metingen en locaties te verkrijgen voor wat betreft de vrachtverkeerinvoed, is de invloed van weer- en lichtgesteldheid zoveel mogelijk uitgesloten. Dit is gedaan door de weersomstandigheden te beperken tot 'droog, droog wegdek' en de lichtgesteldheid tot 'daglicht'. Dit is voor wat betreft het eerste geïmplementeerd door van de omliggende meetstations te eisen dat zij twee uur voor en een uur na een meetkwartier geen neerslag aangaven. Deze inperking houdt wel in dat vanuit de resultaten van het onderzoek geen uitspraak over de (eventueel andere) invloed van het vrachtverkeer bij regen kan worden gedaan. Voor wat betreft het tweede is het gedaan door van de meetkwartieren alle kwartieren met 'schemer' en 'donker' weg te laten.

2.6 Wijze van uitwerking

Tenslotte nog een korte discussie over de uitwerkingsmethodiek. Bij het genoemde capaciteitsonderzoek uit de jaren '90 is een bekende statistische methode uit de survival-analyse, de product-limiet-methode, zo geherformuleerd dat hij kon dienen voor het empirisch schatten van de *verdeling* van de capaciteit⁷. Dit was toen nieuw en de methode wordt nog steeds gebruikt. Toch zijn nadien nadelen aan het licht gekomen die maken dat deze methode ons inziens niet zonder meer geschikt is voor onderhavig onderzoek. Het belangrijkste bezwaar van de product-limietmethode is dat het uitgaat van de onderstelling dat er geen twee-capaciteitenregime bestaat. Met "twee-capaciteiten regime" doelt men op de situatie waarbij de wegcapaciteit voor intreden van congestie groter is dan nadat congestie is ingetreden, zie figuur 2.3.

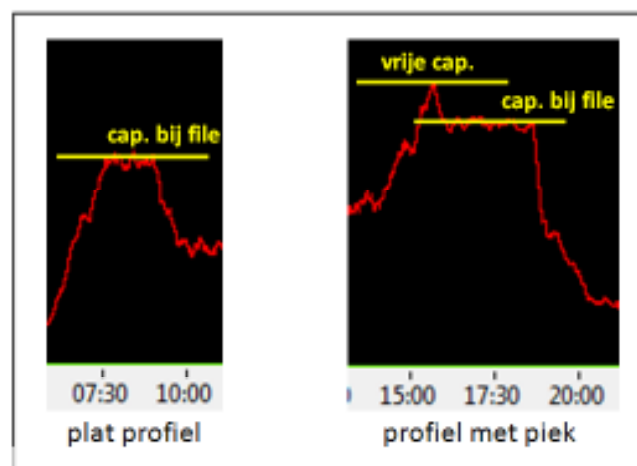


Fig. 2.3: Toelichting twee-capaciteiten regime

Is dit het geval, dan zal de product-limietmethode uitkomen op een waarde ergens tussen beide capaciteiten, en dus niet representatief zijn voor het doorstromingsniveau bij file. De discussies over het al dan niet bestaan van een twee-capaciteiten-regime zijn nog gaande. De complicatie van het eventuele

⁷ Demethode wordt o.a. uiteengezet in 'Capaciteit op convergentiepunten', Transpute i.o.v. Rijkswaterstaat - Dienst Verkeerskunde, 1993.

bestaan van een twee-capaciteiten regime is voor dit onderzoek omzeild door bij de uitwerking van de meetgegevens uitsluitend de capaciteit onder congestie-omstandigheden te nemen, dus in alle gevallen alleen de tweede capaciteit te nemen zoals aangegeven in het rechter deel van fig. 2.1. Dit is bereikt door alleen capaciteitswaarden, zowel gemiddelde als momentane waarden, te bepalen (d.w.z. de meetwaarde van de doorstroming) onder voorwaarde dat de locatie overbelast is, aangetoond door het aanwezig zijn van file in de knelpuntlocatie of direct stroomopwaarts van die locatie.

De klassieke opstelling voor capaciteitsmeting bestaat uit drie meetpunten:

- een meetpunt vòòr het knelpunt dat gebruikt wordt om vast te stellen of er file is (d.w.z. dat het knelpunt overbelast is en kennelijk op zijn capaciteit draait),
- een meetpunt in het knelpunt om aldaar de capaciteit te meten en
- een meetpunt ná het knelpunt om te verifiëren dat de file niet onverhoopt door een verstoring of file stroomafwaarts van het knelpunt afkomstig is; van dit meetpunt wordt dus vereist dat het géén file heeft.

Deze opstelling levert alleen nog problemen op als de capaciteitsbeperking gevormd wordt door een weg met filegolven. De methode selecteert dan specifieke dynamische momenten voor de capaciteitsbepaling die opnieuw niet representatief zullen zijn voor het geheel.

In dit onderzoek is, rekening houdend met de klippen van de verschillende uitwerkingsmethodieken, gekozen voor een pragmatische bepaling van de capaciteit. Dit is gedaan door, ten eerste, bij de locatieselectie ervoor te zorgen dat uitsluitend capaciteitsbeperkende trajecten worden meegenomen die goed meetbaar zijn en langdurig met capaciteitsoverschrijding te maken hebben (dus lichte knelpunten, waar capaciteitsoverschreidingen nog vaak kortdurend zijn en dus het twee-capaciteiten-effect een grote rol zou kunnen spelen, niet mee te nemen), en door, ten tweede, te focussen op het "sustainable" niveau van de doorstroming dat deze trajecten blijken te hebben tijdens de congestieperiode en dit als veldwaarde voor de capaciteit te beschouwen. Door af te zien van locaties waar slechts af en toe de capaciteit wordt bereikt, zal de valkuil worden vermeden met later onrealistisch blijkende hoge schattingen voor de dag te komen.

Om de kans om metingen foutief tot een capaciteitsmeting te bestempelen, nog verder te reduceren zijn, daar waar dat mogelijk was, twee meetpunten stroomopwaarts en twee meetpunten stroomafwaarts meegenomen.

Bij de analyse is onderscheid gemaakt naar verschillende wegconfiguraties ter hoogte van het capaciteitsbepalende punt. Het onderscheid is naar het aantal rijstroken van de doorgaande rijbaan (twee- of drie-strooks) en of vanaf de linker of de rechter kant wordt ingevoegd (afvallende linker rijstrook, d.w.z. een plaats waar de capaciteitsbeperking ontstaat door een wegversmalling, of een invoegstrook rechts, d.w.z. een plaats waar de capaciteitsbeperking ontstaat door het op de weg komen van extra verkeer). Zo ontstaat een indeling naar vier onderzochte wegconfiguraties zoals afgebeeld in figuur 2.4.

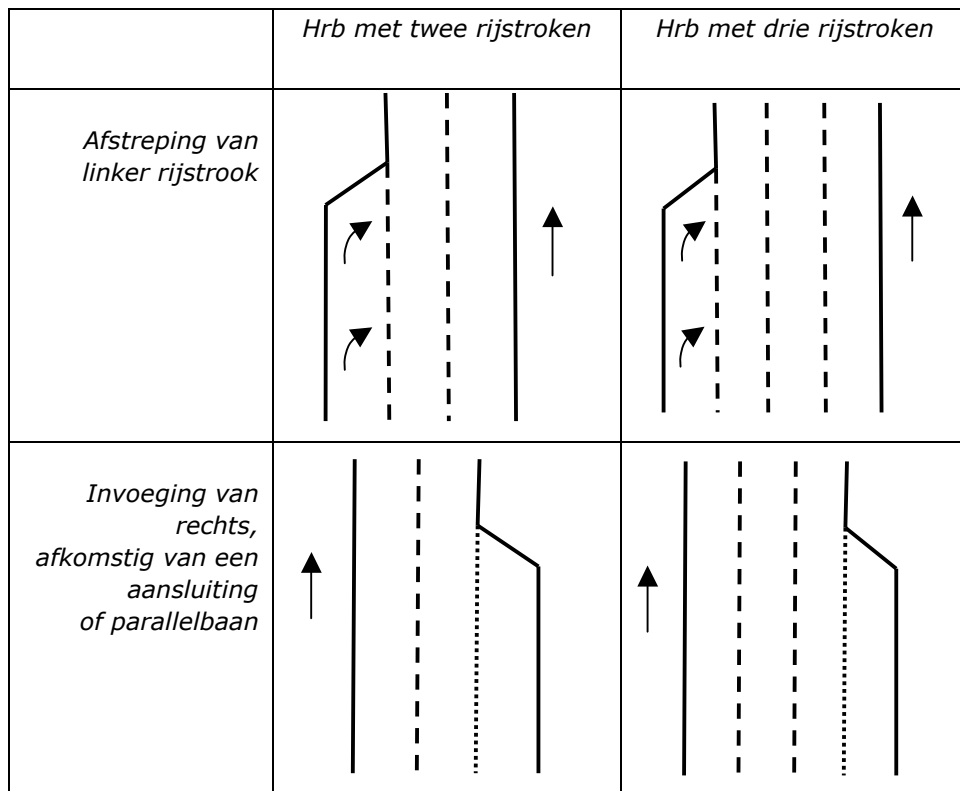


Fig. 2.4: De vier onderzochte type wegconfiguraties

Naast de wegconfiguratie zou van belang kunnen zijn hoe het verkeer op een onderzoekslocatie is geregeld. Van 'maximum snelheid' (120 dan wel 100 km/u) wordt over het algemeen geen effect op de capaciteit verwacht omdat het verkeer onder capaciteitsomstandigheden al geen 100 km/u meer rijdt. Wel van invloed zou kunnen zijn of ter plaatse een inhaalverbod vrachtverkeer geldt. Bij aanvang van het onderzoek was daarom in de opzet opgenomen om 'inhaalverbod vrachtverkeer' als externe verklarende factor mee te nemen. Dit bleek echter niet haalbaar, want bij langslopen van de aanwezigheid van dit verbod op de potentiële onderzoekslocaties bleek dat op alle twee-strooks locaties het inhaalverbod van kracht is en op alle driestrooks locaties niet.

Tenslotte de relatie met het vrachtverkeer, de relatie waar het hier allemaal om draait. In dit onderzoek is de relatie met ál het vrachtverkeer onderzocht, dat wil zeggen de som van de categorieën 2 en 3. Het is in principe mogelijk te proberen voor de categorieën middelzwaar en zwaar vrachtverkeer afzonderlijke pae-coëfficiënten te schatten, ze zijn immers afzonderlijk gemeten. Voor een mooie meetlocatie met veel capaciteitswaarnemingen met een grote spreiding in aandeel vrachtverkeer is de haalbaarheid van dit idee beproefd. Dit leverde de volgende resultaten op:

	<i>R-kwadraat</i>	<i>coëff.</i>	<i>st.fout in coëff</i>
<i>Enkelvoudige regressie op aandeel cat. 3</i>	0.116	-4200	415
<i>Meervoudige regressie op aandelen cat. 2 en cat. 3</i>	0.118	1110 -4950	780 (cat. 2) 670 (cat. 3)
<i>Enkelvoudige regressie op aandeel [cat2 + cat3]</i>	0.096	-2200	240

Uit dit resultaat kan men afleiden dat de aandelen cat. 2 en cat. 3 kennelijk zo colleneair zijn, dat een meervoudige regressie van capaciteit op aandelen cat. 2 en cat. 3 maar weinig verbetering van de R-kwadraat oplevert boven een enkelvoudige regressie op de som van beide (resp. 0,118 en 0,096 op 777 waarnemingen). Doordat de aandelen cat. 2 en cat. 3 zo gelijkopgaand variëren komt de regressie niet met zinvolle regressiecoëfficiënten voor elk, maar met een min of meer toevallige lineaire combinatie op de proppen die statistisch net wat beter fit. In dit geval kwam de meervoudige regressie voor cat. 3 op een sterk negatieve coëfficiënt uit en voor cat. 2 op een licht positieve, tesamen equivalent aan de enkelvoudige regressiecoëfficiënt op het totale aandeel vrachtverkeer. Opvallend is wel dat fit op alléén categorie 3 beter fit dan die op de som van de categorieën 2 en 3. Dit zou kunnen betekenen dat de invloed van cat. 3 voertuigen domineert, maar nauwkeurige statistische analyse over meer locaties zal nodig zijn om dit verder aan te kunnen tonen. Dit paste niet in het bestek van onderhavig onderzoek, en besloten is het onderscheid tussen de invloed van middelzwaar en zwaar vrachtverkeer achterwege te laten en alle analyses uit te voeren op het totaal aandeel vrachtverkeer.

3 Capaciteitsbepaling op een groot aantal locaties

In dit hoofdstuk worden de resultaten uit deelonderzoek 1 besproken. Van een fors aantal locaties zijn de capaciteiten tijdens congestieomstandigheden grof bepaald. Er is geen rekening gehouden met specifieke omstandigheden, maar met behulp van regressie-analyse is getracht de invloed van het vrachtverkeer te isoleren. Het resultaat is een robuust beeld over alle omstandigheden heen.

3.1 Locatieselectie

In overleg met opdrachtgever is een selectie gemaakt uit de knelpunten op het Nederlandse hoofdwegennet waar meetcijfers beschikbaar zijn. Bij de selectie van de knelpunten zijn de volgende randvoorwaarden gehanteerd:

- de capaciteit moet meetbaar zijn, d.w.z. er moet file staan en de uitstroom uit de file (intensiteit) moet beschikbaar zijn.
- tijdens de fileperiode dient het percentage vrachtverkeer bekend te zijn.
- er is sprake van een vast knelpunt (toerit, samenvoeging of afvallende rijstrook).

de weg heeft twee of drie rijstroken. Deze laatste eis is toegevoegd om voldoende meetlocaties per wegtype te verkrijgen. Het aantal wegvakken met meer of minder rijstroken bovengenoemde randvoorwaarden van toepassing zijn, is te beperkt voor dit onderzoek.

Dit heeft geresulteerd in 32 locaties, zie tabel in bijlage 1. Op alle twee-strooks locaties is een inhaalverbod voor vrachtverkeer van toepassing (in de spitsen). Op de drie-strooks wegvakken niet.

3.2 Methodiek capaciteitsbepaling

Van de geselecteerde locaties zijn aldus de capaciteiten grof bepaald: Per locatie is de positie van de kop van de file opgezocht. Dit is gedaan door een kaartbeeld van de jaargemiddelde snelheid per tijdstip (o.b.v. kwartiergemiddelden) te inspecteren voor de tijden waarop de structurele file op de betreffende locatie aanwezig is. Meestal ligt deze kop-file positie op alle tijdstippen op dezelfde plaats, zie figuur 3.1.

Eveneens op basis van jaargemiddelde kwartiergegevens is een tijdwegdiagram van de snelheid opgesteld waarin de gehele file zichtbaar is (fig. 3.2). Deze is beoordeeld op regulariteit, eventuele interactie met andere knelpuntfiles en de positie van de kop-file t.o.v. de discontinuïteiten van de weg.

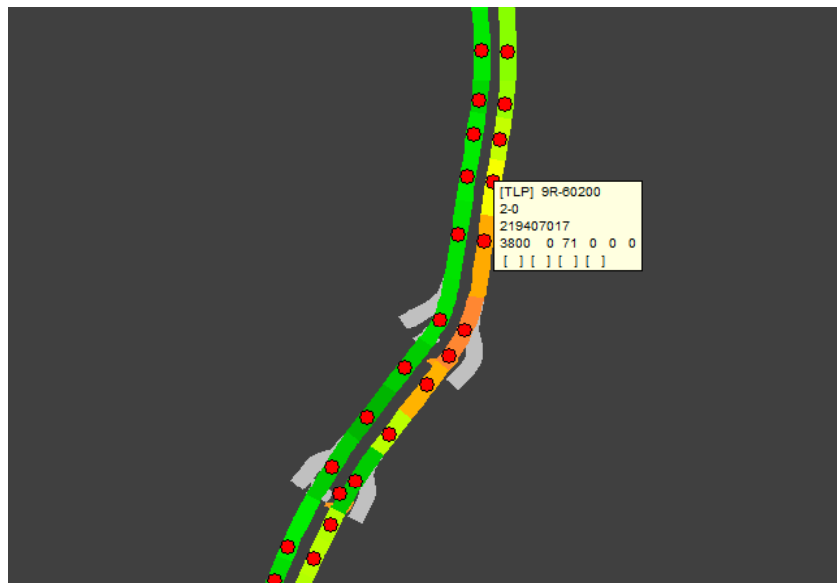


Fig.3.1: Kaartbeeld A9 toert Castricum. De kleuren geven de gereden snelheid weer (oranje is ongeveer 50 km/u, geel circa 70 km/u en groen meer dan 80 km/u) en de rode stippen zijn meetlocaties.

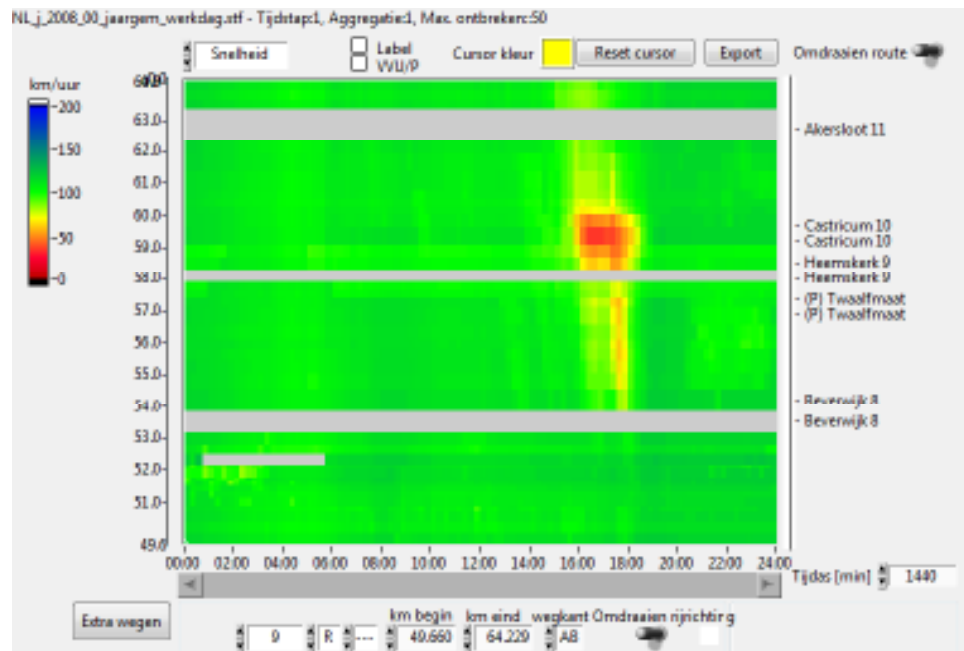


Fig. 3.2: Tijdwegdiagram van de snelheid: de structurele file bij toert Castricum is duidelijk zichtbaar.

Tenslotte is de capaciteit bepaald (zie fig. 3.3), wederom op basis van de jaargemiddelde kwartiergegevens, door een lijn te leggen langs het intensiteitsplateau (groene lijn) dat tijdens de fileperiode (snelheid, rode lijn)

zichtbaar is. De intensiteit is van de capaciteitsbeperkende doorsnede, dus de locatie van de filekop of, gezien de posities van de discontinuïteiten, equivalent⁸. De fileperiode zelf is bepaald aan de hand van de snelheid op dezelfde doorsnede of een doorsnede stroomopwaarts (als de intensiteitsdoorsnede voorbij de kop-file is gekozen).

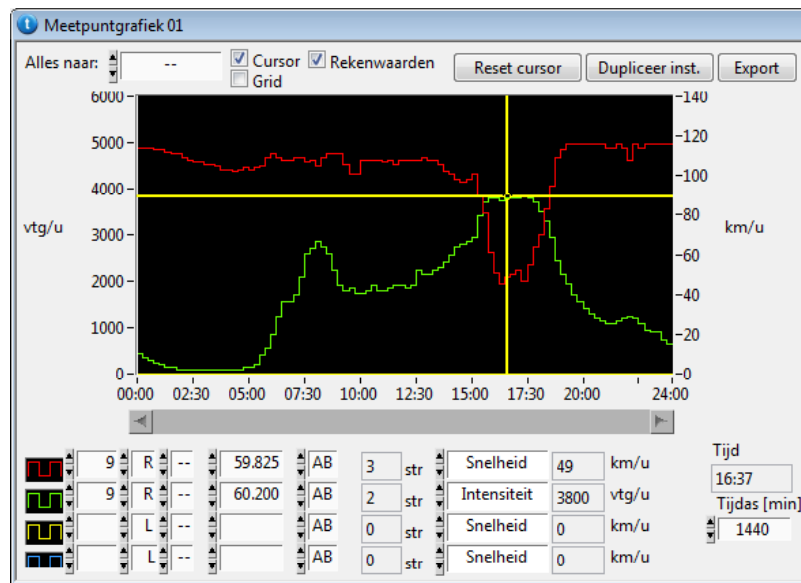


Fig. 3.3: Capaciteitsbepaling knelpunt toerit Castricum. Intensiteits- en snelheidsgrafiek ter hoogte van de kop van de file.

3.3 Methodiek bepaling vrachtpercentage

De hoeveelheid vrachtverkeer is afgeleid uit de telcijfers van het BI-netwerk. Deze telgegevens bevatten intensiteiten per uur op rijbaanniveau in drie lengtecategorieën.

Het vrachtpercentage voor de categorie 2 en 3 is tezamen genomen en over een "smal" spitsblok gemiddeld: 7-9 uur voor de ochtendspits en 16-18 uur voor de avondspits. Hierdoor is een robuust percentage beschikbaar, dat geldt in de tijden van de spits dat file zich manifesteert. Een brede spits heeft als nadeel dat er ook tijden worden meegemiddeld met een hoger vrachtpercentage (flanken van de spits). Dit heeft te maken met het gegeven dat het vrachtverkeer over de dag gezien betrekkelijk gelijkmatig doorloopt, terwijl het spitsverkeer vooral een kwestie is van personenauto's. Tijdens de spitsuren raakt het aandeel vrachtverkeer dus "verdund", maar dit zijn wel juist de tijden dat het telt want alleen tijdens deze uren wordt de capaciteit bereikt en overschreden. Het verloop van de intensiteit van de drie onderscheiden voertuigcategorieën over de dag op een van de meetlocaties is voor een zevental opeenvolgende dagen weergegeven in fig. B1 in bijlage 3. Hoe dit uitpakt voor het percentage vrachtverkeer is geïllustreerd in fig. 3.4 voor één van deze dagen.

⁸ D.w.z. niet verder dan de eerstvolgende toe- of afrit, splits- of samenvoegpunt van de knelpuntveroorzakende locatie verwijderd, zodat hetzelfde verkeer wordt gemeten met als grootst mogelijke afwijking ene klein tijdsverschil.

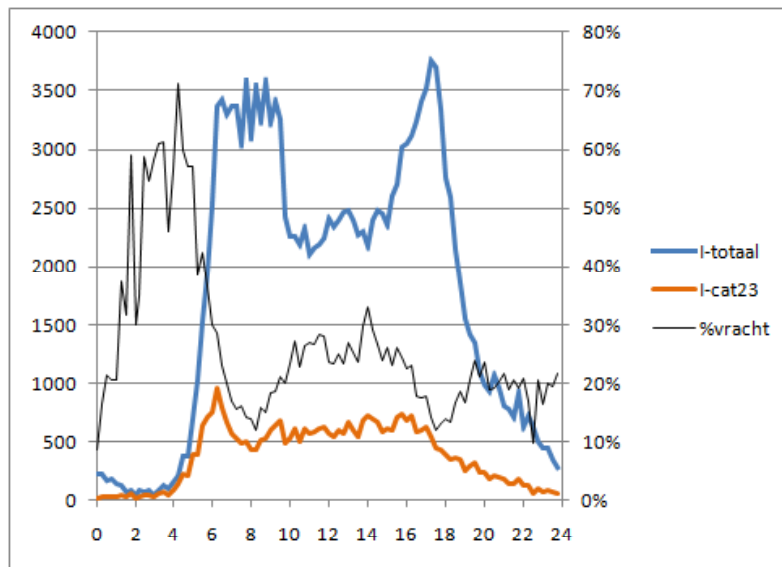


Fig.3.4: Voorbeeld verloop aandeel vrachtverkeer over de dag. Toelichting: Uitgezet is het verloop van de totale intensiteit en de intensiteit van de categorieën 2 en 3 samen, in vtg/u, per kwartier. Het percentage vrachtverkeer is uitgezet tegen de rechter y-as. Duidelijk is te zien dat het aandeel vrachtverkeer omlaag gaat tijdens de spitsuren, voornamelijk als gevolg van het verdunnend effect van het spitsverkeer.

Beschouwing van fig. 3.4 laat zien hoe inderdaad het percentage vrachtverkeer tijdens de spitsuren omlaag gaat en dat het opkomen van de spitscomponent daarin de hoofdoorzaak vormt. Vanzelfsprekend hangt het precieze verloop af van de dag van de week en meer nog van de meetlocatie in kwestie, maar het verdunnend effect treedt op alle locaties op. Omdat op de meeste van de in dit onderdeel meegenomen locaties de congestieperiode zich rond de tijden 7-9 en/of 16-18 afspeelden, zijn deze tijden gekozen om het aandeel vrachtverkeer van de locatie over te bepalen. Bij locaties die zowel voor ochtend- als avondspits meededen, is het aandeel vrachtverkeer per spits bepaald.

3.4 Resultaat

3.4.1 Theorie

Wanneer de PAE-waarde wordt bepaald uit het verband tussen capaciteit en percentage vrachtverkeer dient men te beseffen dat een vaste PAE waarde een niet-lineair verband tussen het vrachtpercentage en de capaciteit oplevert. De formule voor het omrekenen van mvt naar PAE is als volgt:

$$\text{intensiteit in PAE} = \text{intensiteit in mvt} * [1 + \text{aandeelvracht} * (\text{PAE-factor} - 1)]$$

In onderstaande grafiek staat per PAE-waarde (van 1 tot 5) het verband tussen de capaciteit (in mvt) en het vrachtpercentage afgebeeld, berekend volgens de formule. Door deze curves is een lineair verband geschat op de waarden voor het vrachtaandeel tussen 5% en 20% (in de spitsperioden zijn dit de meest voorkomende vrachtpercentages, zie fig. 3.6 en 3.7).

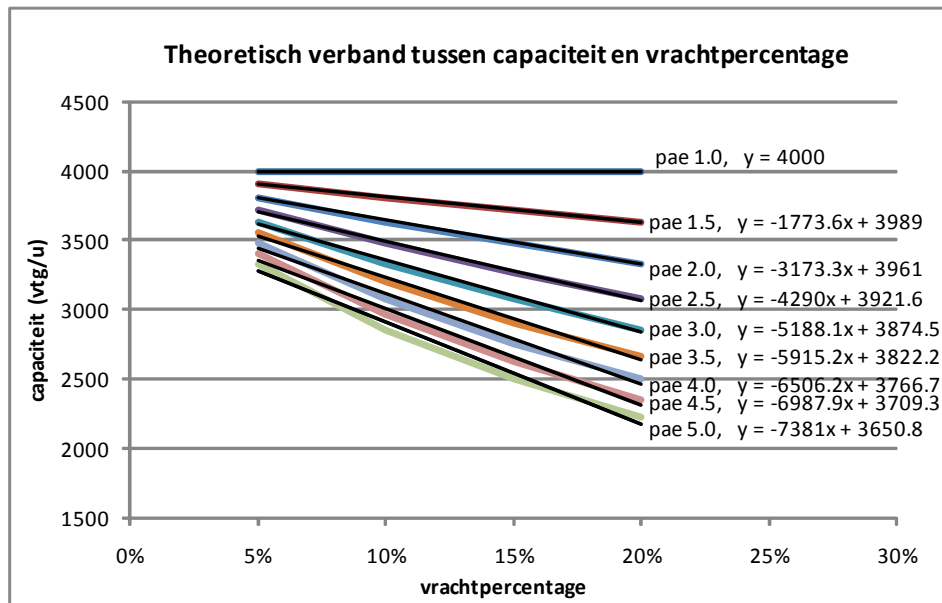


Fig. 3.5: Theoretisch verband tussen capaciteit en vrachtpercentage (in de spits) bij verschillende waarden voor de PAE-factor.

Zoals men in de figuur kan waarnemen loopt het verband in deze range van PAE-waarden en vrachtpercentages nagenoeg lineair. De formule van de lineair gefitte lijn is achter elke grafiek vermeld. Er is vrijwel geen verschil tussen de trendlijn en de weergegeven waarden. Bij hogere vrachtpercentages in combinatie met een hoge PAE-waarde is er een grotere afwijking tussen de waarden en de lineaire trendlijn. In de grafiek wordt dit al zichtbaar bij de lijn voor PAE-waarde 5 (onderste grafiek). Wanneer het verband tussen capaciteit en vrachtpercentage lineair wordt geschat, is er een directe relatie tussen richtingscoëfficiënt en PAE-waarde, zie tabel 3.1.

Richtingscoëfficiënt (vtg/uur/vrachtfractie)	PAE-waarde
0	1.0
-1770	1.5
-3170	2.0
-4290	2.5
-5190	3.0
-5920	3.5
-6510	4.0
-6990	4.5
-7380	5.0

Tabel 3.1: Richtingscoëfficiënt per PAE-waarde bij lineair verband.

3.4.2 Empirisch resultaat geselecteerde locaties en benadering met een lineair verband

De hierna afgebeelde grafieken tonen de gemeten waarden van capaciteit op de geselecteerde locaties, uitgezet tegen het vrachtpercentage gedurende de spits op de betreffende locatie. De lijn in de grafiek is geschat op basis van het kleinste kwadraten criterium. De eerste grafiek toont het resultaat voor twee-strooks wegvakken en de tweede grafiek voor drie-strooks wegvakken. Voor enkele locaties was geen vrachtpercentage uit BI-meetpunten beschikbaar. Hier is het etmaal-vrachtpercentage gebruikt dat in ander verband bij het opstellen

van invoergegevens voor het simulatiemodel Flowsimulator voor alle wegvakken van het hoofdwegennet is geschat - op basis van dezelfde BI-meetgegevens - door de stromen en vrachtpercentages op nabijgelegen wegen te vergelijken en te combineren. Dit etmaalpercentage is vervolgens teruggerekend naar een spitspercentage. Deze punten zijn in de grafieken roodomrand aangeduid ('FS-meting').

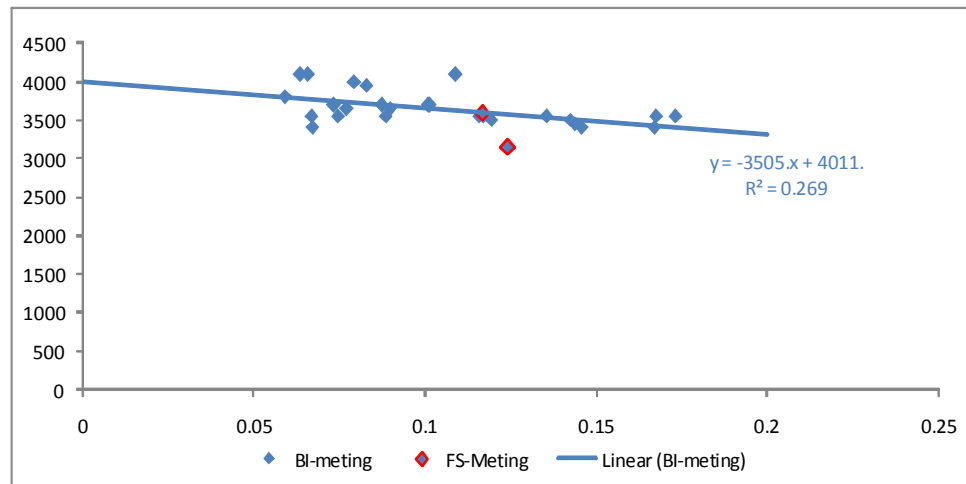


Fig. 3.6: Verband tussen capaciteit en vrachtpercentage op tweestrookswegvakken.

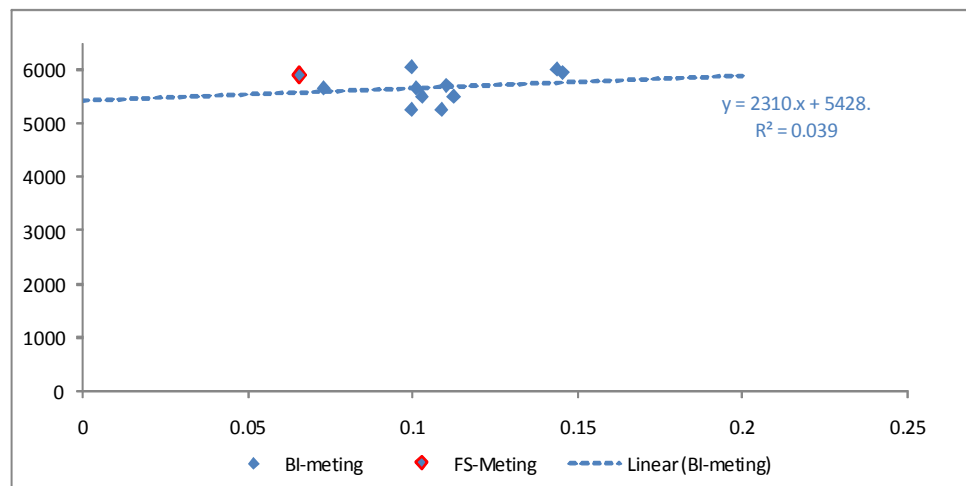


Fig. 3.7: Verband tussen capaciteit en vrachtpercentage op driestrookswegvakken.

Interpretatie van de resultaten

De uitgezette punten voor de tweestrooksvakken tonen, naast strooiing, een consistent afnemend verband met het aandeel vracht (blauwe lijn). De gefitte lijn heeft een negatieve richtingscoëfficiënt waarvan de waarde overeenkomt met een PAE-factor van 2.1. Het resultaat strookt met de algemene verwachtingen in die zin dat de waarde ligt tussen de waardes die doorgaans in de regio's worden gehanteerd.

Voor de driestrookswegvakken is het aantal punten beperkt maar de spreiding over x-as goed. Een verband is dus zeker afleidbaar, zij het met niet veel zekerheid. De gefitte lijn blijkt een licht positief verband te hebben met aandeel vrachtverkeer. De helling wijkt niet significant af van nul. Het ontbreken van een aflopend verband met het aandeel vrachtverkeer gaat in tegen de verwachtingen, en een positief verband zou dit in nog grotere mate doen. Een positief verband valt a priori echter niet uit te sluiten. Het zou bijvoorbeeld kunnen dat op drie-strooks wegen een scheiding tussen licht verkeer en vrachtverkeer plaatsvindt die ertoe leidt dat de capaciteit van het lichte verkeer effectief die van een twee-strooks rijbaan wordt (de linker- en middenstrook), en de capaciteit van de hele rijbaan dan die plus de intensiteit op de rechterstrook. Als het aandeel vrachtverkeer dan toeneemt terwijl het nog wel past op één strook, neemt de maximale intensiteit toe. In elk geval leidt de uitgevoerde analyse voor de drie-strooks wegvakken niet tot het vaststellen van een PAE-waarde anders dan 1.

4 Detailanalyse

Capaciteit en vrachtpercentage zijn geen vaste gegevens. De capaciteit is niet alleen afhankelijk van de wegconfiguratie, maar ook van zaken als de weersgesteldheid en van de lichtomstandigheden. In het vorige hoofdstuk werd hiernaar geen onderscheid gemaakt. De analyse was op jaargemiddelde kwartiercijfers. Zo ontstond wel een over alle omstandigheden heen gezien robuust beeld, maar geen zuiver verband tussen vrachtpercentage en capaciteit. In dit hoofdstuk wordt in meer detail het verband tussen capaciteit en het percentage vrachtverkeer onderzocht op een selectie van de in het vorige hoofdstuk gebruikte locaties.

4.1 Voorbereiden analyseset

Van de dataset uit deelonderzoek 1 is een aanvullende dataselectie gemaakt van individuele kwartiercijfers van de eerste helft van 2009 (intensiteit en snelheid van signaleringsmeetpunten, ADY) en individuele uurcijfers per categorie van het bij de locatie gelegen BI-meetpunt. Het vrachtpercentage valt dus niet per kwartier te onderscheiden⁹. Files ontstaan echter niet en lossen ook niet op op de volle uren, dus het is wel zinvol om de bepaling of een meetwaarde een capaciteitsmeting is, wel per kwartier te doen. In de datasets zijn daarom steeds vier kwartieren van de ADY-meetpunten gekoppeld aan een BI categorieën uurmeting.

Aan deze dataset zijn vervolgens lichtgesteldheid en neerslag gekoppeld. Neerslaggegevens zijn eveneens per uur en betrokken van het meest nabij gelegen KNMI meetstation dat neerslagdata op uurniveau levert.

Voor de analyse van het verband vrachtpercentage-capaciteit zijn vervolgens als aanvullende eisen gesteld:

- droog (per uur)
- daglicht (per kwartier)
- filecriterium: stroomopwaarts <70 km/u en stroomafwaarts > 70 km/u (per kwartier)

Door deze extra eisen is de verwachting dat de capaciteitswaarden een nauwere bandbreedte zullen vertonen, immers in de rijomstandigheden is nog maar weinig variatie. Dit geldt echter per locatie. Tussen locaties zullen de capaciteitsverschillen blijven bestaan, verschillen als gevolg van wegontwerp, wegconfiguratie (versmalling, invoeging, samenvoeging) en intensiteit van de invoegende stroom. Deze kenmerken zijn immers locatiespecifiek.

Om meetfouten en niet-capaciteitssituaties te onderdrukken zijn nog twee andere extra voorwaarden toegevoegd. Soms kunnen incidenten voorkomen op dezelfde plek als het structurele knelpunt, leidend tot een foutieve aanmerking tot capaciteitswaarde en soms kunnen de meters een onvolledig telcijfer heffen door een apparatuurfout, niet gemelde strookmeetpuntuitval, of een calamiteit op de weg. De meeste van deze strooipunten bleken te kunnen worden ondervangen met:

⁹ Op vijf locaties (nr^o 110, 113, 114, 121 en 238 in de tabel in bijlage 1) was het vrachtpercentage wel per kwartier bekend. Op deze locaties zijn de vrachtpercentages per kwartier meegenomen.

- intensiteit > 1000 vtg/strook/uur (per kwartier)
- intensiteit BI-meetpunt minder dan 10% verschillend van de verwachte uurwaarde van het ADY-punt , zie bijlage 3 fig. B2.

Dit heeft geleid tot een robuuste set aan gegevens waarmee de PAE-waarde onder capaciteitscondities nader is onderzocht. De overgebleven locaties zijn weergegeven in de tabel in bijlage 1.

4.2 Analyse per locatie

De invloed van het vrachtverkeer op de capaciteit moet naar voren komen als men een scatterdiagram opstelt van de meetwaarden van de capaciteit tegen het aandeel vrachtverkeer. Zie figuur 4.1. voor een voorbeeld. In de eerste beoordeling van de resultaten was er geen onderscheid gemaakt naar dagsoort en wel/geen spits, wel naar meetlocaties (wegconfiguratie verschilt immers). Deze beoordeling leverde een grote diversiteit aan verschillende puntenwolken op. Kennelijk zijn de verschillen tussen locaties groot. Op veel locaties was bovendien sprake van verschillende deelwolken, al dan niet overlappend, binnen de puntenwolk. Zie opnieuw fig. 4.1 voor een voorbeeld.

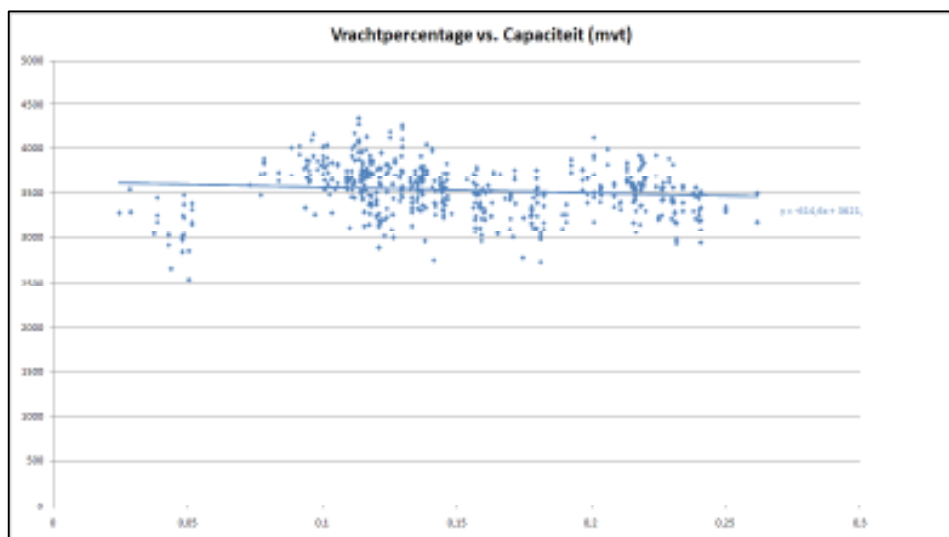


Fig. 4.1: Capaciteitswaarnemingen clusteren in sub-wolken (voorbeeld: locatie 116)

Dit suggereerde dat andere condities van belang waren die nog niet waren meegenomen. Het ondervangen van deze verschillen was wel noodzakelijk, want het was duidelijk dat de zwaartepunten van de deelwolken de richtingscoëfficiënt van de fitlijn evenzeer beïnvloedden als het vrachtpercentage. Nadere inspectie bracht aan het licht dat in elk geval de deelwolken met laag aandeel vracht en tevens opvallend lage capaciteit afkomstig waren van weekeindcijfers. In fig. 4.1 is dit de sub-wolk links-onder. De conclusie is dat de weekeindcapaciteiten duidelijk afwijken van de doordeweekse, en derhalve niet mogen worden gemengd met werkdagmeetwaarden bij het bepalen van de PAE-waarde, ze zouden hooguit zelfstandig mogen worden gefit. Dit was echter niet zinvol gezien de

geringe spreiding in aandeel vrachtverkeer in weekeindverkeer die geen significante fit van een richtingscoëfficiënt toelaatte.

Verder is gekeken of ochtend- en avondspits op dezelfde locatie nog verschil uitmaakt, en ook de capaciteitspunten, wèl op werkdagen maar búiten de spitsen (voornamelijk daluren, maar ook wel voor de ochtendspits of na de avondspits). Om dit te kunnen doen is besloten bij het afbeelden van de puntenwolk verschillende kleuren te gebruiken: weekeind / ochtendspits / avondspits / werkdag-rest, en deze eerst maar eens apart te fitten. Dit leverde reultaten op als afgebeeld in fig. 4.2.

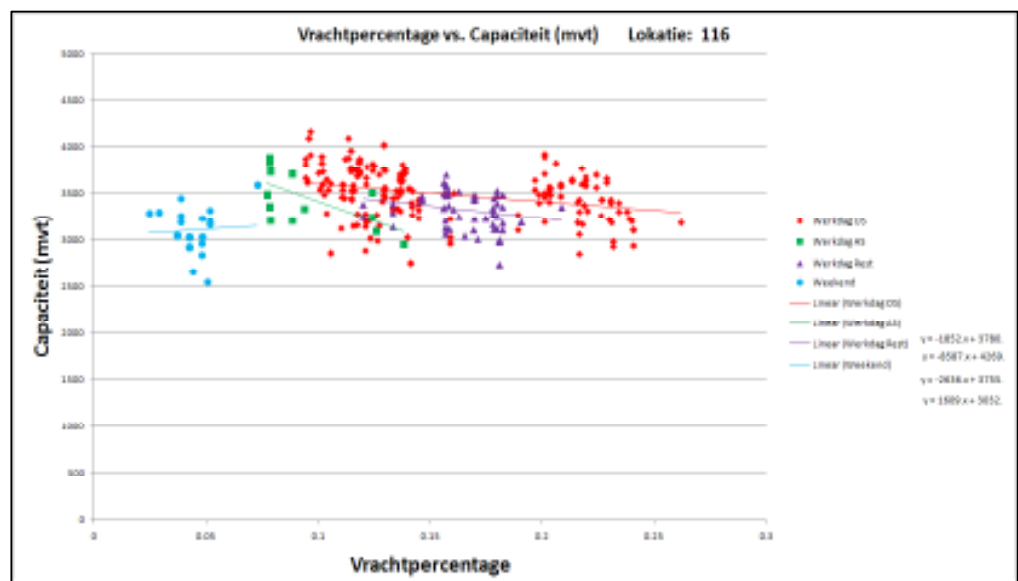


Fig. 4.2: Als fig.4.1, maar meetpunten onderscheiden naar weekeind en spits, en apart gefit.

Binnen de drie werkdag-groepen onderscheidt zich de laatste door een hoog aandeel vracht. Tijdens de spitsen daalt dit weer vanwege het grote aandeel woon-werkverkeer. Overigens blijkt op de voorflank van de ochtendspits op een aantal locaties het aandeel vracht daar nog weer boven uit te stijgen, dit is de rechter rode puntenwolk in fig. 4.2. Over het geheel genomen bleek, niet alleen in het voorbeeld van fig. 4.2. maar ook op de andere locaties, de puntenwolken van de onderscheiden werkdagdelen in elkaars verlengde te liggen en deels te overlappen, hetgeen duidt op hetzelfde verband. De punten van deze drie groepen zijn daarom samengevoegd om zo met één fitlijn per locatie de PAE-waarde te bepalen. Het zo verkregen resultaat voor de voorbeeldlocatie is afgebeeld in fig. 4.3.

Deze lijn vat dus samen het verband tussen capaciteit en aandeel vrachtverkeer voor verkeer op werkdagen onder de condities 'droog, droog wegdek' en 'daglicht'.

De analyse als afgebeeld in figuur 4.3 is uitgevoerd voor alle locaties die deel uitmaakten van de detailanalyse. De hellingscoëfficiënt van de fitlijn is als resultaat voor de betreffende locatie gebruikt en de resultaten van alle locaties worden in het vervolg van deze paragraaf verder geanalyseerd om tot een overall-schatting van de pae-factor te komen.

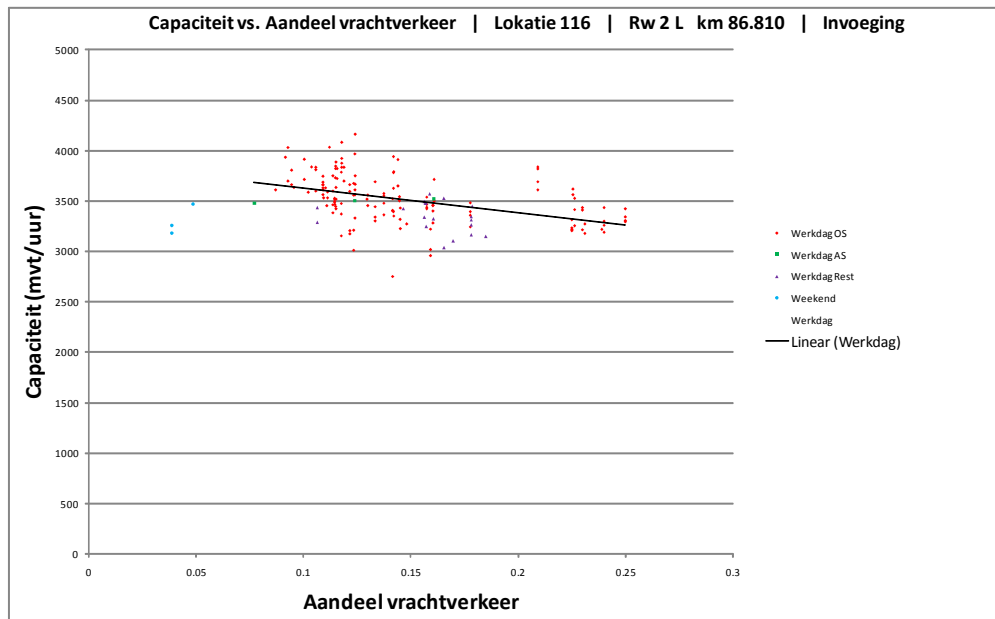


Fig. 4.3: Als fig.4.2, maar nu één fitlijn voor alle punten van de werkdag.

Noot: In figuur 4.3 is te zien dat het aantal meetpunten is gereduceerd t.o.v. figuur 4.2. Dit komt omdat lopende de uitwerking de eisen t.a.v. geldige capaciteitsmeetpunten, met name t.a.v. weer en licht, zijn opgevoerd. Concreet: in fig. 4.1 en 4.2 alleen nog geeist 'droog' op het dichtstbijzijnde knmi-station in het betreffende uur, en geen selectie op 'daglicht'. In fig. 4.3 zijn alle eisen toegepast als eerder besproken.

4.3 Combineren van de resultaten van de verschillende locaties

In bijlage 4 zijn de grafieken 'capaciteit' tegen '%vracht' voor de onderzochte locaties gegeven. De punten zijn individuele meetkwartieren, aangemerkt als capaciteitsmeting, onderscheiden naar:

- ochtendspits
- avondspits
- werkdag buiten de spits
- weekeinddag

Per locatie is een rechte lijn gefit voor de werkdag zodat de lezer, als er sprake is van een reëel verband, de helling kan aflezen. De samenvatting is weergegeven in onderstaande tabel.

Wat allereerst opvalt bij beschouwing van de tabel is dat de verschillen tussen locaties groot zijn. Dit is daarom opvallend omdat de meetperiode waarover de resultaten opgesteld zijn fors is - een half jaar brondata - en het aantal capaciteitsmetingen dat per locatie aan de pae-waardebepaling kon bijdragen bij de meeste locaties eveneens groot (meestal meer dan 100 en vaak ruim daarboven). Als het effect van het vrachtverkeer zich consistent en sterk zou voordoen zou de homogeniteit in de tabel veel groter moeten zijn dan nu uit het onderzoek naar

voren komt. Men mag dan ook concluderen dat naast het effect van het vrachtverkeer nog andere factoren in het geding zijn die de resultaten van locatie tot locatie doen variëren en die domineren boven de invloed van het vrachtverkeer. Deze factoren zijn door de voorzorgen, getroffen bij de detailanalyse, dus niet uitgeschakeld en alleen verdere inspectie en onderzoek zou naar voren kunnen halen welke dit zijn. Daar staat tegenover dat in elk geval de 17 tweestrookslocaties tesamen voldoende evidentie vertegenwoordigen om een gemiddeld effect af te leiden.

Locatie	Richtingscoëfficiënt (vtg/uur / vrachtfractie) ¹⁰	Aantal metingen
101	-7833	23
103	4048	107
104	-9813	58
106	-2216	147
107	-7261	344
108	-4706	16
109	85	14
110	-4295	34
113	-4457	684
114	-3959	887
116	-2468	168
117	-7368	28
121	-2400	107
123	-5827	349
127	-2034	529
132	-5516	42
238	-1773	271

Locatie	Richtingscoëfficiënt (vtg/uur / vrachtfractie)	Aantal metingen
124	-1709	75
240	-6273	256

Tabel 4.1 Per onderzoekslocatie de richtingscoëfficiënt van de gefitte lijn en het aantal metingen waar deze op is gebaseerd. In de linker tabel staan de tweestrookslocaties, in de rechter de driestrookslocaties.

De richtingscoëfficiënten zijn daartoe gewogen gemiddeld om de PAE-waarde te bepalen. Voor de tweestrookslocaties komt de PAE-waarde voor een afstreping van links (afvallende linker rijstrook) uit op de waarde 2.1 en bij invoegingen (van rechts) op de waarde 2.3. Dit kleine verschil is niet significant maar is niet onlogisch en kan worden verklaard uit de plaats op de weg van het vrachtverkeer. Bij invoegend verkeer (van rechts) zullen er meer strookwisselingen op de rechter rijstrook plaatsvinden. Daar rijdt ook het vrachtverkeer en heeft dus direct invloed. Bij een afkruising van de linker rijstrook vinden de meeste strookwisselingen plaats

¹⁰ Het aantal motorvoertuigen is per kwarties beschikbaar. De vrachtfractie is over steeds vier kwartieren gelijk (per uur beschikbaar), behalve voor de vijf locaties waar het vrachtverkeer ook in de ADY-bron beschikbaar was. Op deze locaties is het per kwartier bepaald.

op een strook waar nauwelijks of geen vrachtverkeer rijdt. Uiteraard zal er wel een deel van het verkeer ook naar de rechter rijstrook gaan bij een afkruising van de linker rijstrook, maar toch duidelijk minder dan bij een invoeging.

Voor de driestrookslocaties is geen PAE-waarde bepaald omdat er te weinig locaties waren om een duidelijk verband aan te tonen.

4.4 Gevoeligheidsanalyse naar het effect bij 'regen'

Van een 4-tal locaties (113, 114, 116, 127) is een analyse gemaakt van het verband tussen PAE-factor en vrachtaandeel, gegeven dat het regent. Er is voor deze locaties gekozen, omdat deze in de analyse "droog" het grootste aantal meetpunten hadden. Het resultaat van deze gevoeligheidsanalyse is weergegeven in tabel 4.2.

	<i>droog</i>		<i>regen</i>	
<i>Locatie</i>	<i>Richtings-coëfficiënt (vtg/uur/vrachtfractie)¹¹</i>	<i>Aantal metingen</i>	<i>Richtings-coëfficiënt (vtg/uur/vrachtfractie)</i>	<i>Aantal metingen</i>
113	-4457	684	-2594	81
114	-3959	887	-1675	117
116	-2468	168	-2774	28
127	-2034	529	-4905	27

Tabel 4.2: Per onderzoekslocatie de richtingscoëfficiënt van de gefitte lijn en het aantal metingen waar deze op is gebaseerd. In de linker tabel staan de metingen bij droog weer, in de rechter tabel bij regen.

De PAE-factor bij regen, gebaseerd op deze locaties zou uitkomen op 1.7. Uit deze uitkomst kan men afleiden dat de invloed van het vrachtverkeer bij regen in elk geval niet groter is dan die onder droge omstandigheden.

¹¹ Het aantal motorvoertuigen is per kwartier beschikbaar. De vrachtfractie is over 4 kwartieren gelijk (per uur beschikbaar).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Er is een onderzoek uitgevoerd naar het effect van het vrachtverkeer op de wegcapaciteit. Uit de resultaten van het onderzoek zijn uitspraken over de pae-waarde van het vrachtverkeer gedaan.

Het onderzoek bestond deels uit een grove analyse waarbij locaties onderling worden vergeleken op capaciteit en aandeel vrachtverkeer. De uitkomsten uit deze analyse kunnen verstoord zijn door externe invloedsfactoren, anders dan het aandeel vrachtverkeer, waarvoor niet is (c.q. kon worden) gecontroleerd. Het onderzoek bevatte daarnaast een detailanalyse waarbij per locatie de pae-waarde is bepaald. Deze uitkomsten kunnen dus niet door ongecontroleerde verschillen tussen locaties zijn verstoord, en uitspraken op basis van de detailanalyse hebben dus een grotere zeggingskracht, zij het dat veel minder locaties konden worden onderzocht.

Uit het onderzoek zijn de volgende conclusies naar voren gekomen:

- Op bottlenecklocaties waar het knelpunt wordt gevormd door een wegversmalling van drie naar twee rijstroken (afstreping van de linker rijstrook) is als PAE-waarde van het vrachtverkeer gevonden de waarde 2,1 en op bottlenecklocaties met een tweestrooks hoofdrijbaan waar het knelpunt wordt veroorzaakt door een invoeger van rechts is als waarde gevonden 2,3. Het verschil tussen beide is gering en dient, gezien de grote verschillen in gevonden pae-waarden tussen locaties onderling, als niet-significant te worden beschouwd.
- Op tweestrooksrijbanen ligt de PAE-waarde dus hoger dan tot nu toe wordt aangenomen (1,5).
- Voor driestrookshoofdrijbanen konden er (nog) te weinig locaties worden gevonden om via de detailstudie een duidelijk verband aan te tonen. De hypothese die volgde uit de grove analyse van de beschikbare drie-strooks locaties, dat de PAE-waarde 1 kan zijn, kan niet worden verworpen.
- Bij drie-strooks locaties ligt de PAE-waarde wellicht lager dan de bij de tweestrookssituaties gevonden waarde rond 2, maar er is nader onderzoek nodig om hierover een harde uitspraak te kunnen doen.

En tenslotte, onderzoekstechnisch:

- Bij een onderzoek als dit leveren vrachtpercentages op kwartierniveau (van de RSW-meetpunten) aanzienlijke meerwaarde op vergeleken met vrachtpercentages die per uur beschikbaar zijn (BI-net), omdat de fluctuaties in een uur nogal groot kunnen zijn, vooral bij het opkomen van de spits.

5.2 Antwoorden op onderzoeksvragen

Keren we terug naar vragen die bij aanvang van het onderzoek waren gesteld, dan kunnen deze vanuit de verkregen resultaten als volgt worden beantwoord:

Is de PAE-factor gelijk bij verschillend aandeel vrachtverkeer?

Antwoord: Ja, bijna alle onderzochte locaties tonen een puntenwolk welke goed benaderd wordt met een rechte lijn tussen de capaciteit in mvt/uur en het aandeel vrachtverkeer. Dit duidt op een vaste PAE-factor voor vrachtverkeer.

Moet een constante PAE-factor worden aangehouden of worden gedifferentieerd? Kan het worden opgenomen in de CIA?

Antwoord: het verschil tussen twee- en driestrooksrijbanen lijkt, hoewel over driestrooks weinig materiaal voorhanden is, aanzienlijk. Tot hierover meer bekend is, lijkt het voor de hand liggend om onderscheid tussen beide te maken. Het verschil tussen een linker, afvallende, en rechter, invoegende, rijstrook (PAE-factor 2,1 om 2,3) lijkt te weinig om onderscheid te maken. Voorgesteld wordt om een PAE factor van 2,2 voor alle twee-strooks wegen te gebruiken en op te nemen in de CIA. Tot de resultaten van een meer gedetailleerd onderzoek naar driestrooksrijbanen beschikbaar komen, zou daarvoor de PAE-waarde van 1,5 worden gehandhaafd.

Wat is de oorzaak van het verschil in PAE-factor tussen locaties?

Antwoord: waar het verschil in PAE factor tussen locaties uit voortkomt is uit het uitgevoerde onderzoek niet duidelijk geworden. Was dit wel het geval geweest, dan zou de factor nog lopende het onderzoek kunnen zijn meegenomen. Een mogelijke verklaringen zouden te vinden kunnen zijn in het verschil in verkeersafwikkeling bij de onderscheiden locaties, zie ook de discussie over de filevorming bij een vast knelpunt en die met filegolven uit hoofdstuk 2. Al zijn hier alleen locaties met een vast knelpunt meegenomen, deze verschillen toch in rijnsnelheid en dichtheid van de stroomopwaartse file, bijvoorbeeld. Ook de lengte van de bottleneck zou een rol kunnen spelen, want dit kan de mate waarin personenautochauffeurs nog tussen de vrachtwagens in willen rijden beïnvloeden. Een andere mogelijke verklaring zou kunnen worden gevonden in het gebruik van de weg over de breedte gezien. Hierbij lijkt vooral de plek waar strookwisselingen plaatsvinden van belang (is dit de plek op de weg waar hoofdzakelijk vrachtverkeer rijdt of juist niet?). In dit onderzoek is geen onderscheid naar rijstrook gemaakt. Rijstrookgegevens zijn overigens wel in de primaire databronnen beschikbaar en bij een nadere analyse naar de reden van het verschil zou hiervan gebruik kunnen worden gemaakt.

5.3 Aanbevelingen

Dit verkennende onderzoek heeft een aantal duidelijke conclusies opgeleverd. Echter niet alle vragen die aan het begin van het onderzoek waren gesteld, konden bevredigend worden beantwoord. De volgende aanbevelingen worden daarom gedaan:

- Meer drie-strooks locaties uitrusten met een goed BI-meetpunt (of RSW-meetlocatie met categorieën), zodat een onderzoek naar de PAE-waarde op meer driestrookslocaties mogelijk wordt.
- De BI-cijfers per kwartier opslaan in plaats van per uur.
- Met de resultaten uit dit onderzoek (voor tweestrookslocaties) en eventueel toekomstige gegevens van driestrookslocaties rekening houden in het handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen.

Ook met de samenstelling van het vrachtverkeer zou meer kunnen worden gedaan, in casu nader onderzoek naar de separate invloed van middelzwaar en zwaar

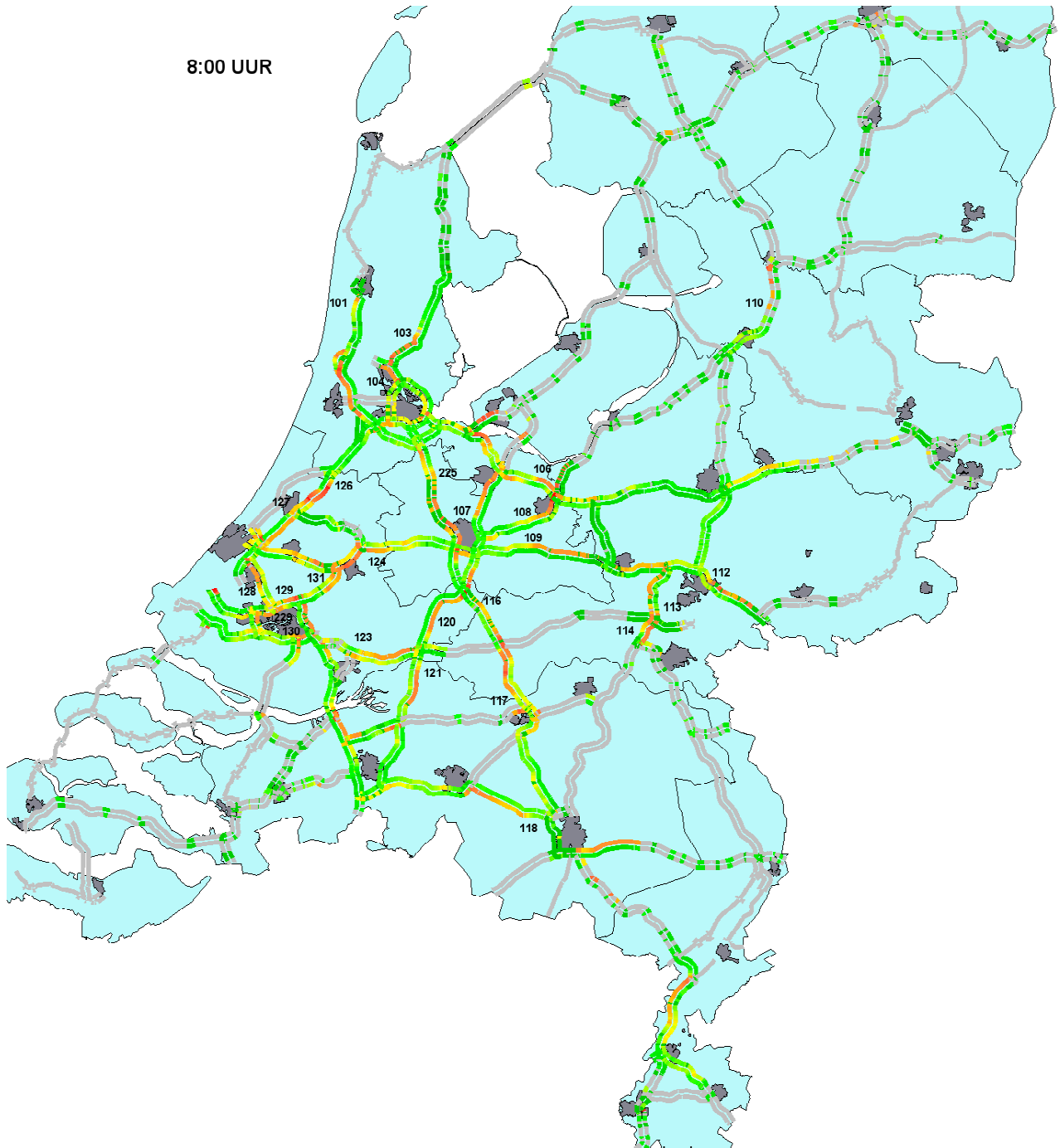
verkeer. Deze categorieën worden goed uit elkaar gehouden, een gevoeligheidsanalyse op één locatie deed een verschil in gevoeligheid voor categorie 2 en categorie 3 vermoeden, maar uitbreiding tot meer locaties en verbetering van de analysemethode is nodig om hier verder te komen.

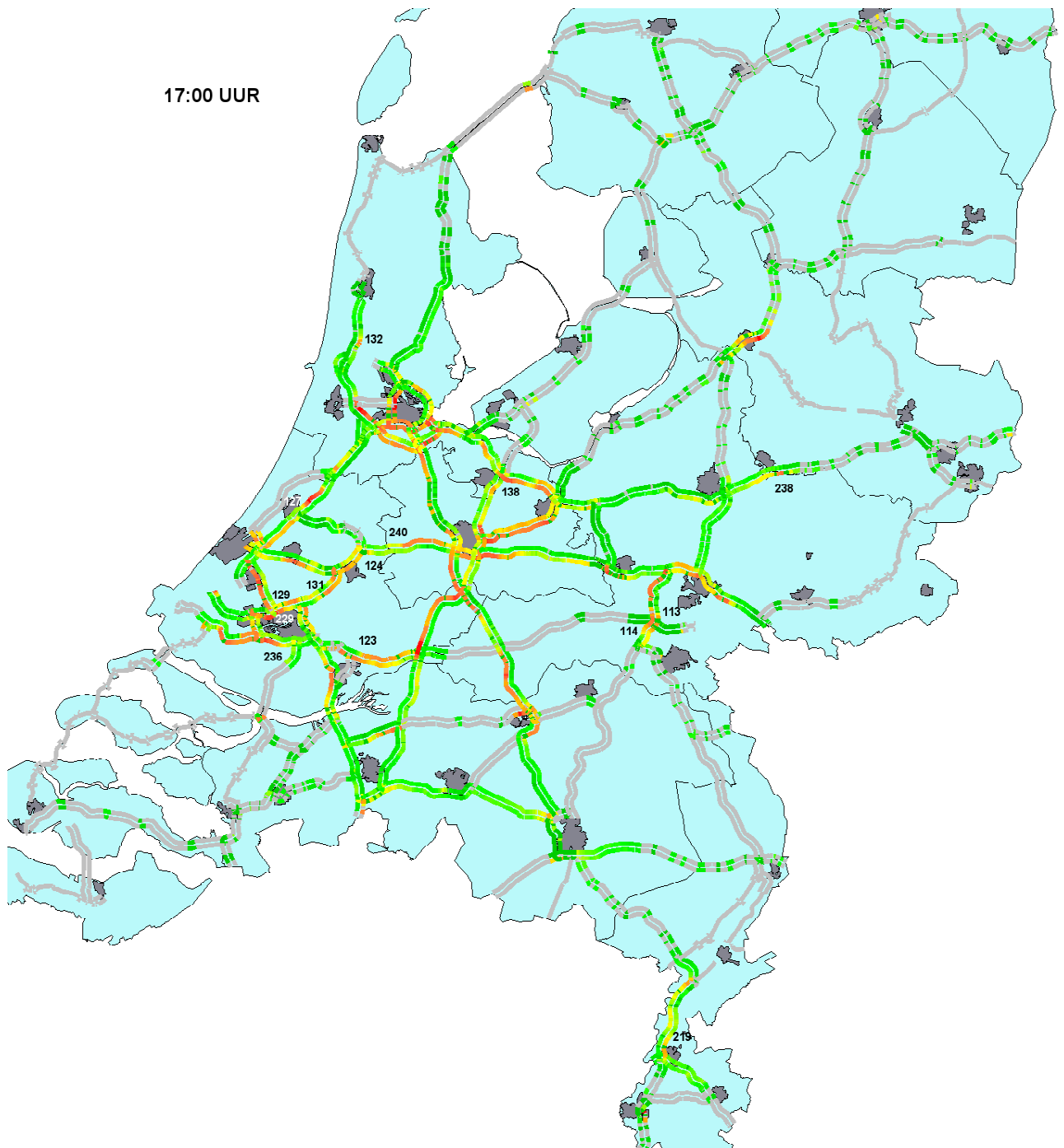
Een algemene aanbeveling die op grond van de bevindingen kan worden gedaan is de volgende: de pae-waardebepaling heeft feitelijk plaatsgevonden door op onderscheiden locaties op onderscheiden tijdstippen capaciteitsbepalingen te doen en deze in verband te brengen met het aandeel vrachtverkeer. Dat het lastig blijkt een pae-waarde te bepalen heeft direct te maken met het feit dat de capaciteitsbepalingen in dit onderzoek een grote spreiding vertoonden. Deels komt deze voort uit de natuurlijke spreiding die de wegcapaciteit nu eenmaal vertoont, deels komt de spreiding echter ook voort uit onvolkomenheden in de dataselectie en -controle en de capaciteitsbepalingsmethodiek. Gezien ook het belang van verkeersafwikkeling met filegolven (waar nog geen capaciteitsbepalingsmethodiek voor bestaat) zal hernieuwde aandacht voor het verbeteren van methoden ter capaciteitsbepaling dus aan te bevelen zijn.

Bijlage A Overzicht onderzoekslocaties

Onderstaande tabel toont de lijst van filelocaties. In de rechter laatste kolom is aangegeven welke locaties voor deelonderzoek 1 (Cap) en deelonderzoek 2 (Detail) zijn gebruikt.

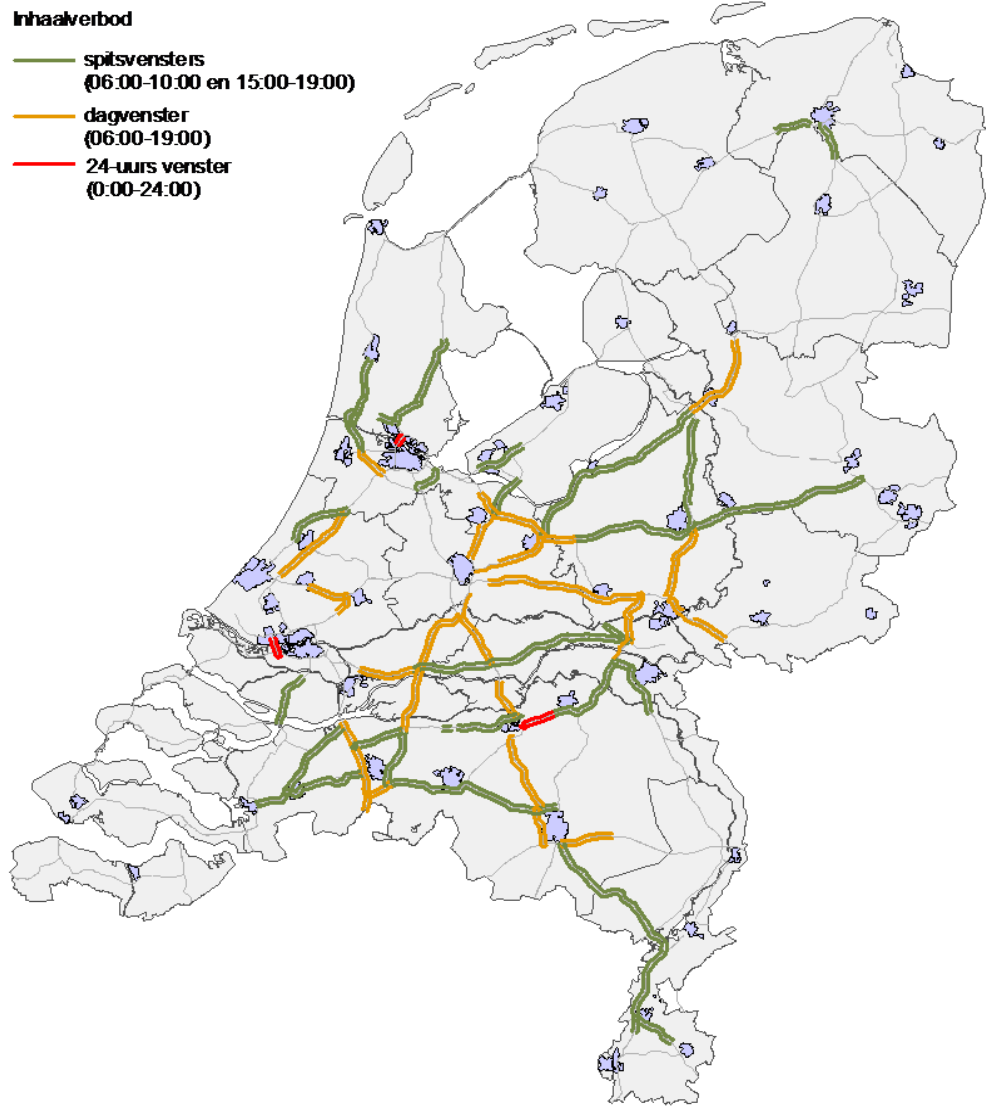
Locatiernr 2 Strooks	Spits	Weg	Rich- ting	Km- positie	Reden knelpunt	Analyse (Cap/Detail)
101	OS	9	L	68	Afstreping linker rijstrook	C + D
103	OS	7	L	13.5	Invoeging	C + D
104	OS	10	L	30	Afstreping linker rijstrook	C + D
106	OS	1	L	37	Invoeging	C + D
107	OS	27	L	83	Invoeging	C + D
108	OS	28	L	11	Invoeging	C + D
109	OS	12	L	71	Invoeging	C + D
110	OS	28	L	108	Invoeging	C + D
112	OS	12	L	130	Invoeging	C
113	OS+AS	50	R	156	Invoeging	C + D
114	OS+AS	50	L	148	Invoeging	C + D
116	OS	2	L	87	Invoeging	C + D
117	OS	2	R	103	Afstreping linker rijstrook	D
118	OS	58	L	19	Invoeging	C
120	OS	27	R	42.5	Invoeging	C
121	OS	27	R	32	Invoeging	C + D
123	OS+AS	15	L	77	Invoeging	C + D
126	OS	4	L	20	Invoeging	C
127	OS+AS	4	R	30	Invoeging	C + D
131	OS+AS	20	L	45	Invoeging	C
132	AS	9	R	60	Afstreping linker rijstrook + Invoeging	C + D
138	AS	27	R	84	Invoeging	C
210	OS	28	R	108	Invoeging	C
219	AS	2	L	233	Invoeging	C
238	AS	1	R	110	Afstreping linker rijstrook	C + D
3 Strooks						
124	OS+AS	12	R	36	Invoeging	C + D
128	OS	13	R	12	Invoeging	C
129	OS+AS	20	L	30	Invoeging	C
130	OS	15	L	59	Invoeging	C
225	OS	2	L	44	Invoeging	C
229	OS+AS	20	R	30	Invoeging	C
236	AS	15	R	57	Invoeging	C
240	AS	12	L	43	Afstreping linker rijstrook	C + D





Bijlage B Aanwezigheid inhaalverbod vrachtverkeer

Inhaalverbod inclusief voorgestelde uitbreiding, per 1 juni 2003



Bron: Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Bijlage C Inspectie gebruikte meetgegevens

Onderstaande figuur toont de kwartiergegevens van twee ADY-meetpunten en de urregevens van het BI-meetpunt voor locatie 113 (Rw 50 rechts, t.h.v. Valburg). De drie lengte-categorieën zijn apart weergegeven. Getoond is een uitsnede van één week, maandag 9 t/m zondag 15 februari 2009.

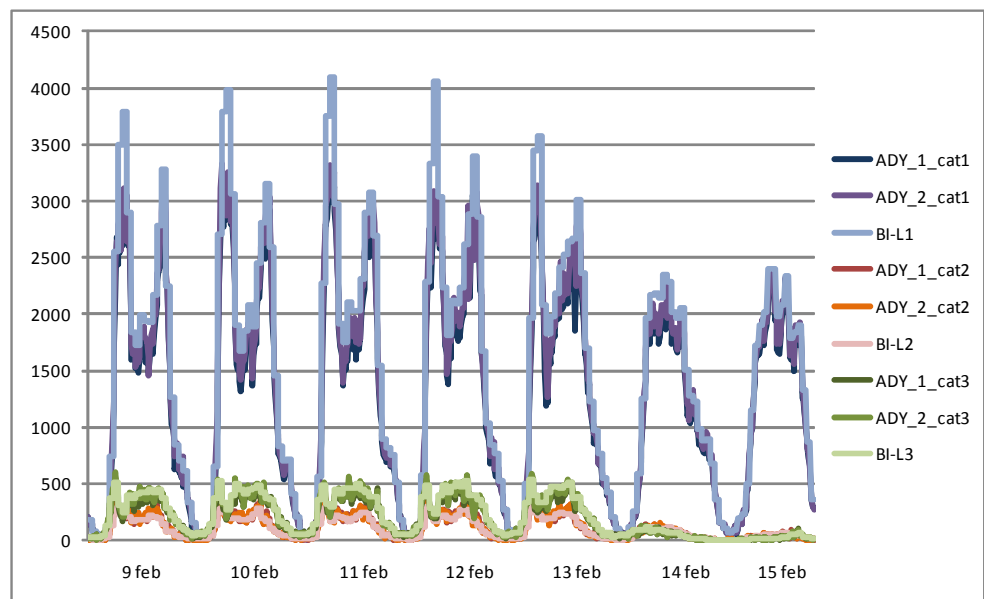


Fig. B1: Vergelijking ADY-cijfers en BI-cijfers van 9 t/m 15 februari 2009. Getoond zijn de kwartiercijfers van twee ADY-meetpunten ('ADY_1' en 'ADY_2') en de urregevens van het BI-meetpunt ('BI') voor de locatie A50R t.h.v. Valburg. Van elk meetpunt zijn de drie lengte-categorieën apart weergegeven.

De vergelijking stemt tot tevredenheid. Het BI-meetpunt meet meer voertuigen hetgeen te verklaren is uit de ligging. Voor het PAE-waarde onderzoek is vooral van belang dat de categorie-indeling op de meetlocaties goed functioneert. Op onderhavige locatie zijn de tellingen in de lengteklassen 2 en 3 goed vergelijkbaar.

Controle ADY- en BI-data:

Op veel onderzoekslocaties is voor het meten van het aandeel vrachtverkeer alleen een urremeetpunt beschikbaar, het BI-meetpunt. Dit ligt meestal ook niet op de capaciteitsmeetlocatie, maar een aantal kilometers er vandaan. Behalve door meetafwijkingen kunnen verschillen dus ontstaan door het tijdsverschil (het verkeer heeft tijd nodig om van het ene naar het andere meetpunt te rijden) maar vooral doordat er vaak nog een aansluiting tussen de twee meetlocaties aanwezig is waar verkeer de weg kan verlaten of nieuw verkeer invoegt. In ieder geval heeft het zin de gegevens van de beide meetpunten op elkaar te checken, eventuele verschillen in de tijdsklok, door defecte apparatuur, door een incident dat zich tussen beide

meetpunten heeft voorgedaan, komen dan aan het licht. Doel van de check is dus tweeledig. Ten eerste een check of de meetpunten inderdaad in voldoende mate hetzelfde verkeer meten en zodoende ook een kwaliteitscontrole op elkaar. Ten tweede kunnen, als de meetpunten in principe goed blijken te zijn, afwijkingen tussen beide worden gebruikt om incidentele meetfouten door aparte situaties en apparatuurdefecten te verwijderen.

Hoe dit in de praktijk uitpakt kan men zien in navolgende figuur waarin de uurtijfers (van de periode januari 2009 - juni 2009) van capaciteitsmeetlocatie 116 (ADY-data) en het nabij gelegen BI-meetpunt tegen elkaar zijn uitgezet in een xy-grafiek, verticaal ADY, horizontaal BI.

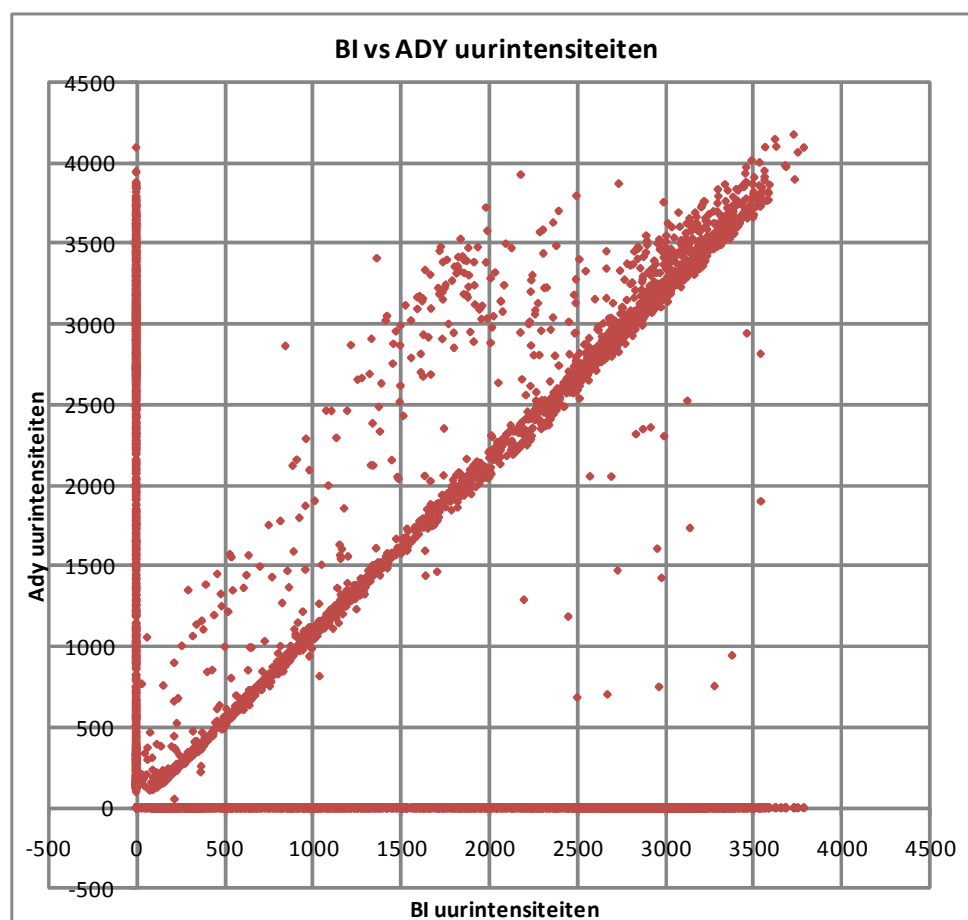


Fig. B2: Vergelijking tussen ADYdata en BI-meetpuntcijfers. Het gebied tussen de zwarte lijnen zijn de metingen die goedgekeurd zijn (metingen waarbij de BI-meting minder dan 10% verschilt van de verwachte uurwaarde van het ADY-meetpunt).

Op deze locatie meet het ADY-meetpunt doorgaans hogere intensiteiten dan het BI-meetpunt (circa 5%). In sommige gevallen heeft het BI-meetnet geen gegevens en ADY wel (verticale rode lijn) en soms is dit andersom (horizontale rode lijn). De metingen die binnen beide zwarte lijnen vallen zijn meegenomen in de detailanalyse.

Bijlage D Grafieken detailanalyse

Per locatie worden de bevindingen in de vorm van vijf diagrammen samengevat:

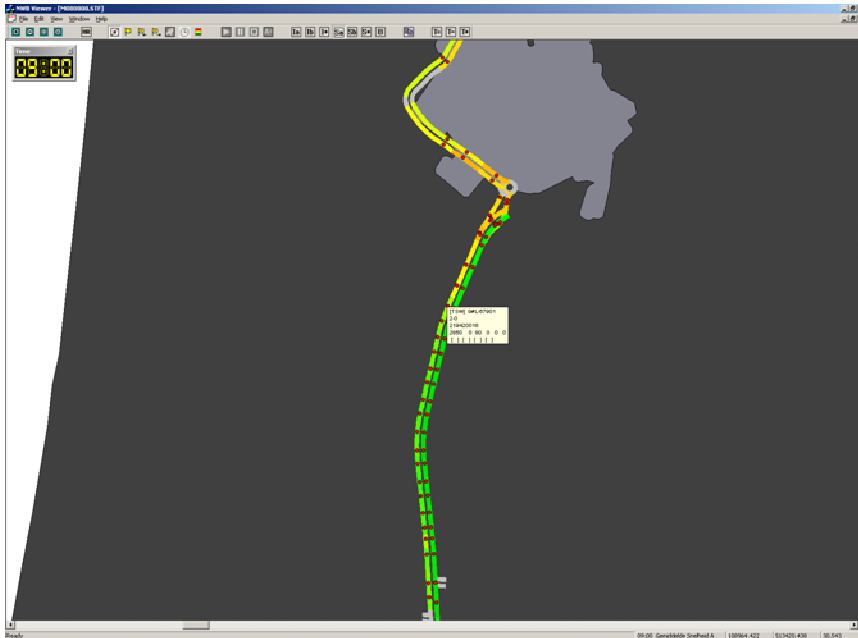
Linker pagina:

- filebeeld tijdens de dominante spits
- diagram dat de wegconfiguratie ter hoogte van het knelpunt verbeeldt
- (over dagen gemiddeld) tijd-wegdiagram dat de ontwikkeling van de file over de dag weergeeft, 2e helft 2008.

Rechter pagina:

- (over dagen gemiddeld) dagprofiel van de intensiteit en de snelheid ter hoogte van het knelpunt, met daarin met gele lijn aangegeven een handmatige schatting van de capaciteit (2e helft 2008)
- detailanalyse van verband tussen capaciteit en aandeel vrachtverkeer met lijn, gefit door de capaciteitspunten van de werkdag.

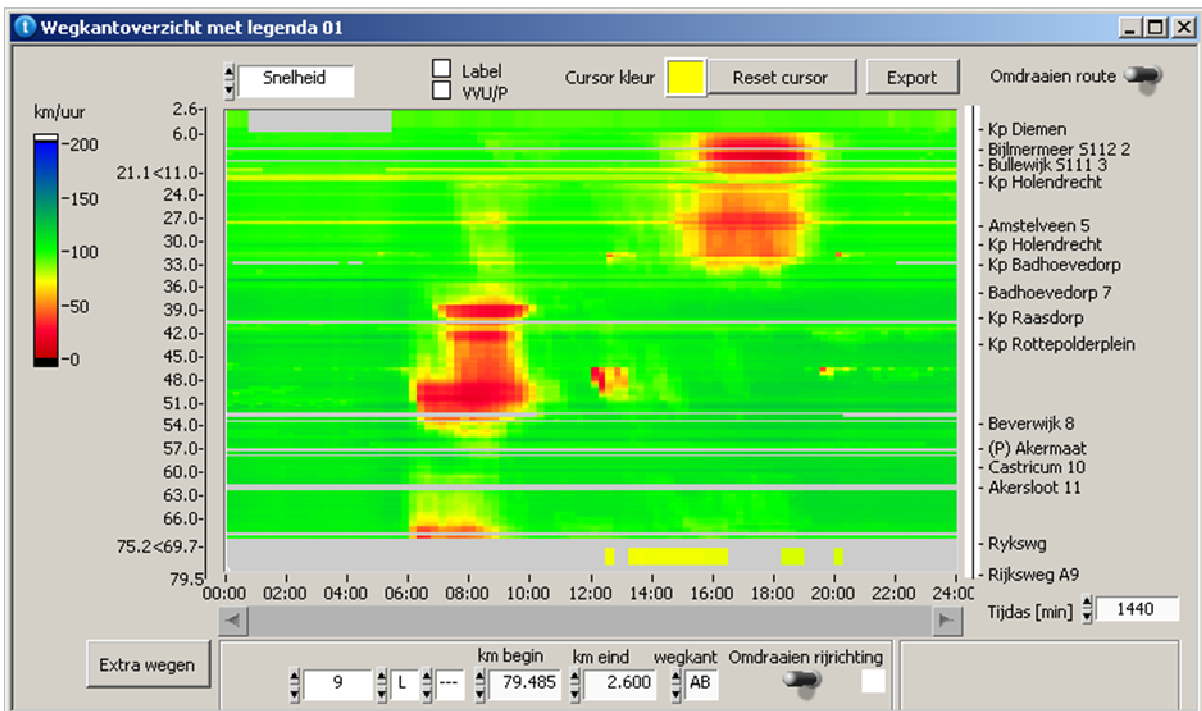
Locatie 101: A9L hm 67.7



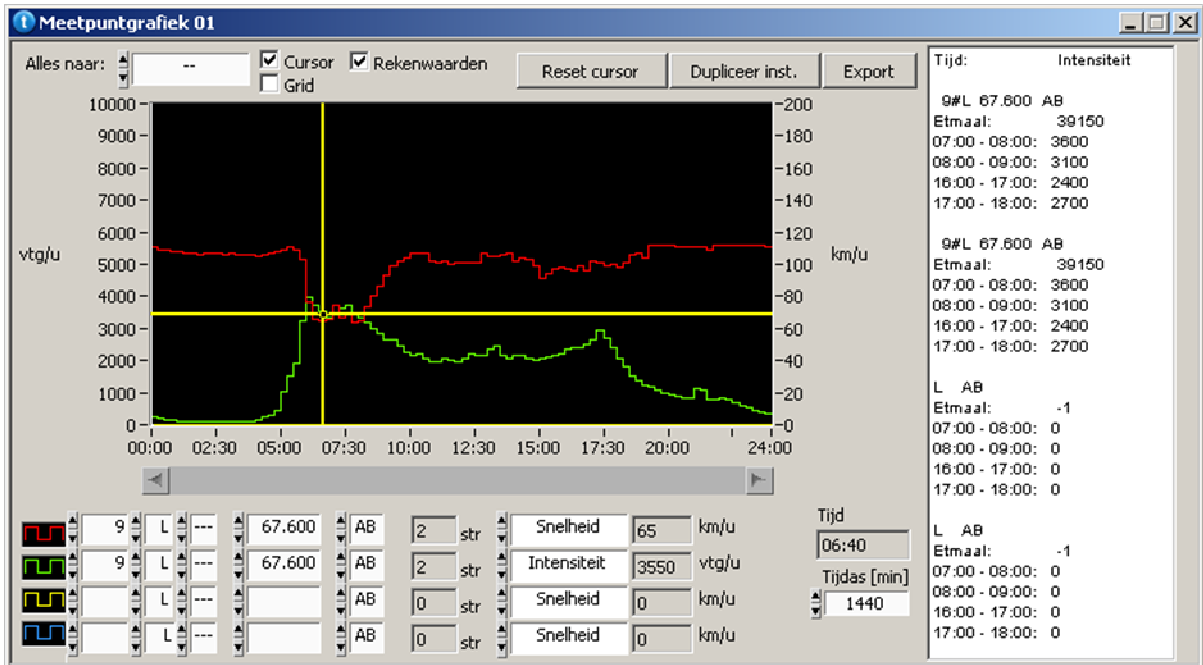
Samenvoeging A9/N242
 Vormgeving: afstreping
 linker rijstrook
 Geen helling
 Geen stedelijke
 omgeving



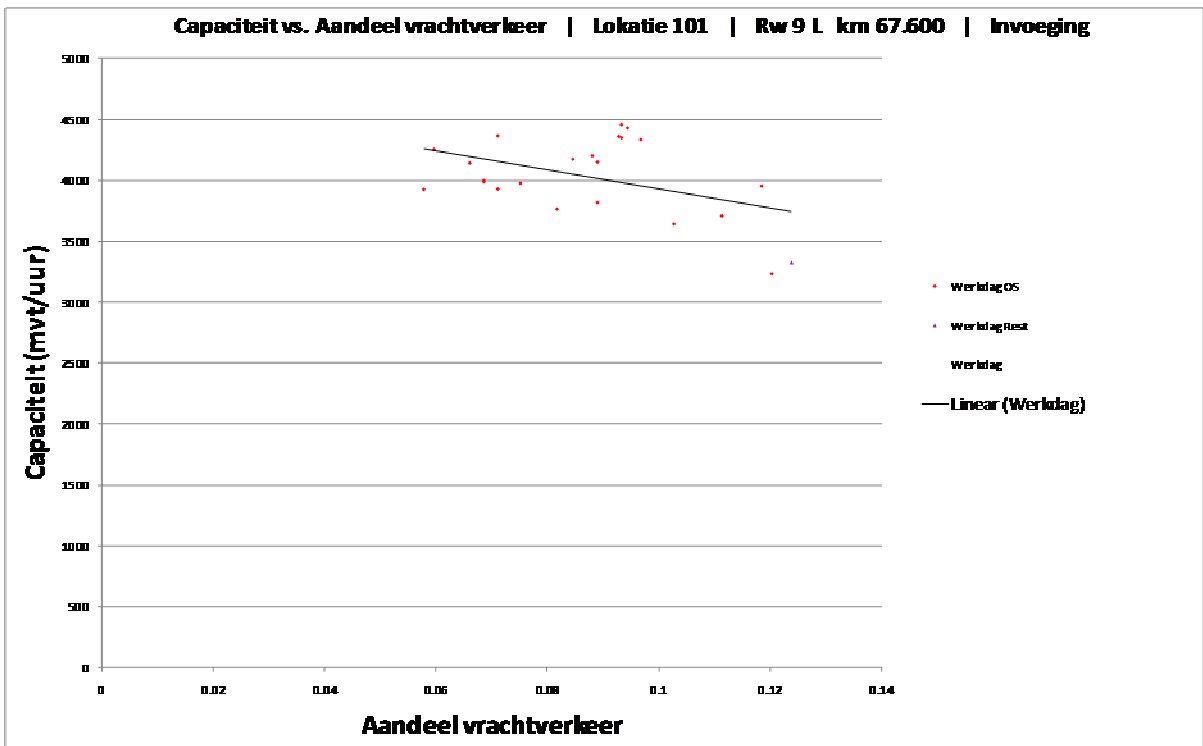
1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



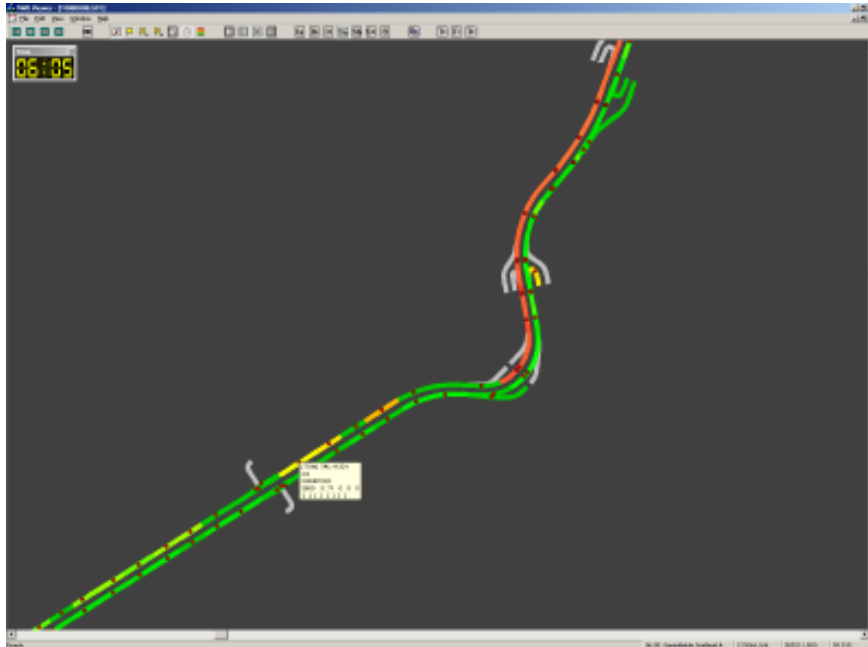
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



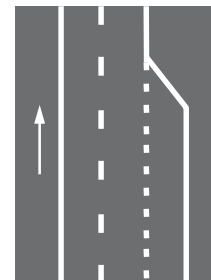
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



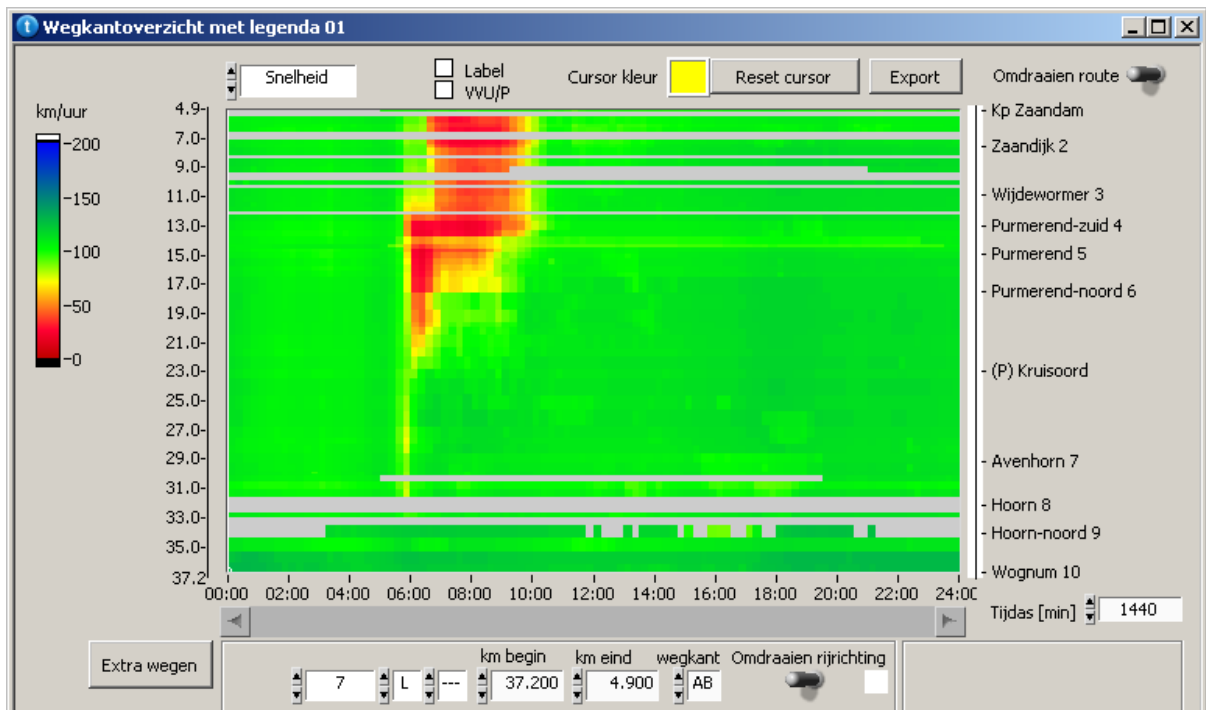
Locatie 103: A7L hm 13.5



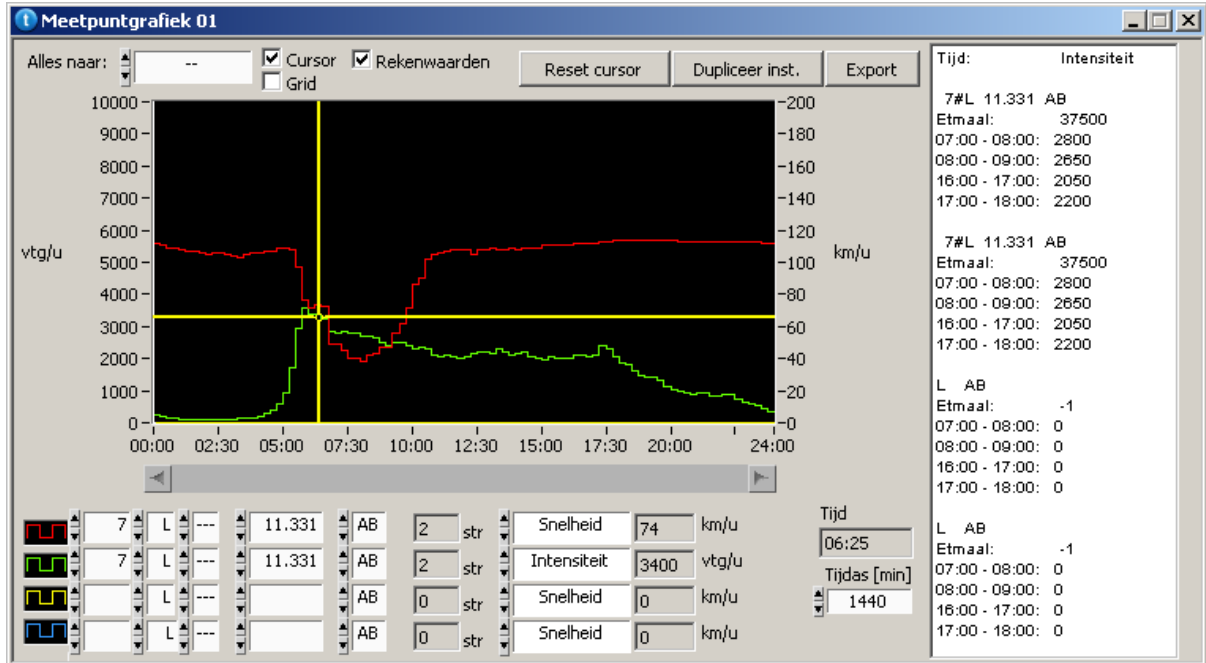
Invoeging toerit
Purmerend
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



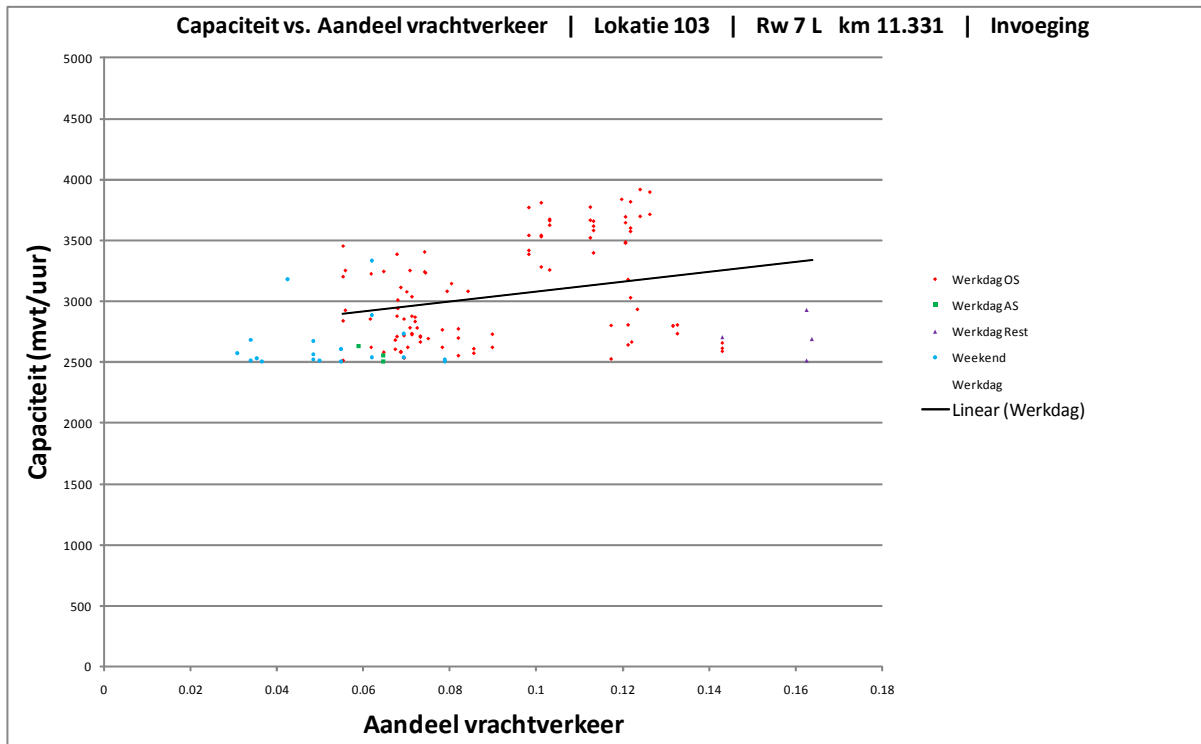
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



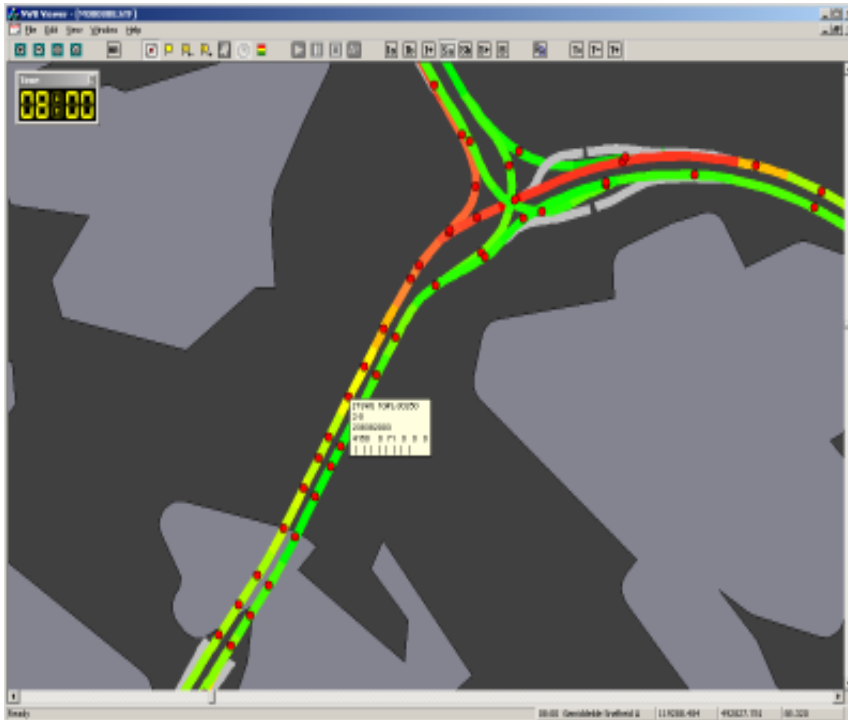
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



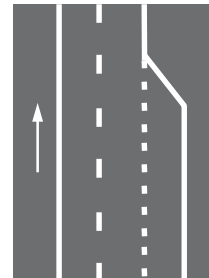
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



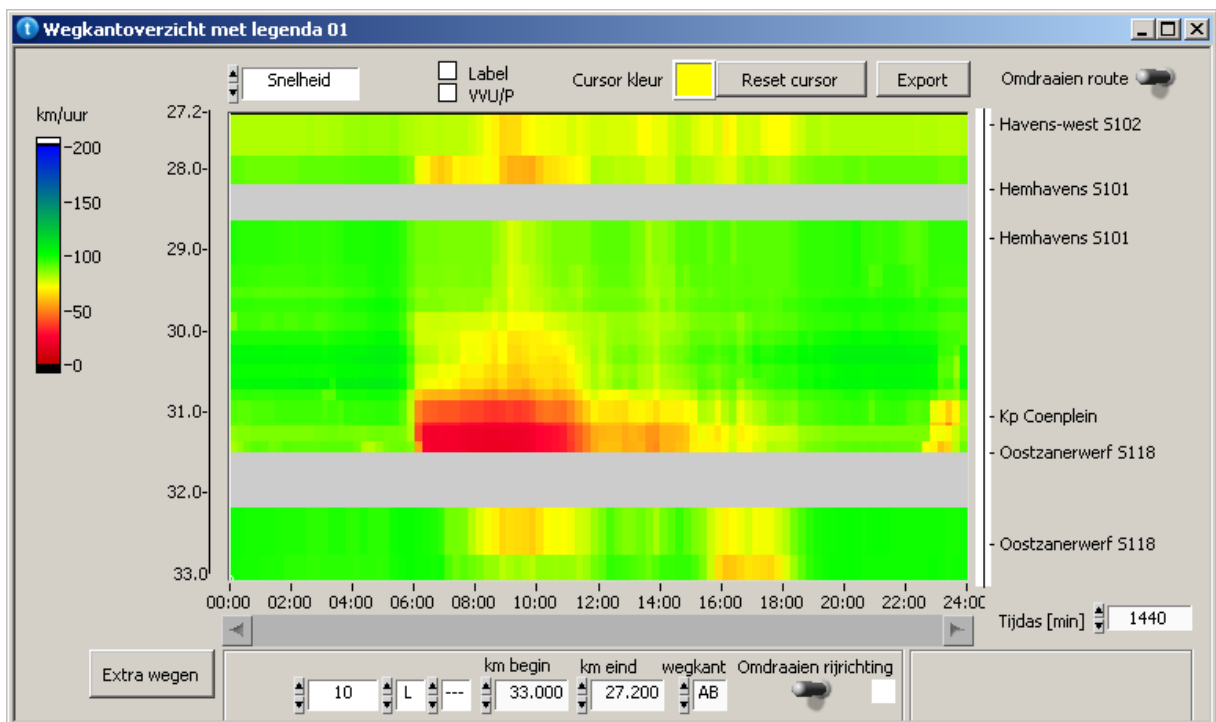
Locatie 104: A10L hm 30.0



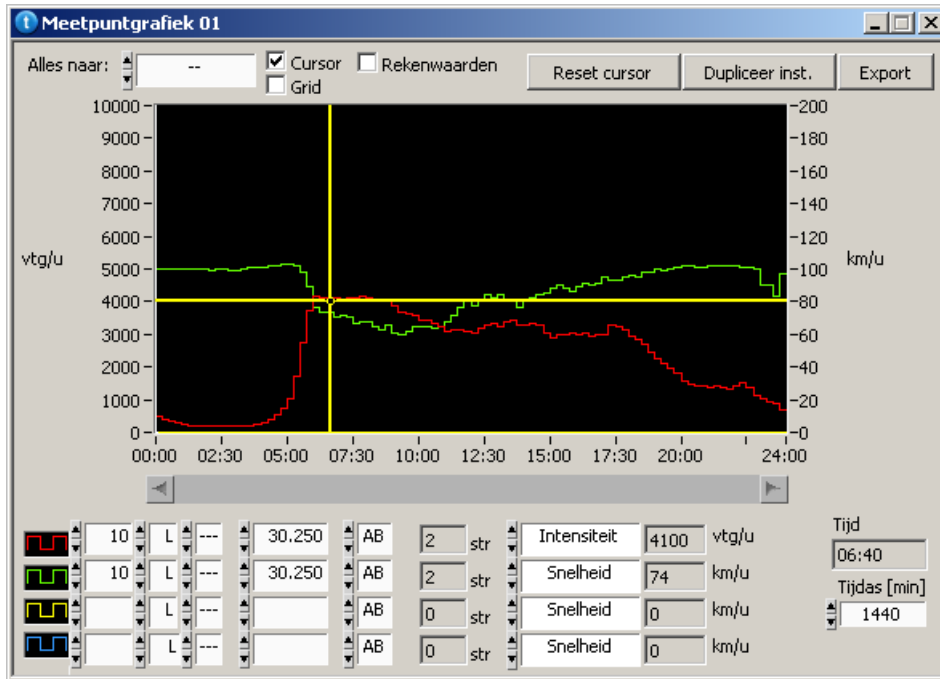
Samenvoeging A8/A10
 Vormgeving: afstreping
 linker rijstrook
 Geen helling
 Geen stedelijke
 omgeving



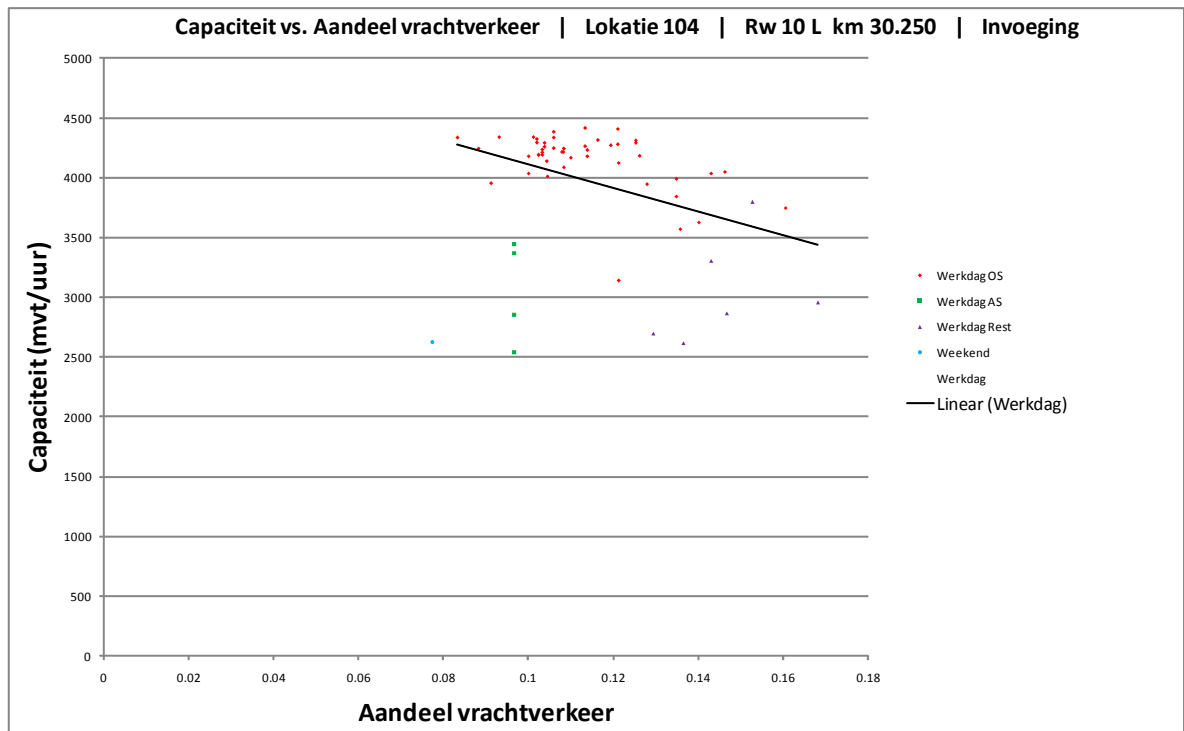
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



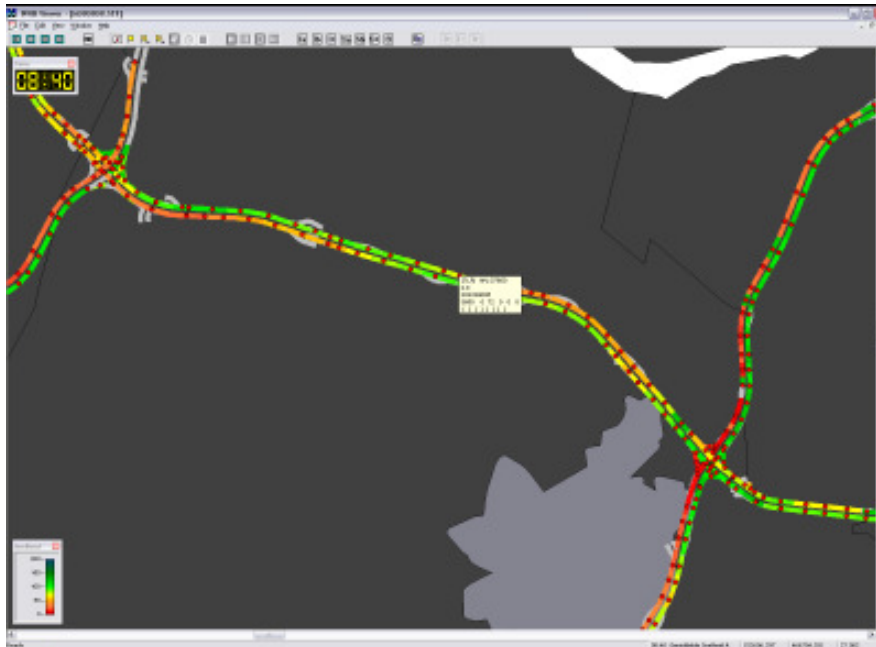
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



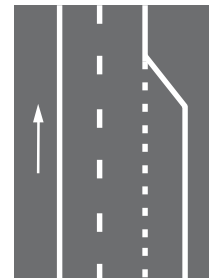
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



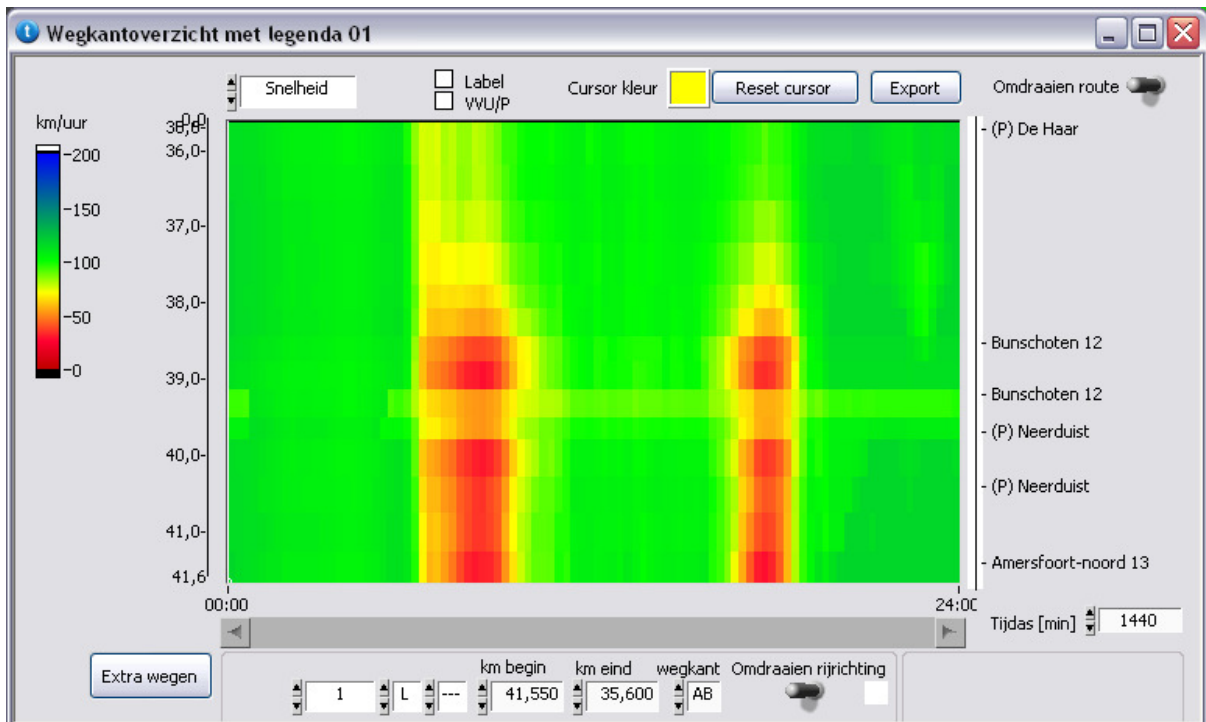
Locatie 106: A1L hm 37.0



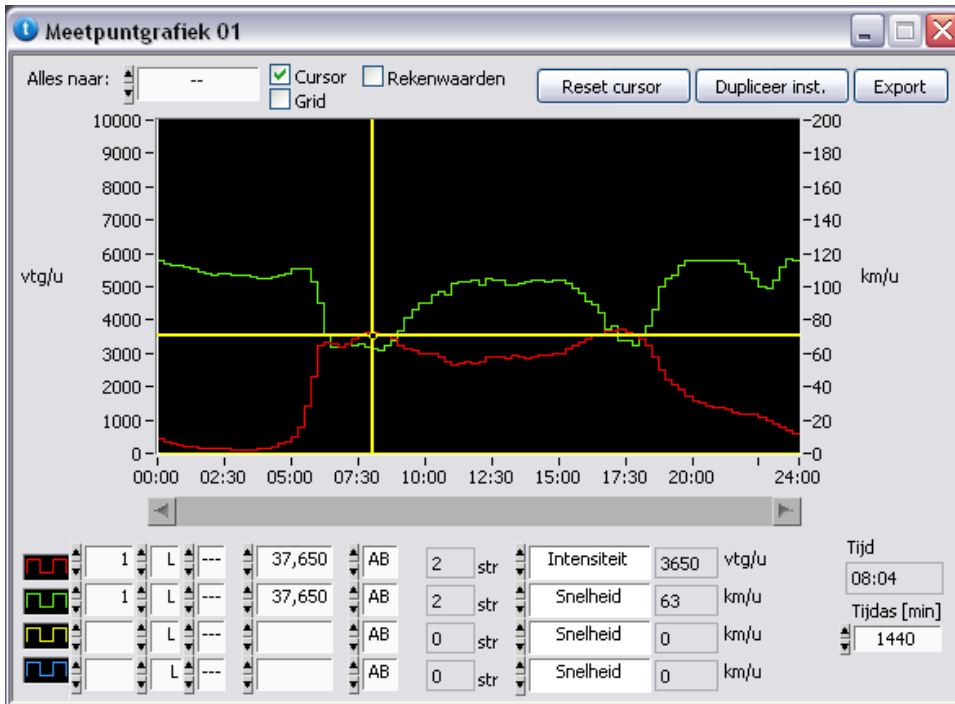
Toerit Bunschoten
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



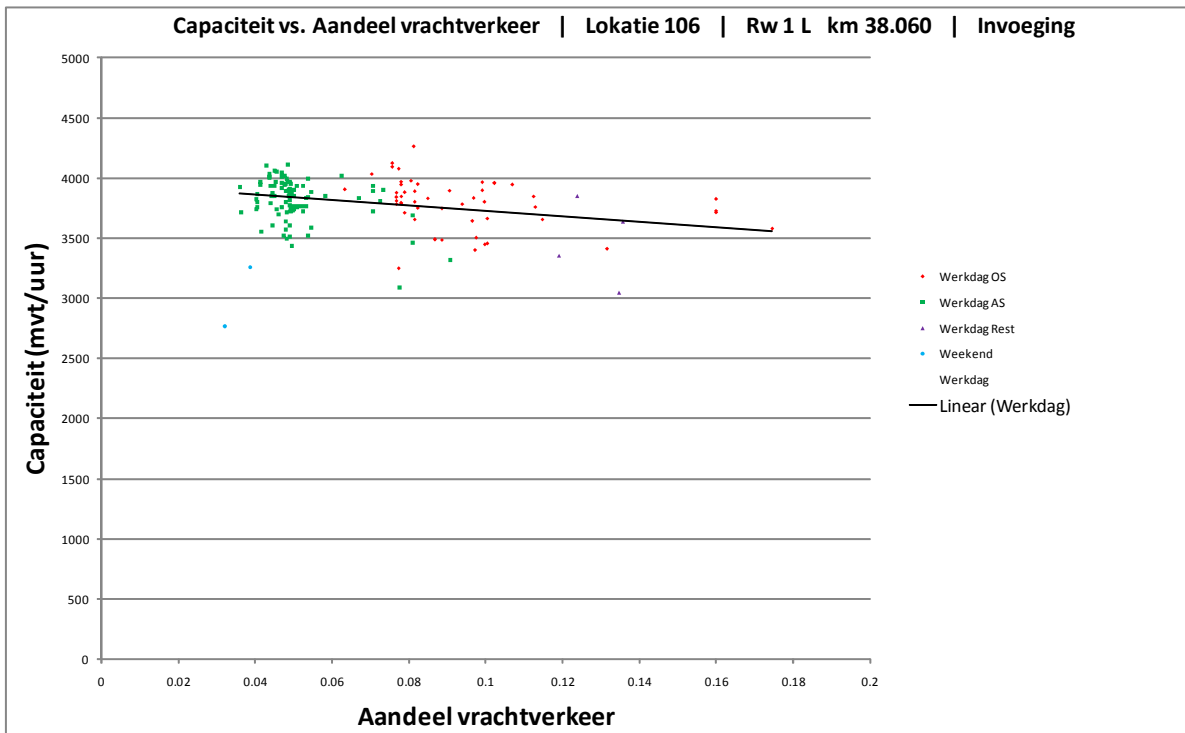
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



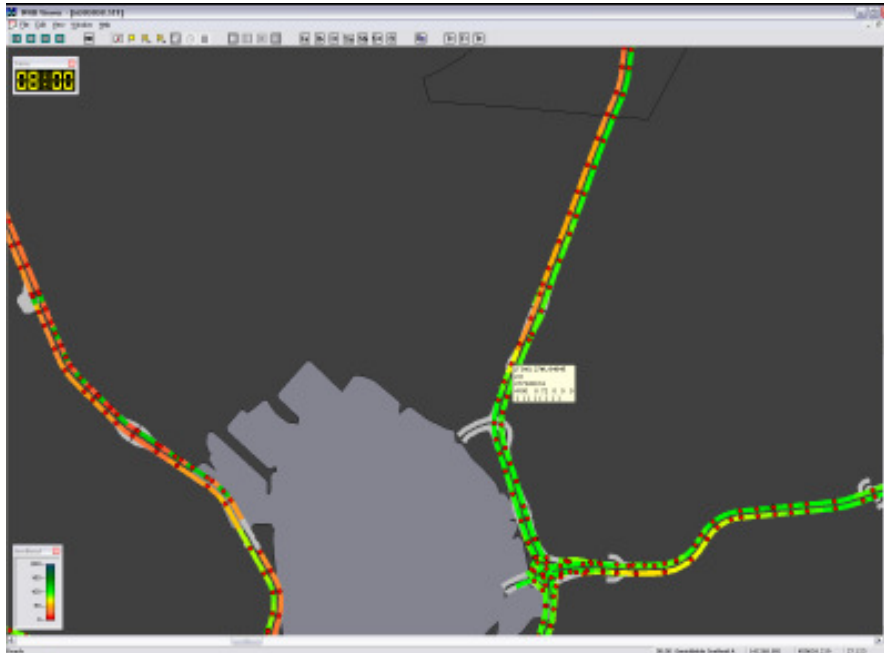
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



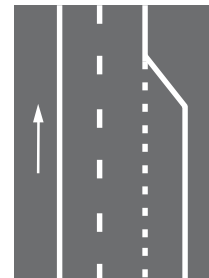
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



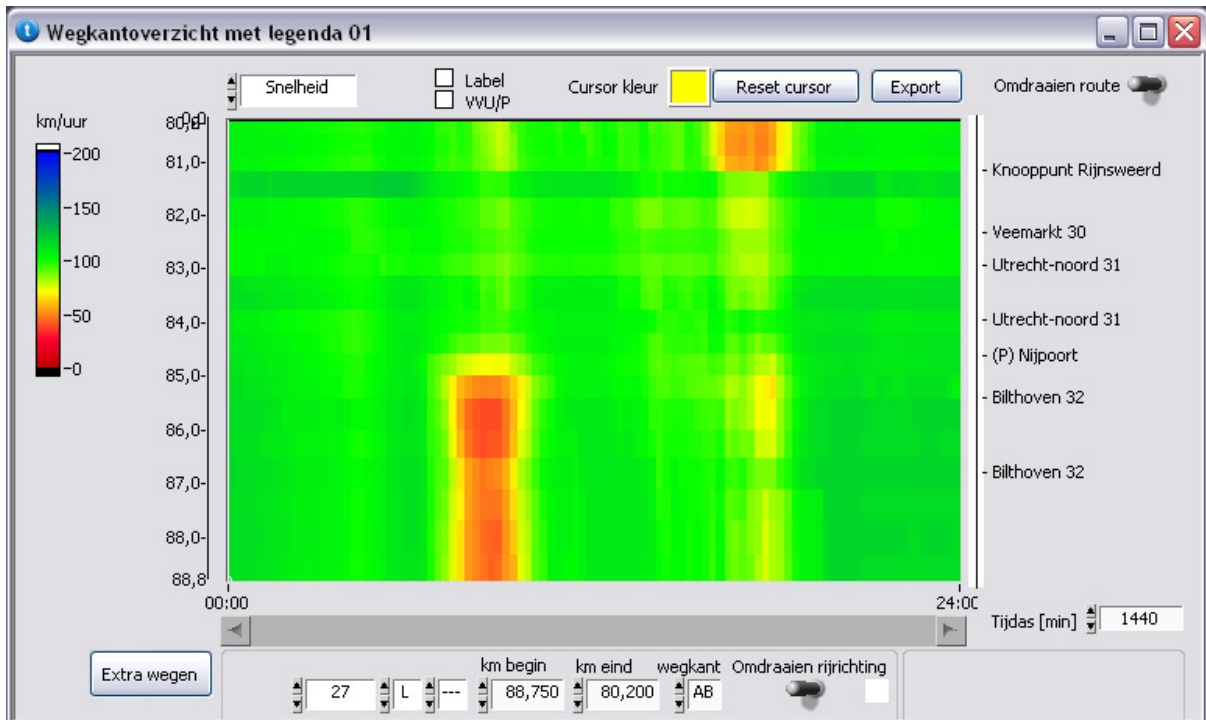
Locatie 107: A27L hm 83.0



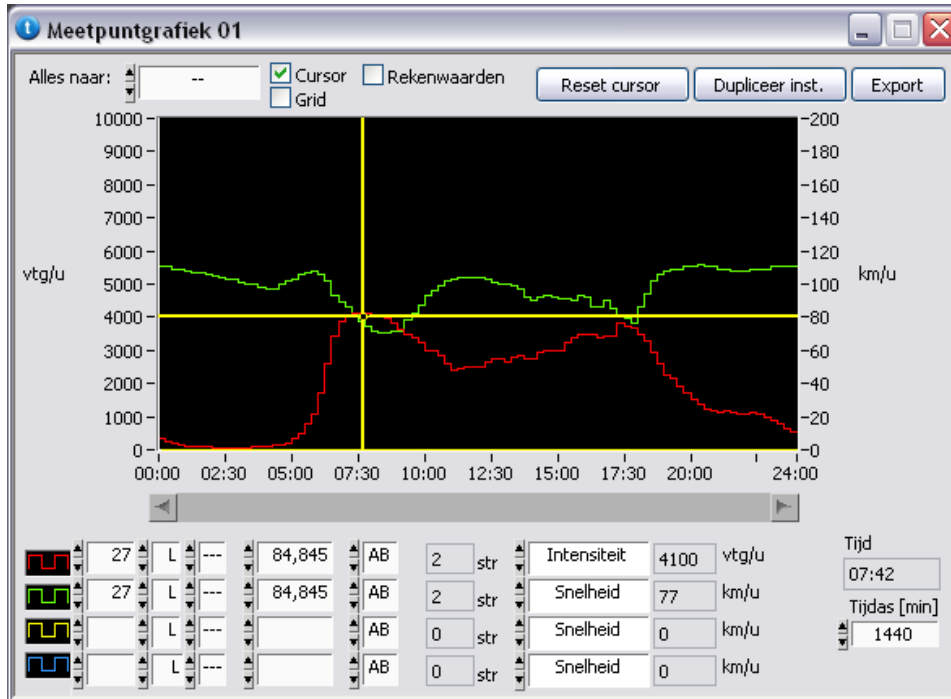
Toerit Bilthoven
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



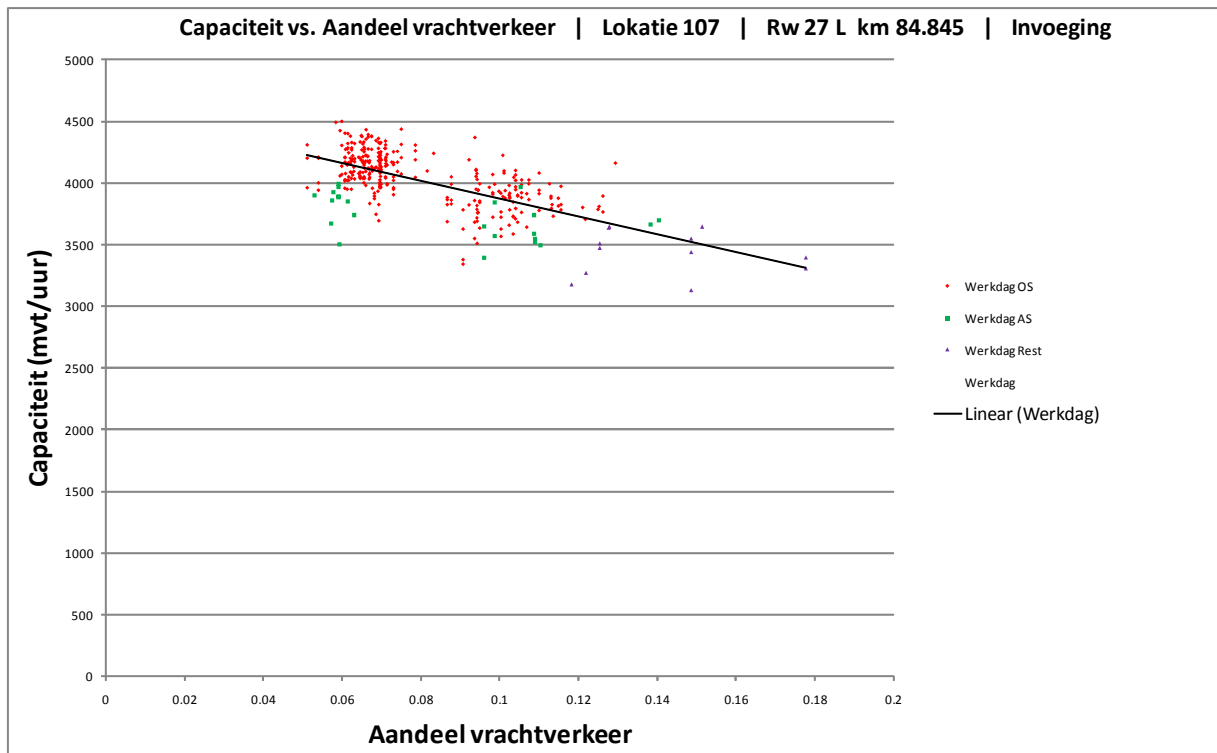
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



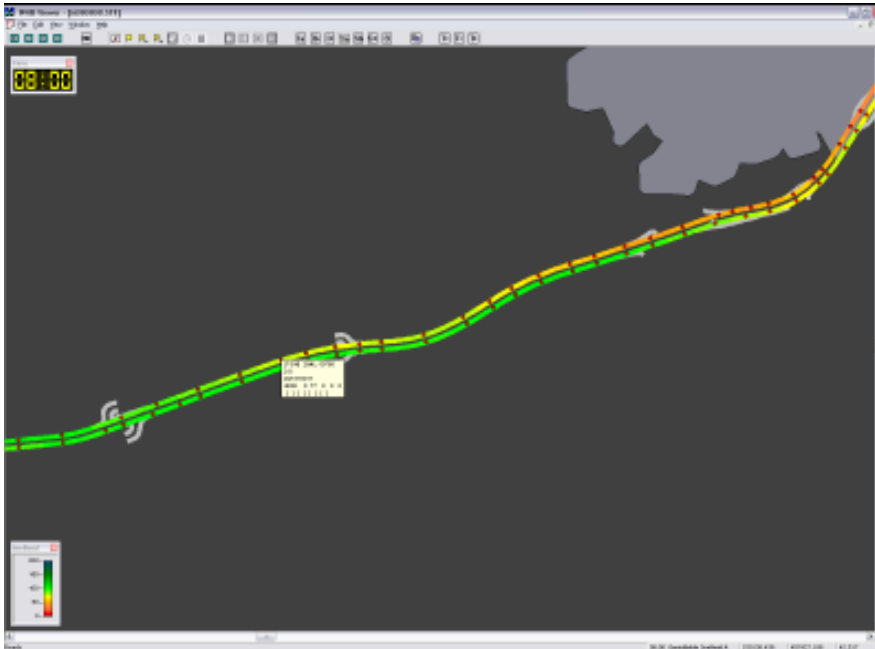
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



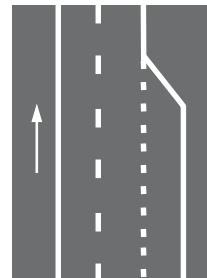
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



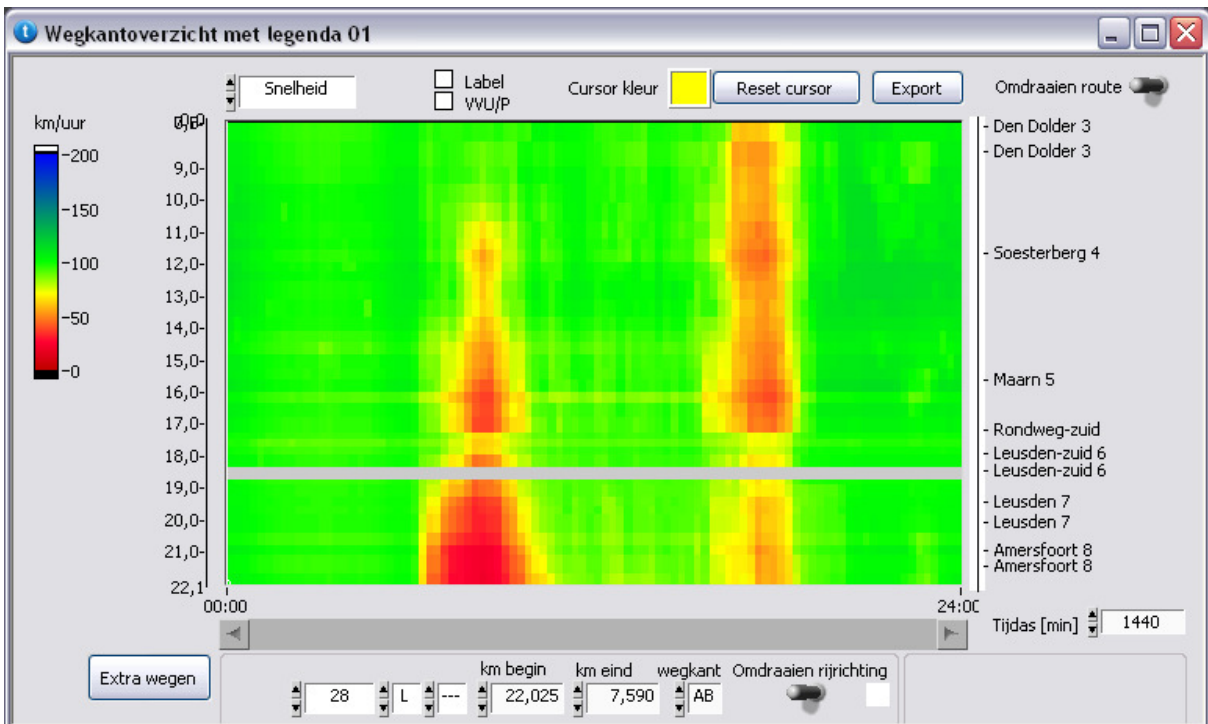
Locatie 108: A28L hm 11.0



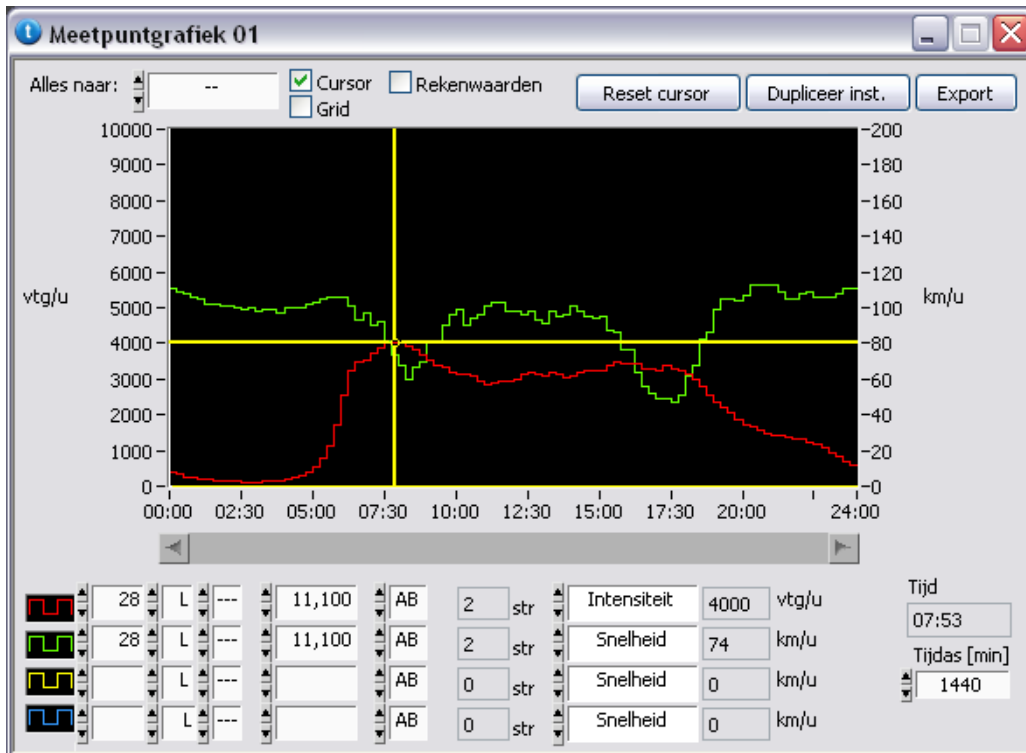
Toerit Soesterberg
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



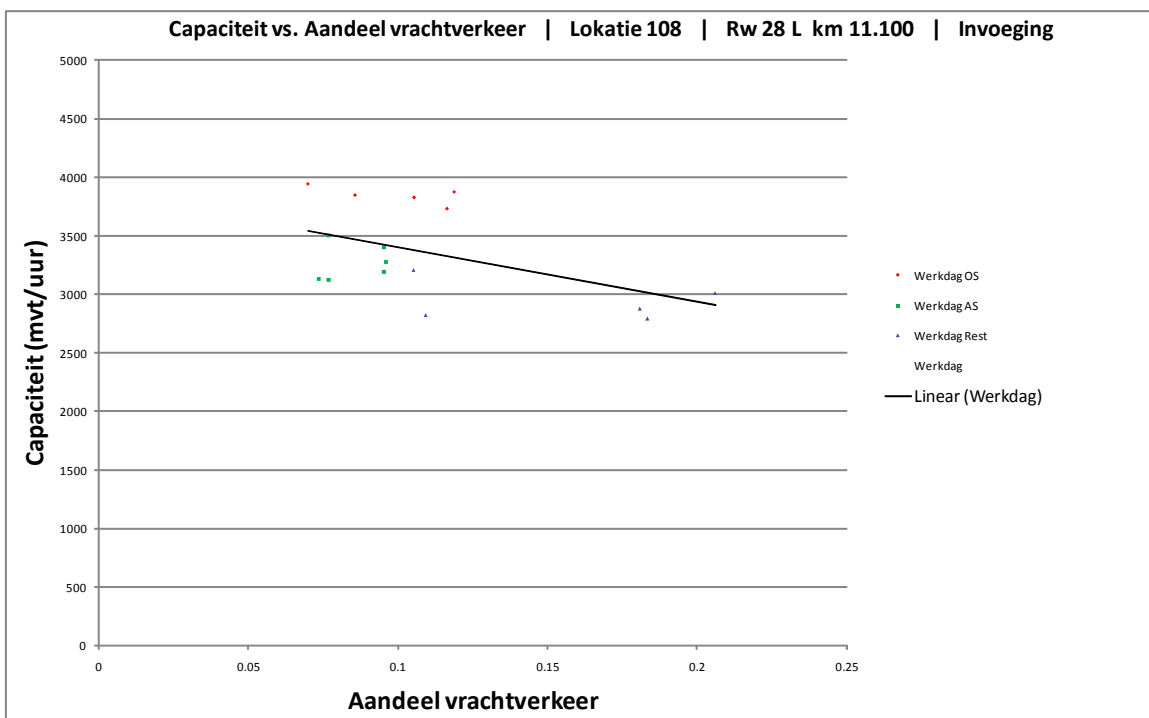
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



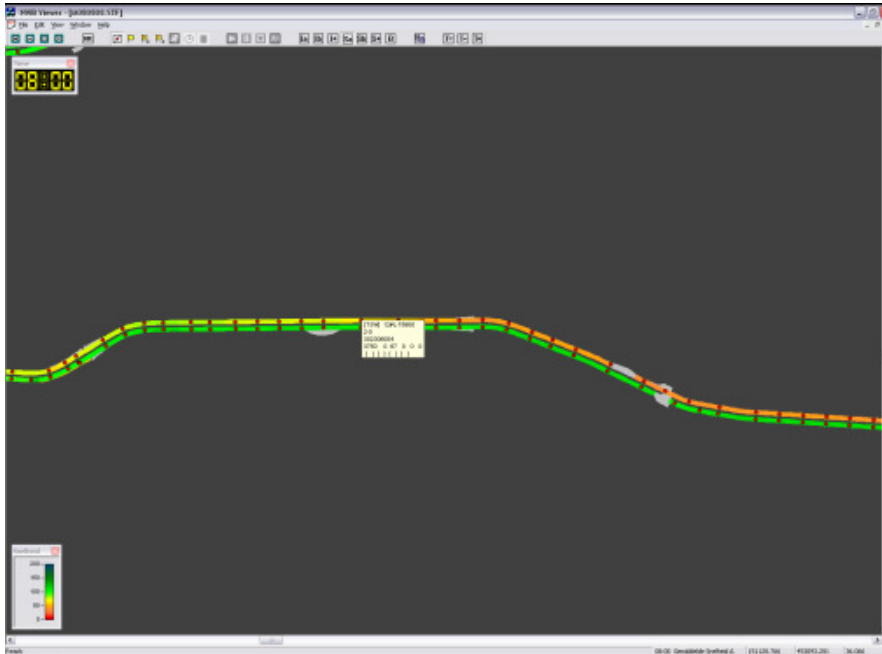
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



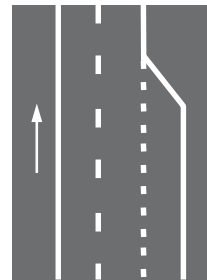
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



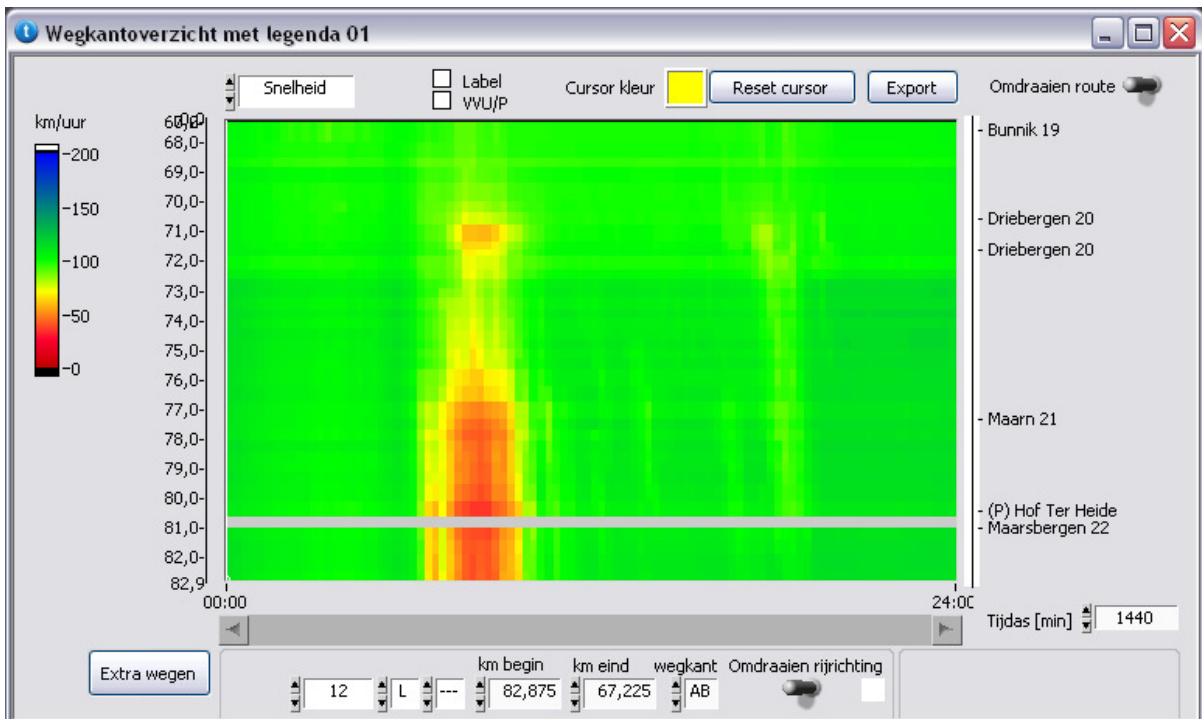
Locatie 109: A12L hm 71.0



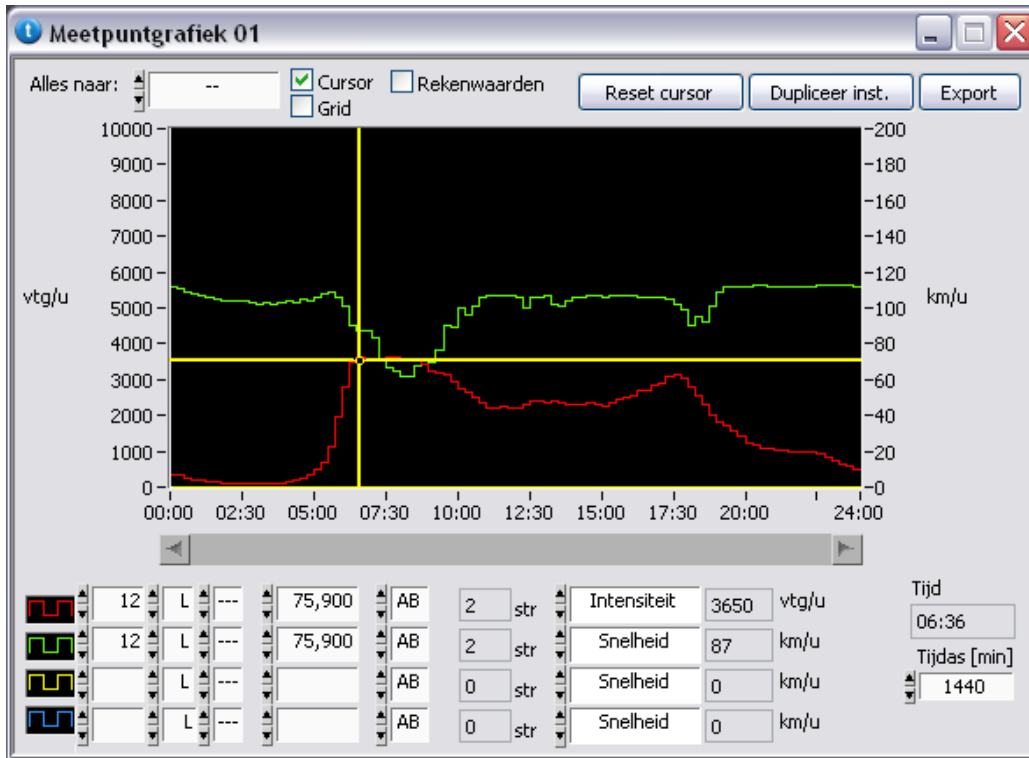
Toerit Maarn
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



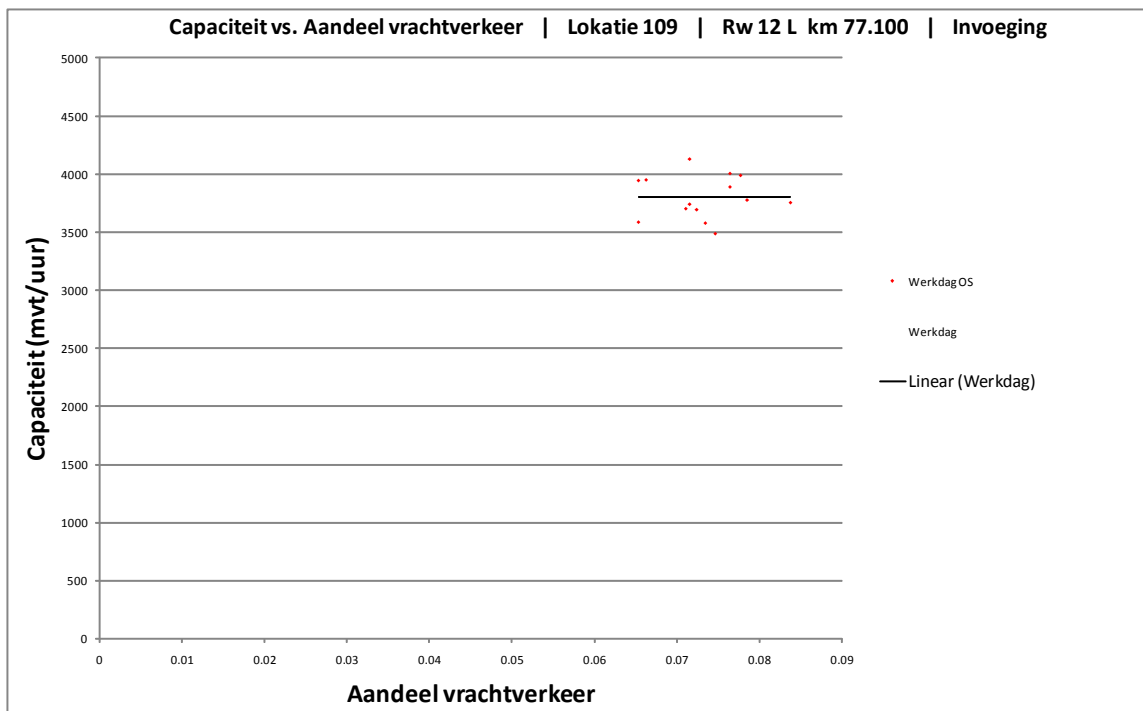
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



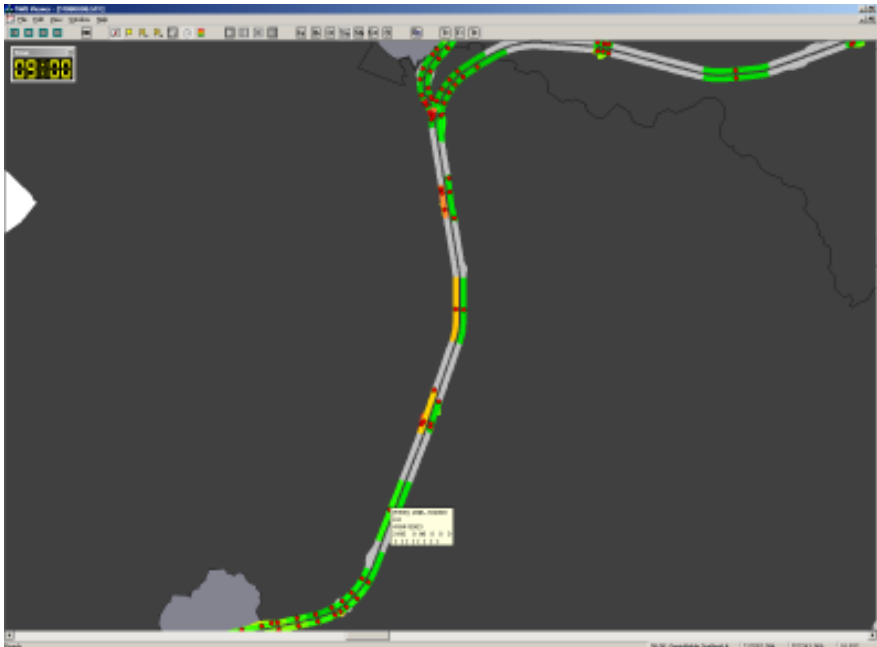
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



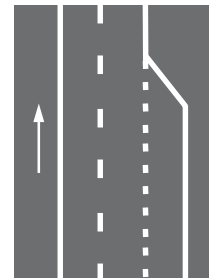
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



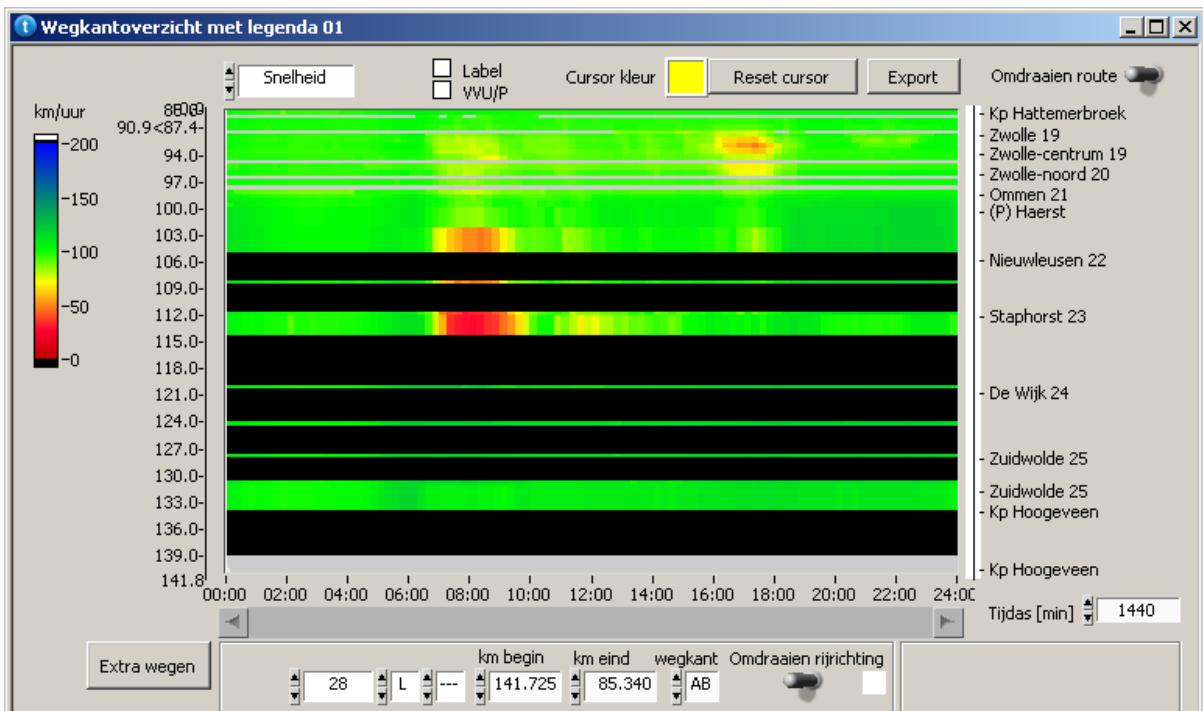
Locatie 110: A28L hm 108.0



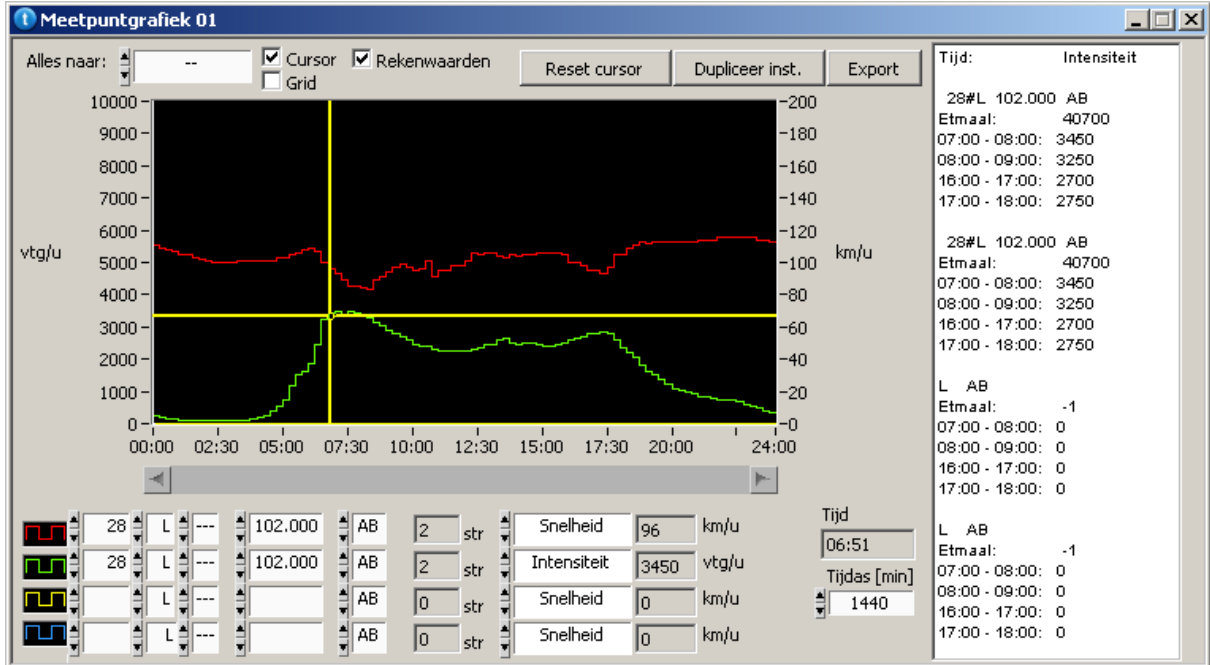
Toerit Nieuwleusen
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Geen stedelijke omgeving



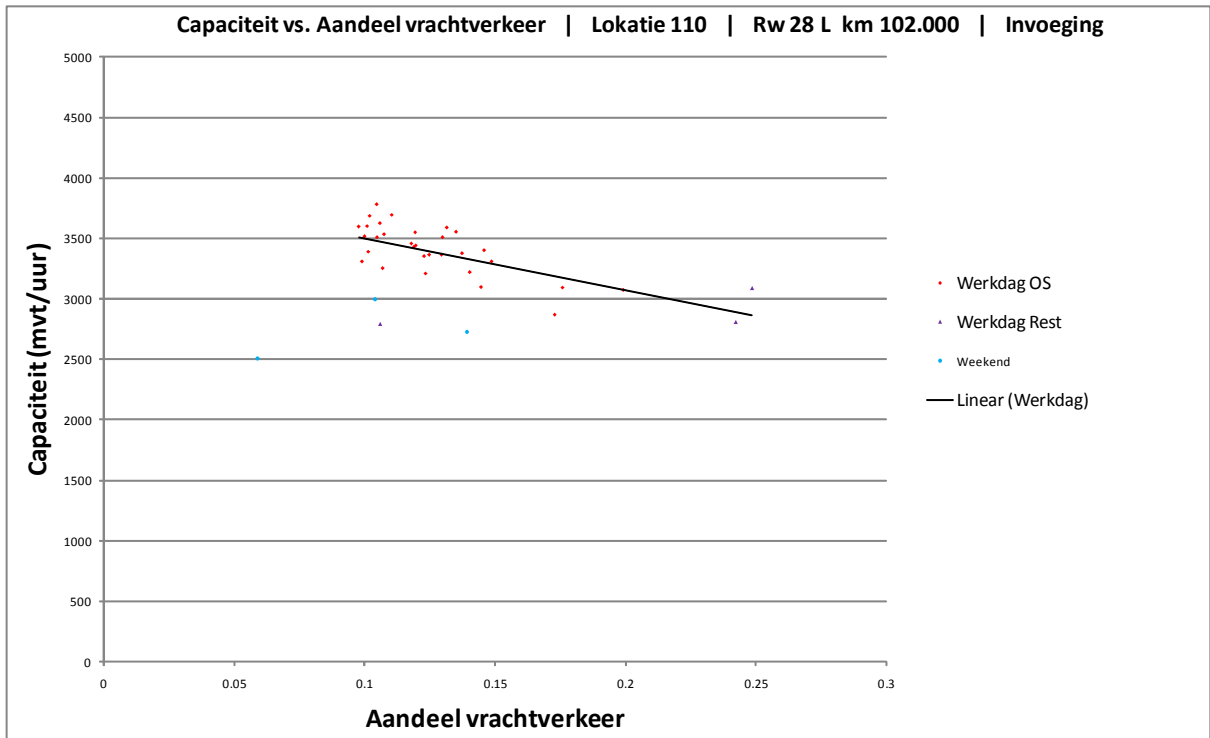
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



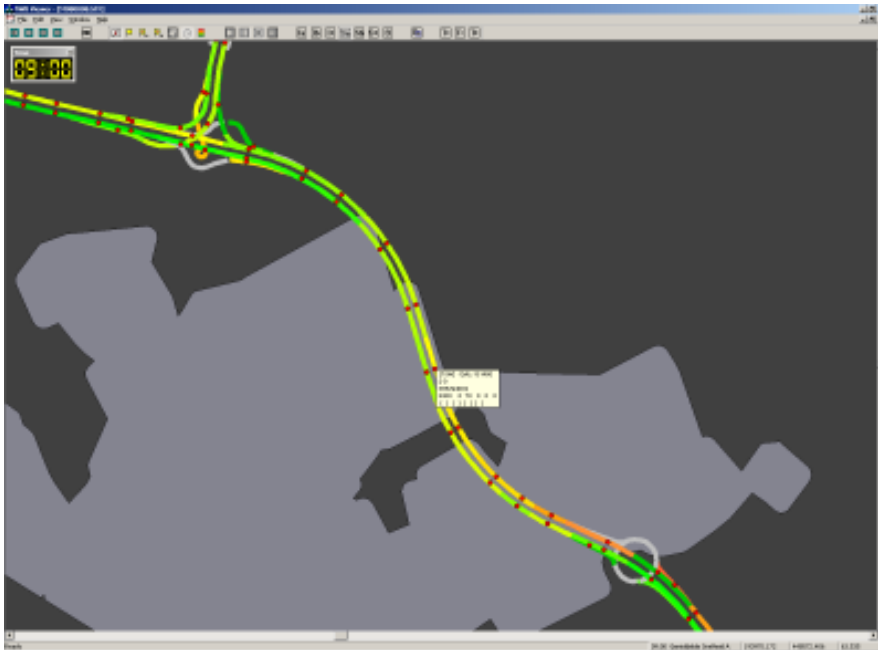
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



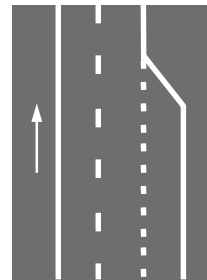
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



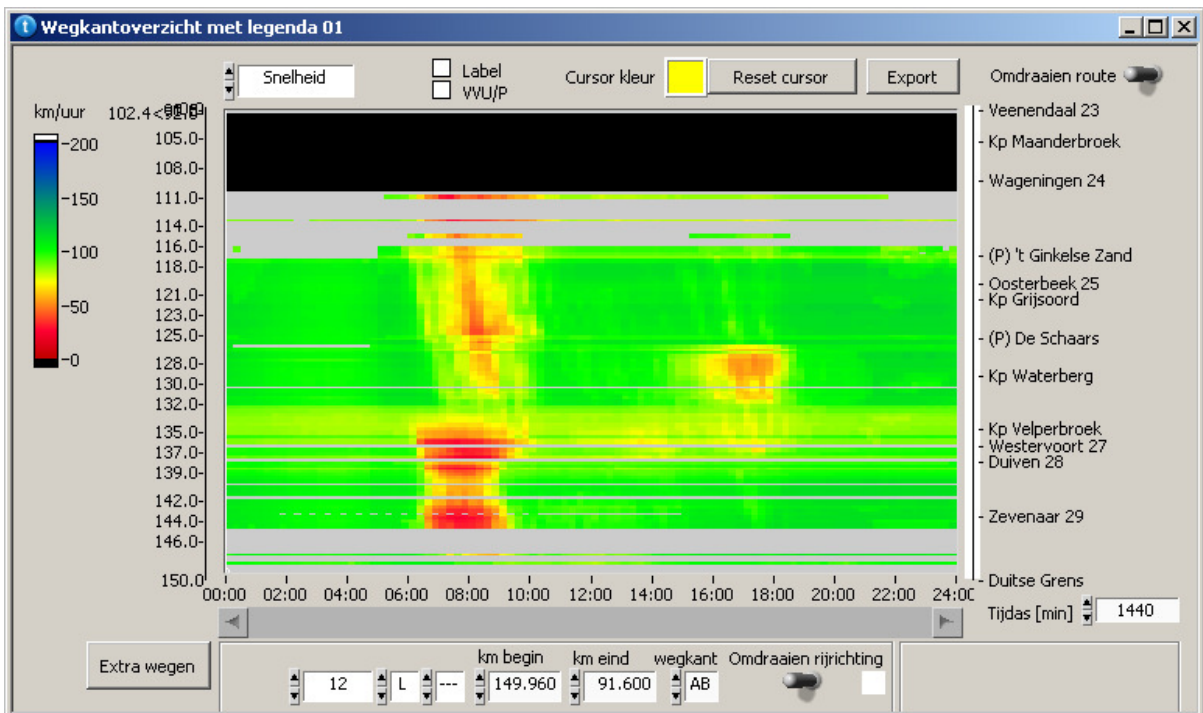
Locatie 112: A12L hm 113.0



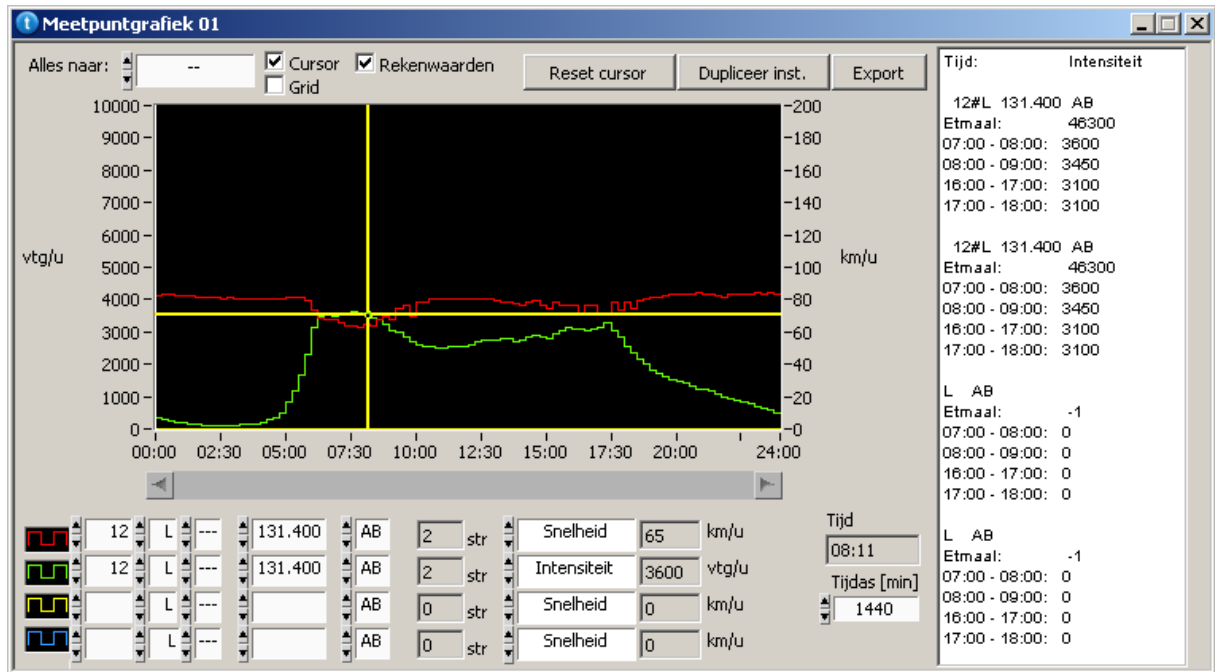
Aansluiting Velperbroek
Vormgeving: invoeging
Helling
Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



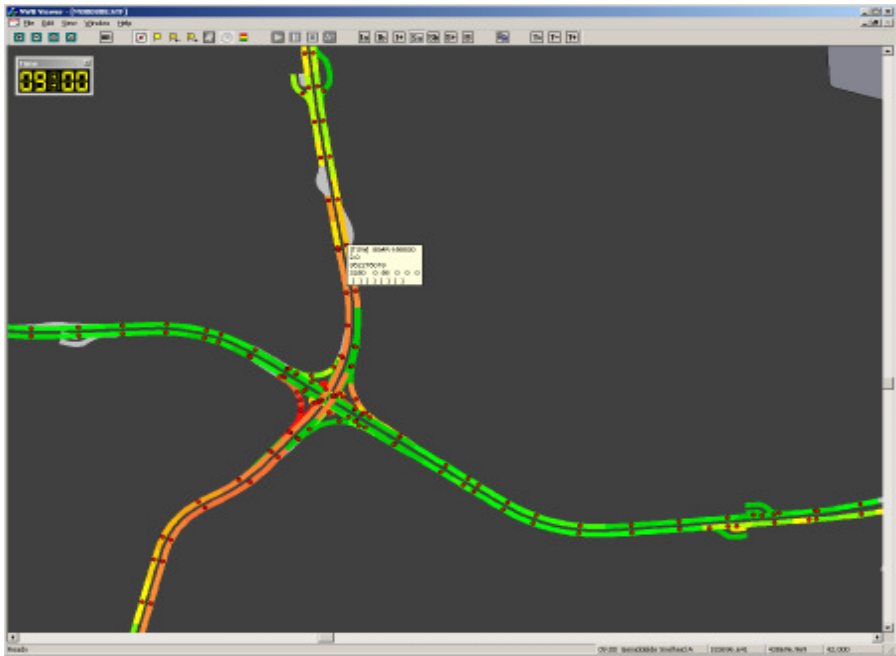
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



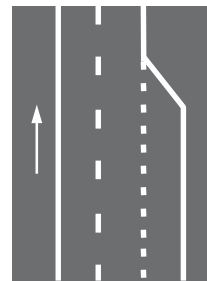
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

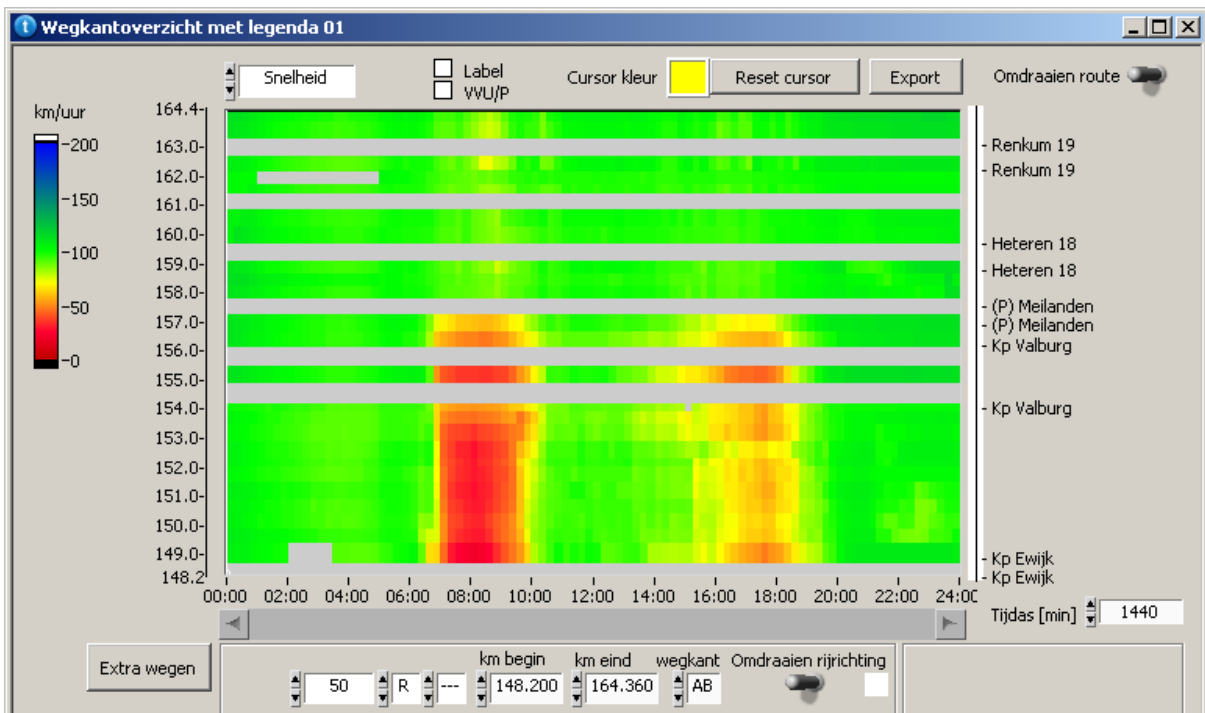
Locatie 113: A50R hm 156.0



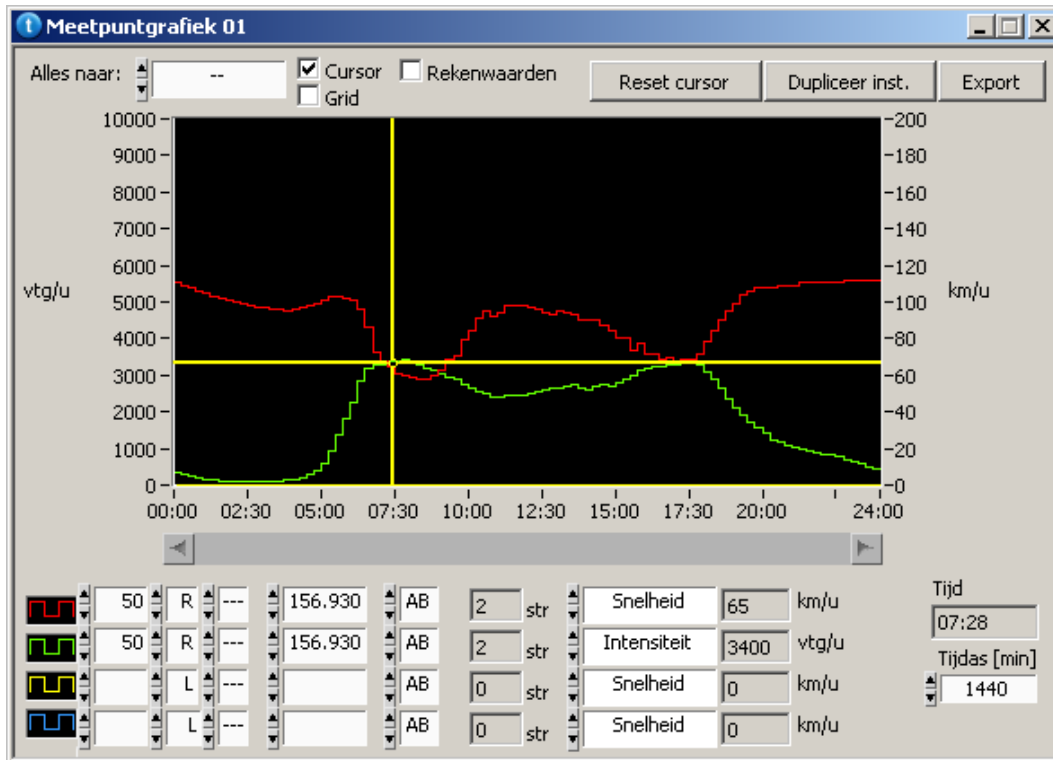
Invoeging
 parallelrijbaan kp.
 Valburg
 Vormgeving: weefvak
 overgaand in
 verzorgingsplaats, in de
 praktijk dus een
 invoeging
 Geen helling
 Geen stedelijke
 omgeving



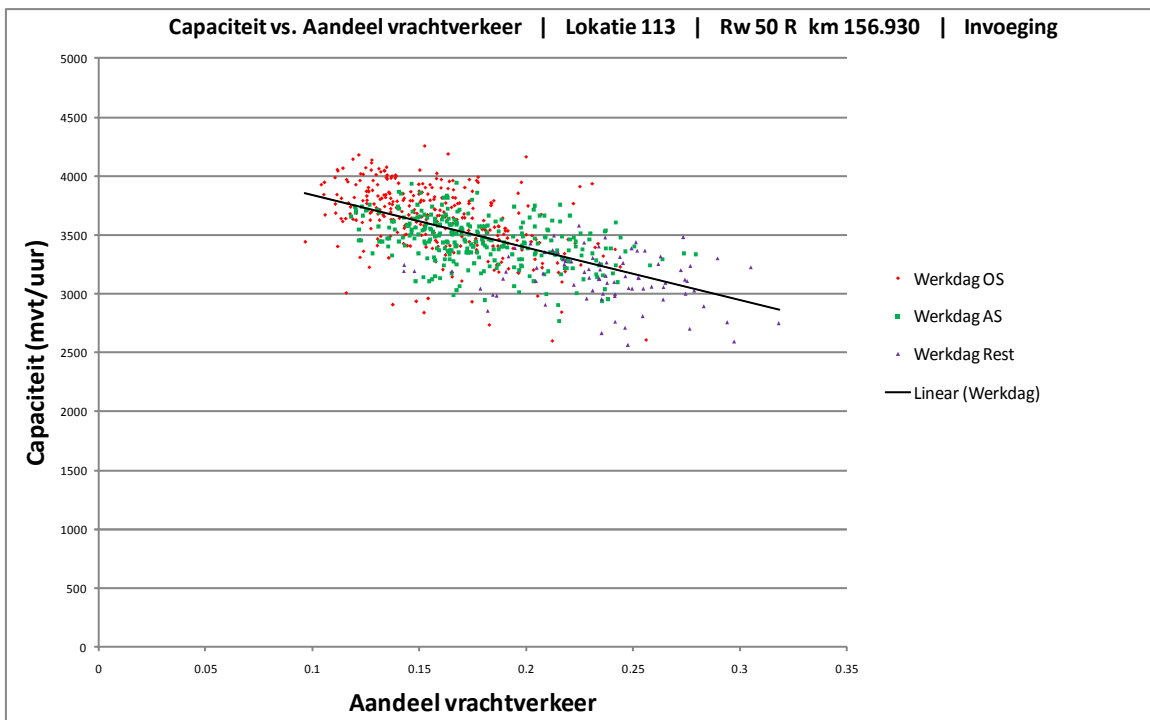
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



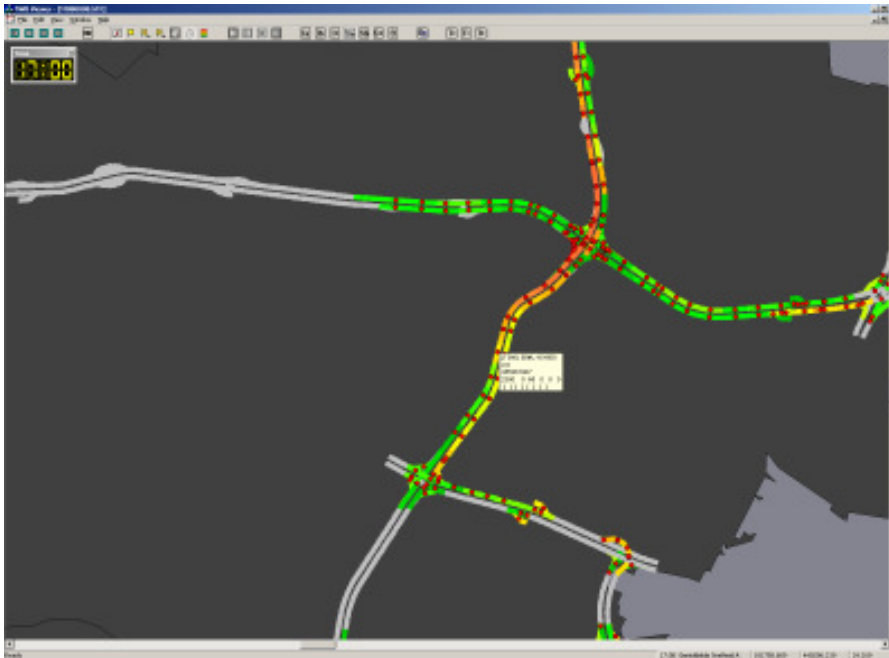
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



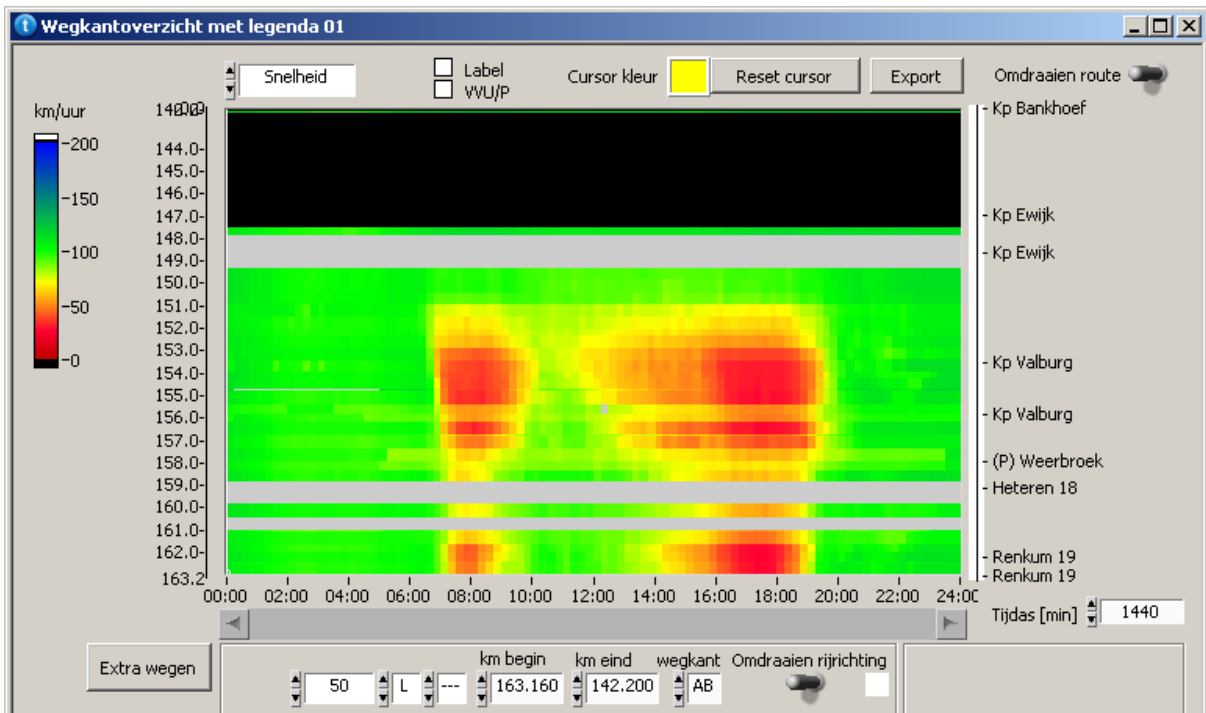
Locatie 114: A50L hm 151.0



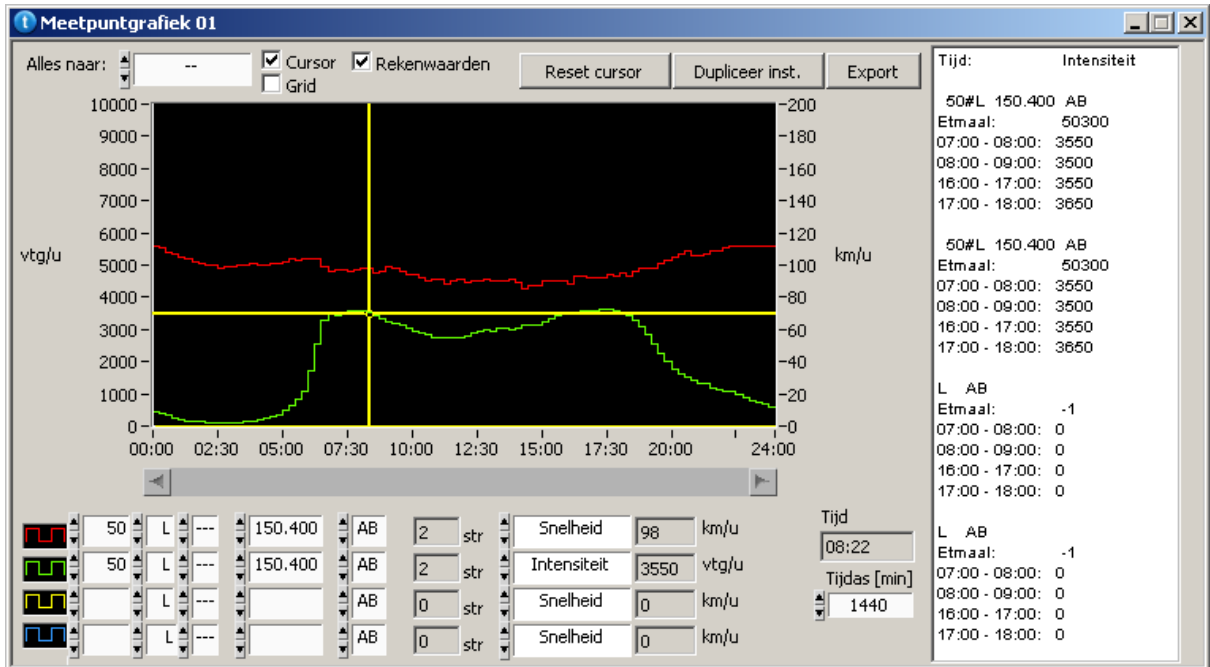
Invoeging
parallelrijbaan kp.
Valburg
Vormgeving: invoeging
Kleine helling
Geen stedelijke
omgeving



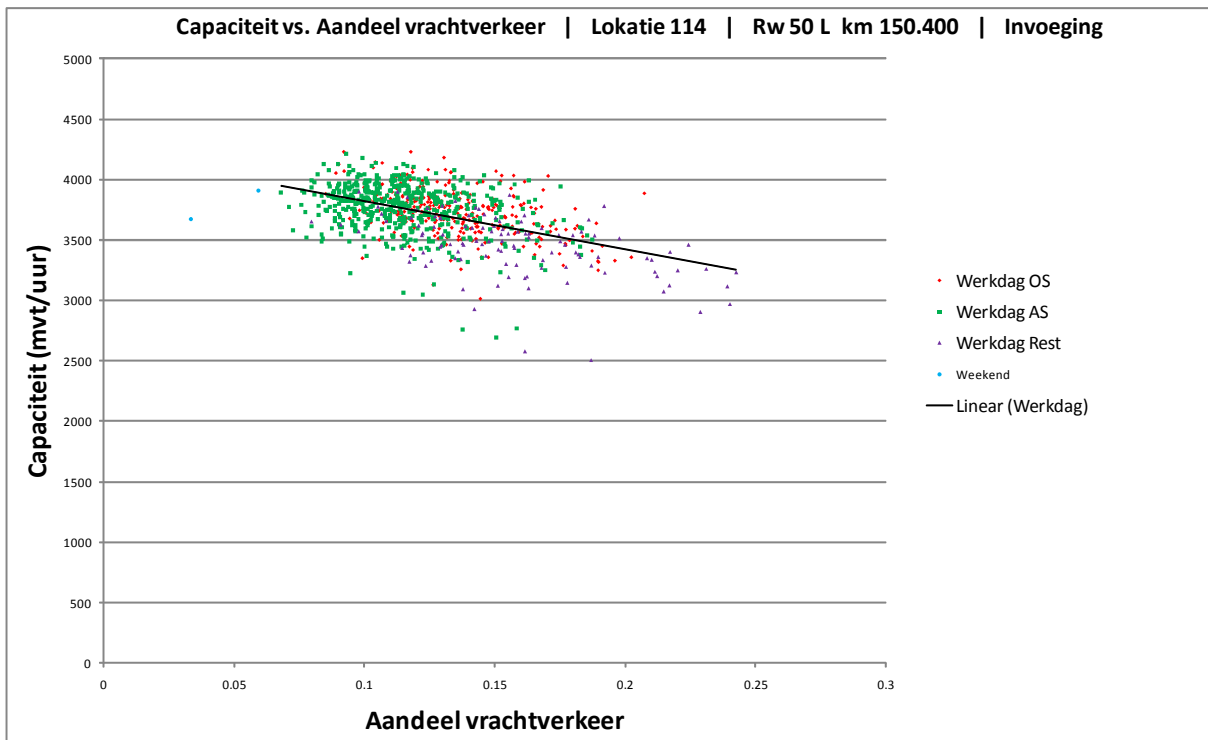
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



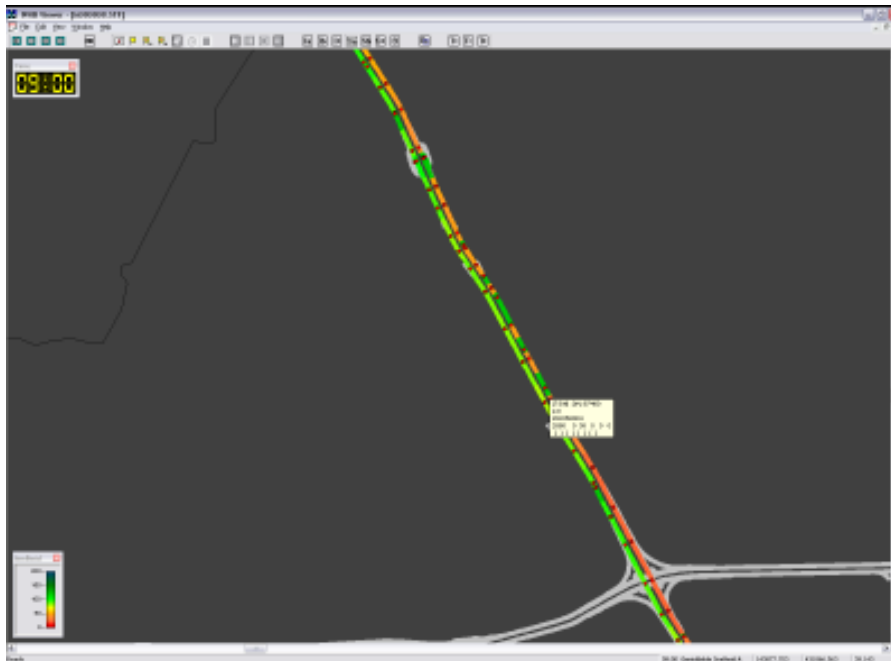
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



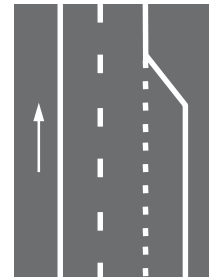
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



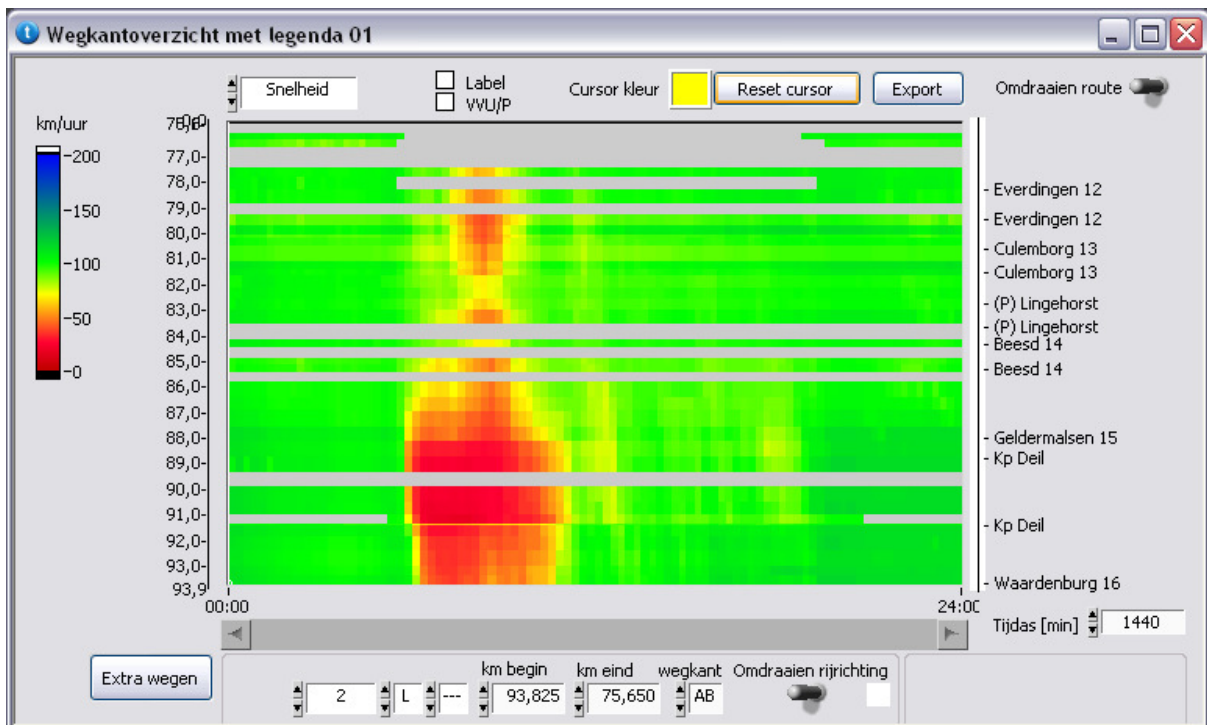
Locatie 116: A2L hm 87.0



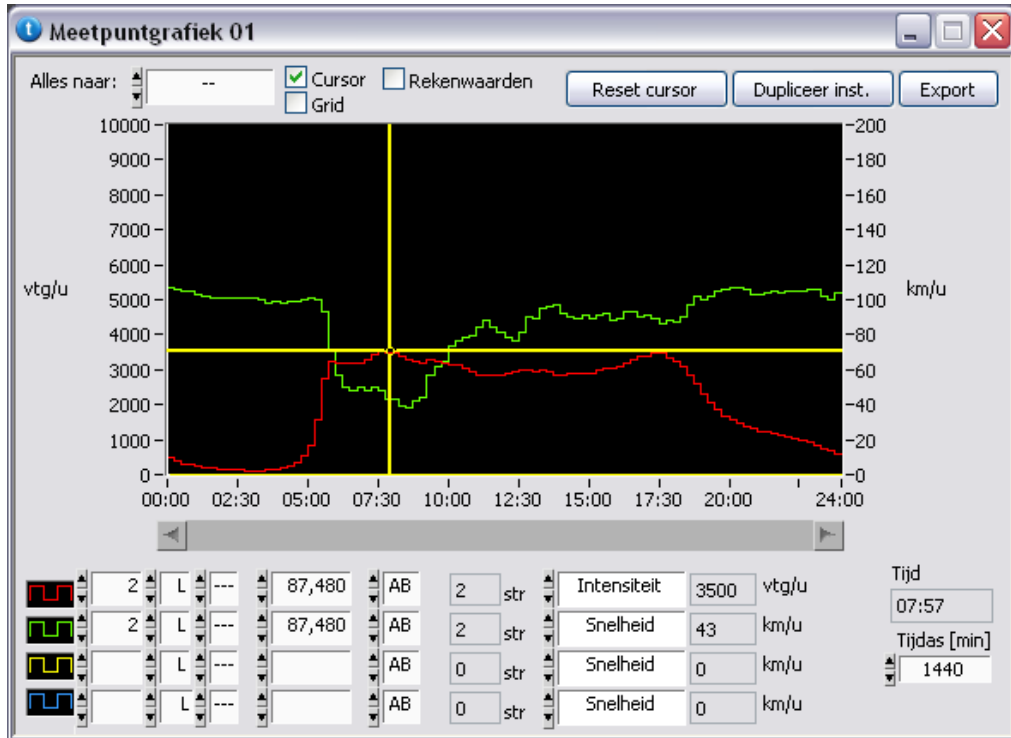
Aansluiting
Geldermalsen
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



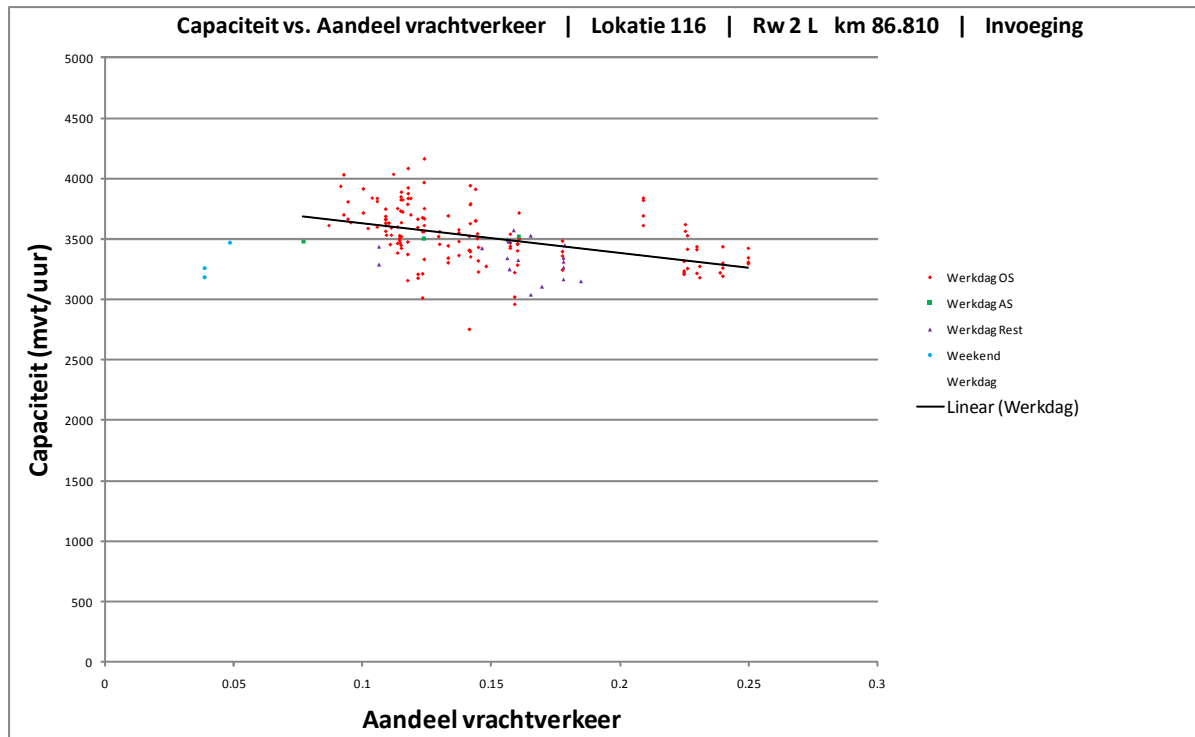
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



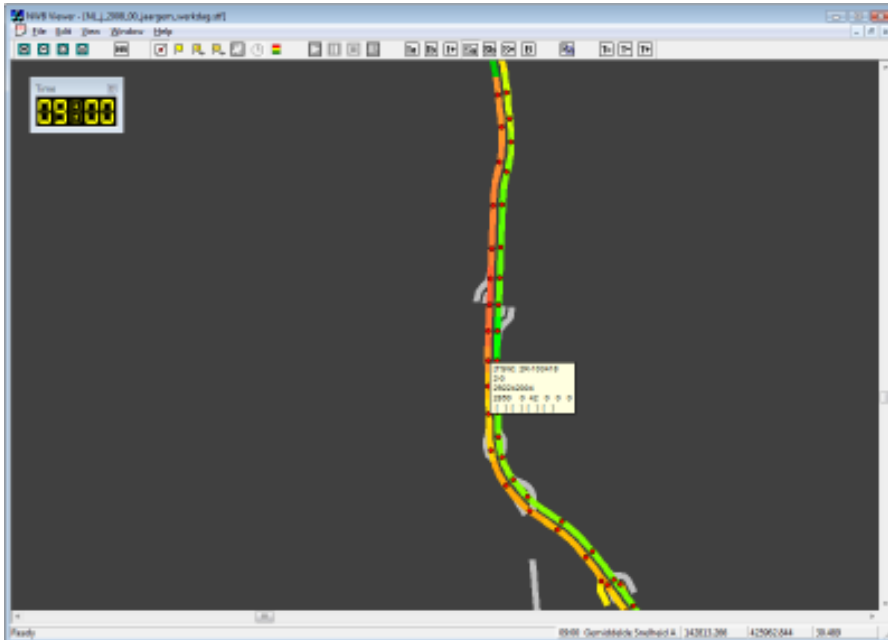
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



Locatie 117: A2R hm 103.0

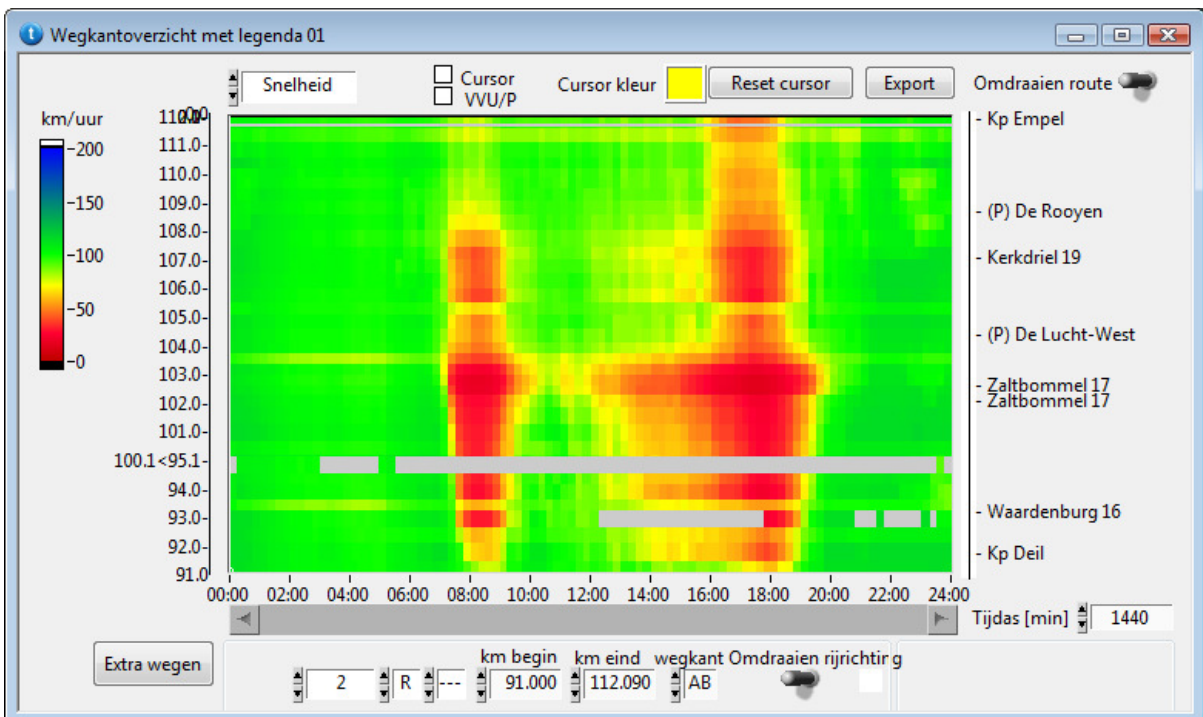


Afstreping nabij aansluiting Zaltbommel
 Vormgeving: afstreping linker rijstrook
 Geen helling
 Geen stedelijke



omgeving

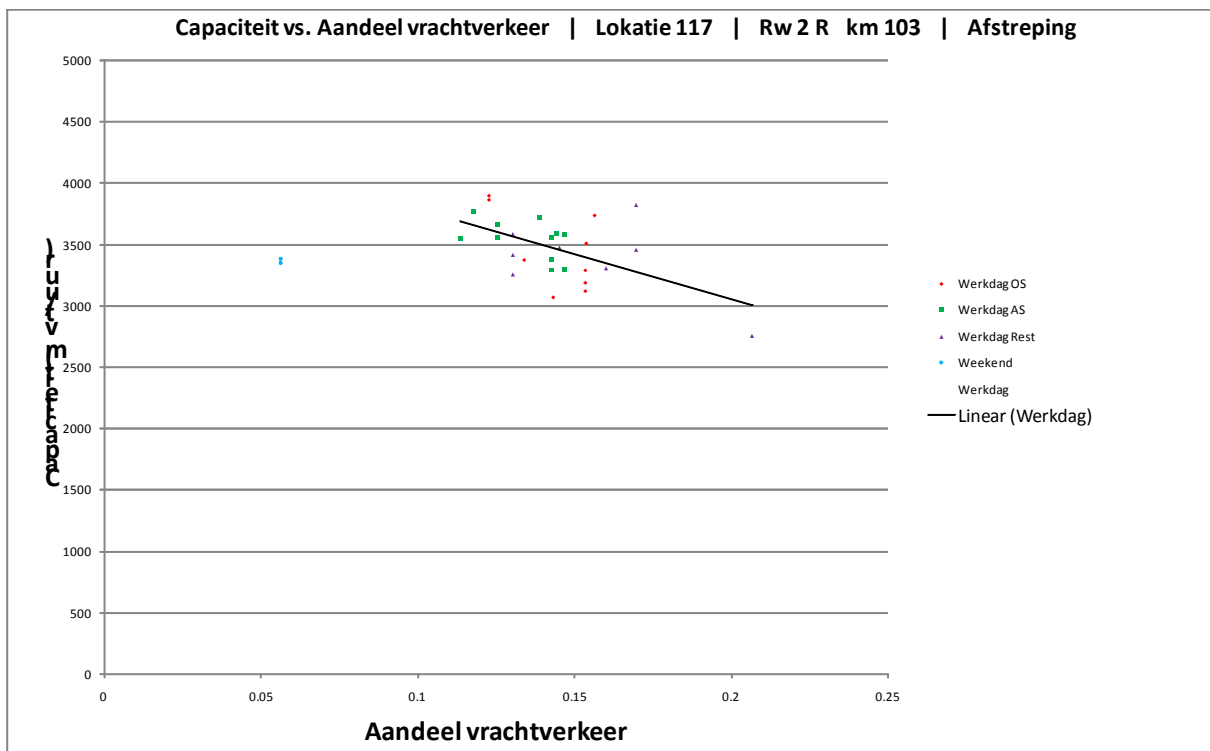
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



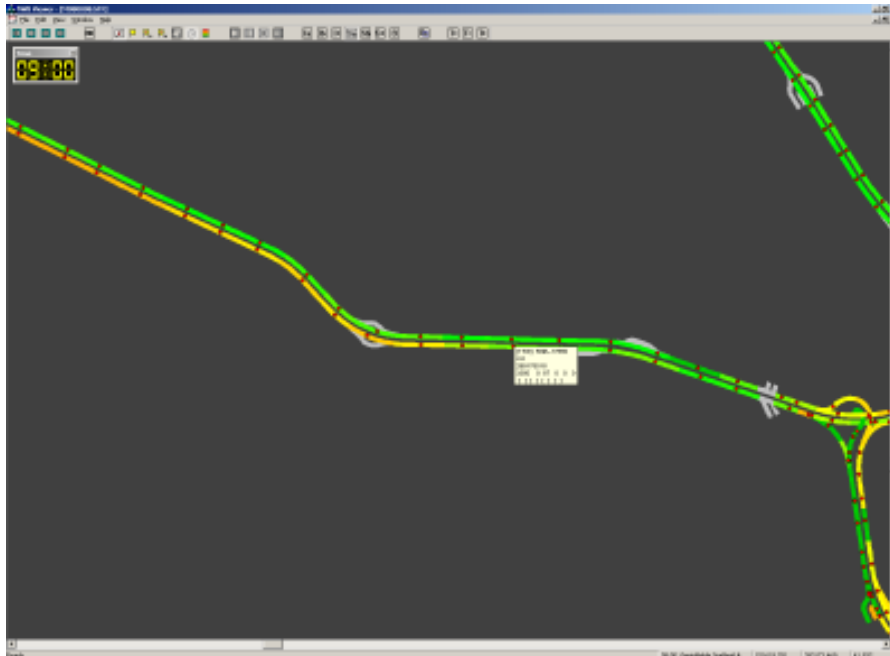
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit

nvt

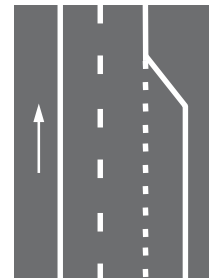
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



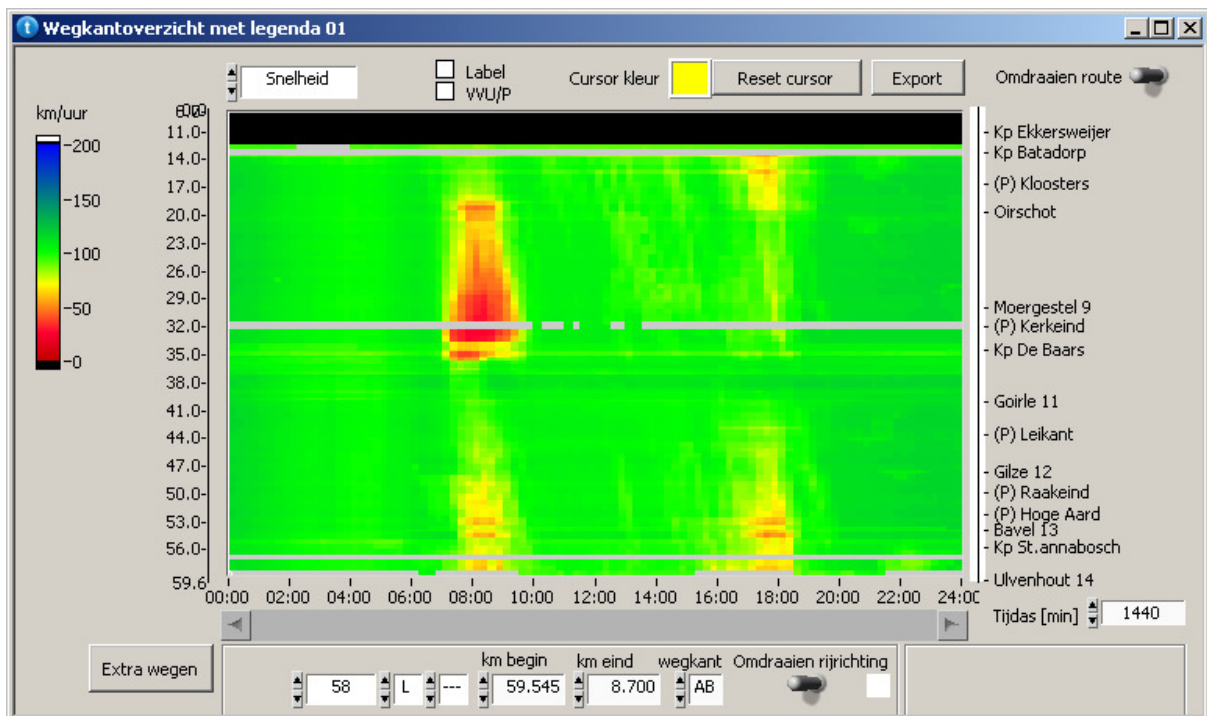
Locatie 118: A58L hm 19.0



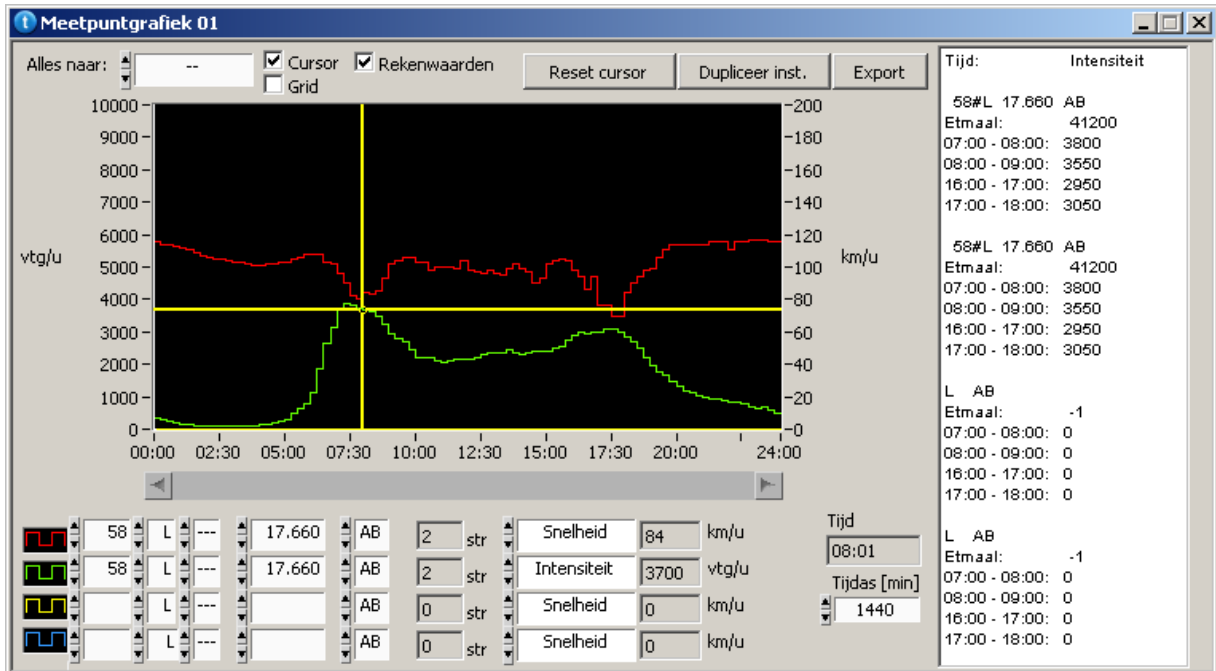
Toerit Oirschot
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Geen stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



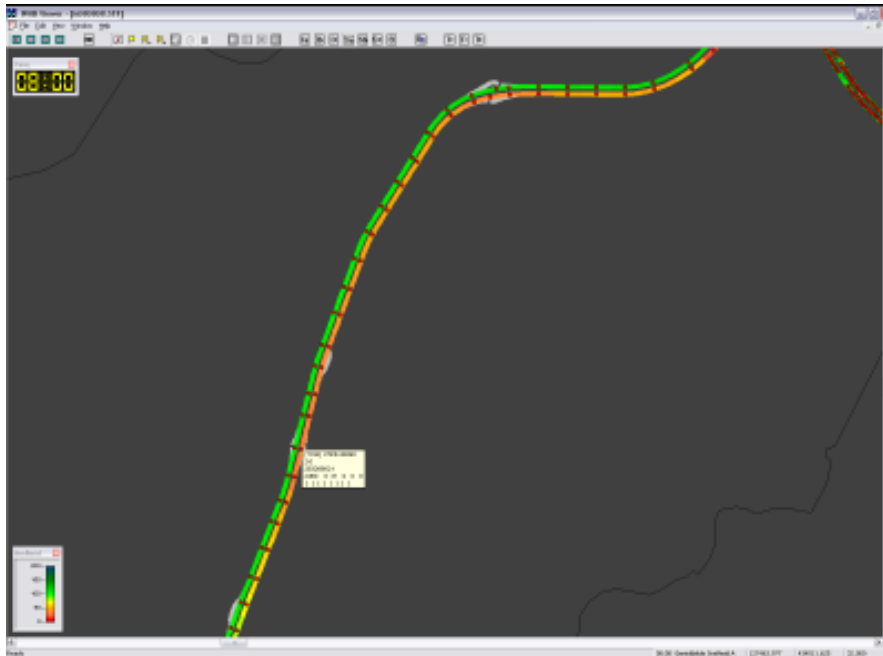
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



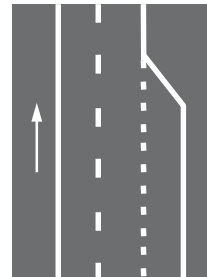
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

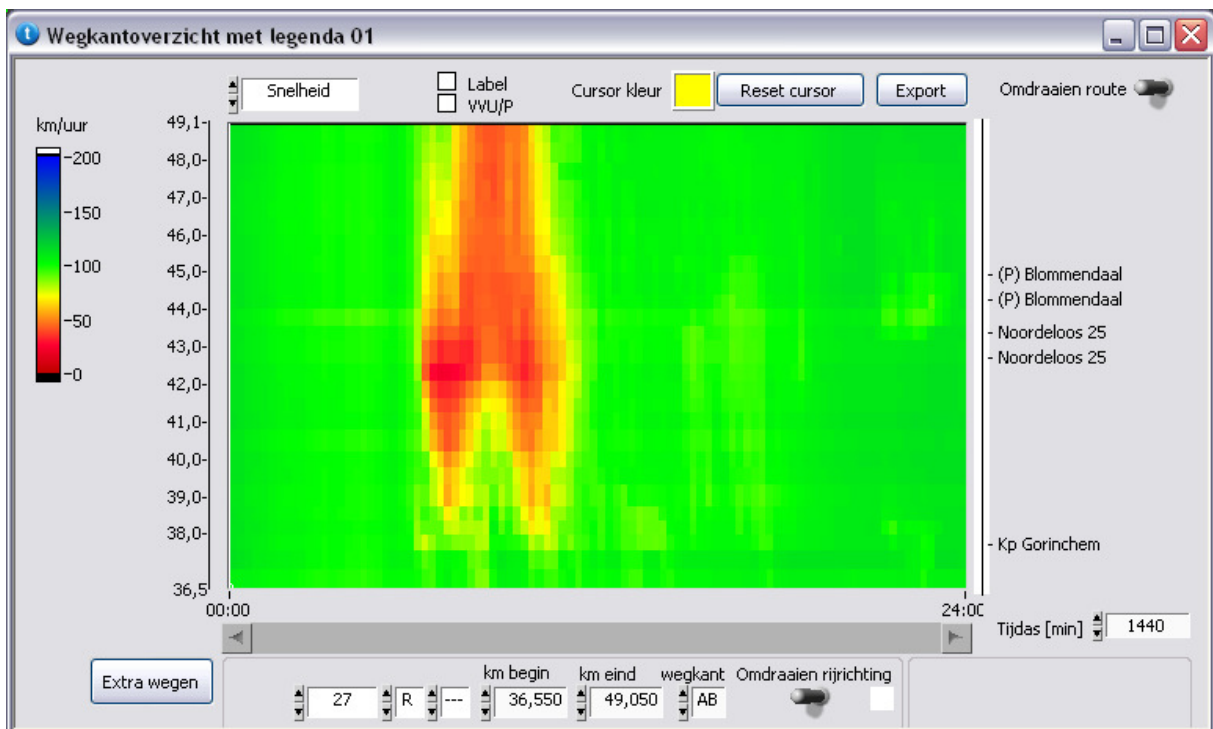
Locatie 120: A27R hm 42.5



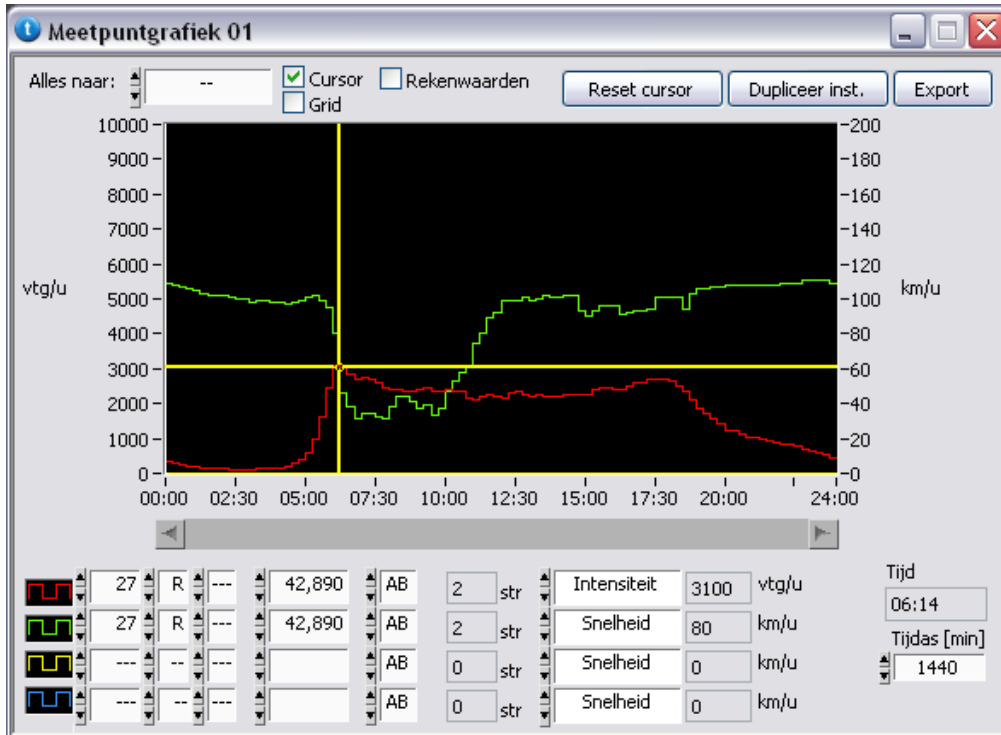
Toerit Noordeloos
Vormgeving: invoeging
(na afvallende rijstrook
links)
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



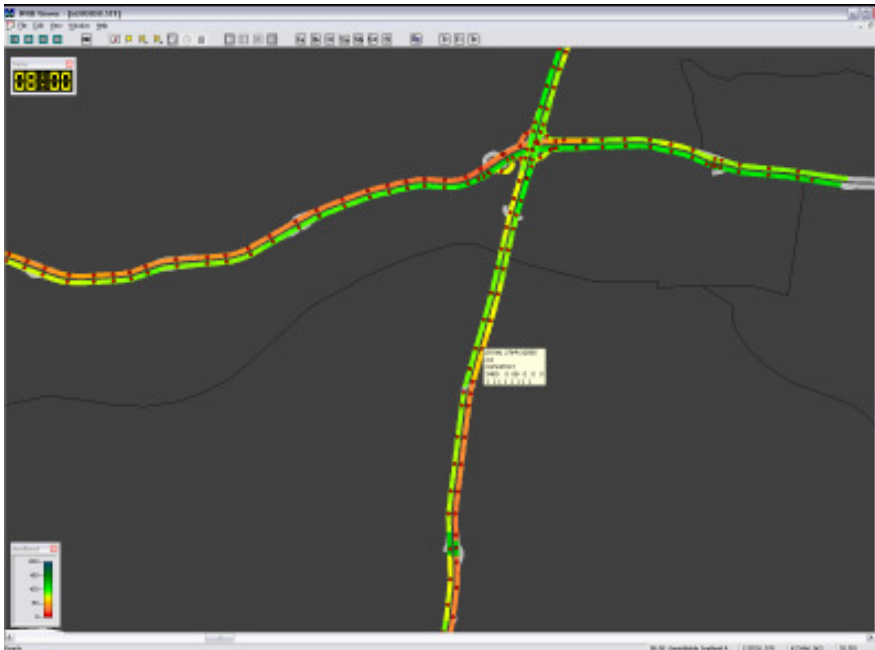
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



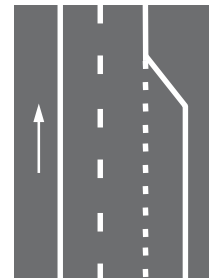
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

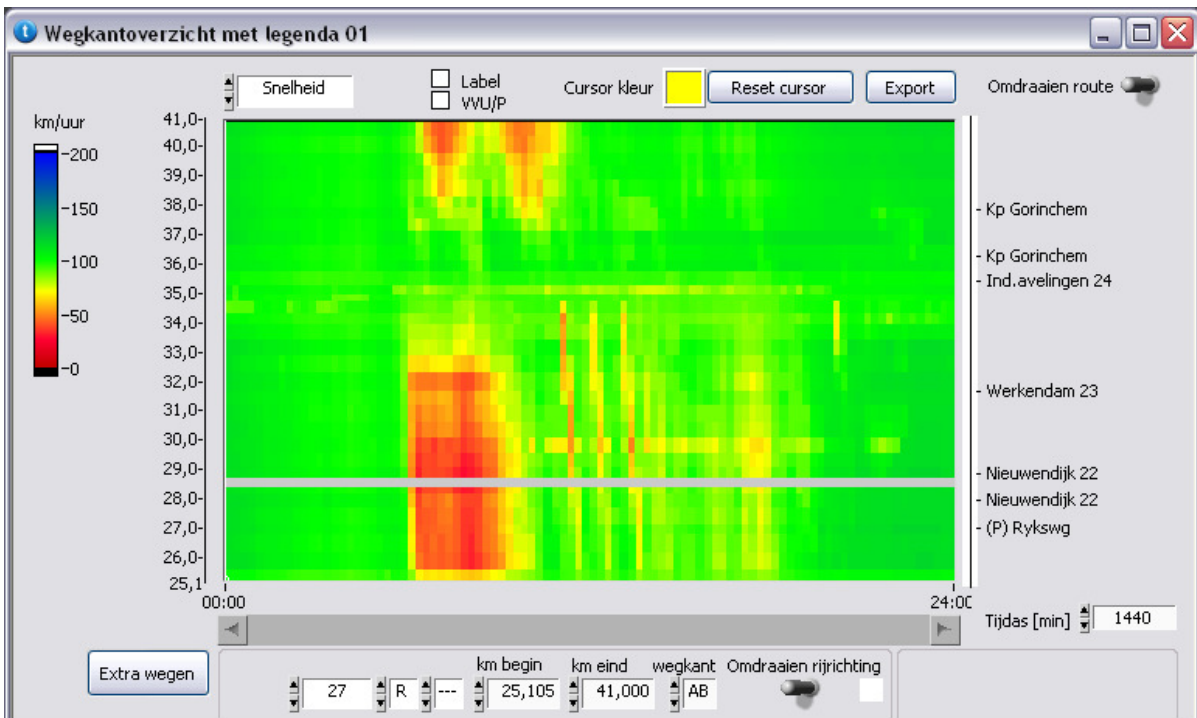
Locatie 121: A27R hm 32.0



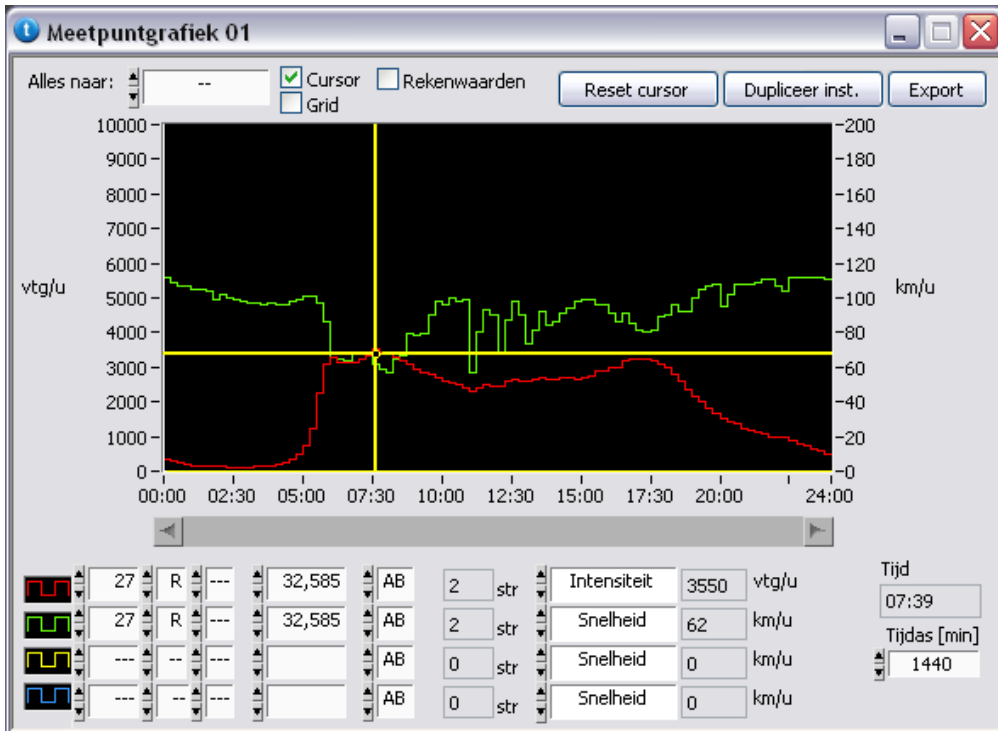
Toerit Werkendam
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



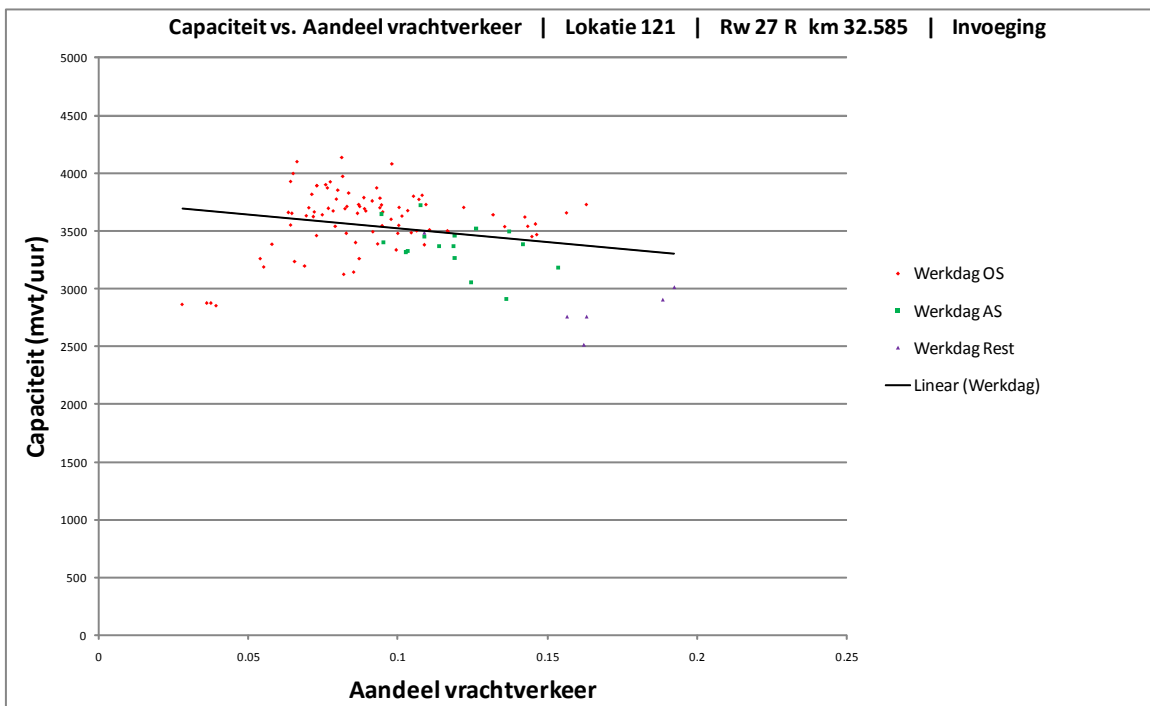
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



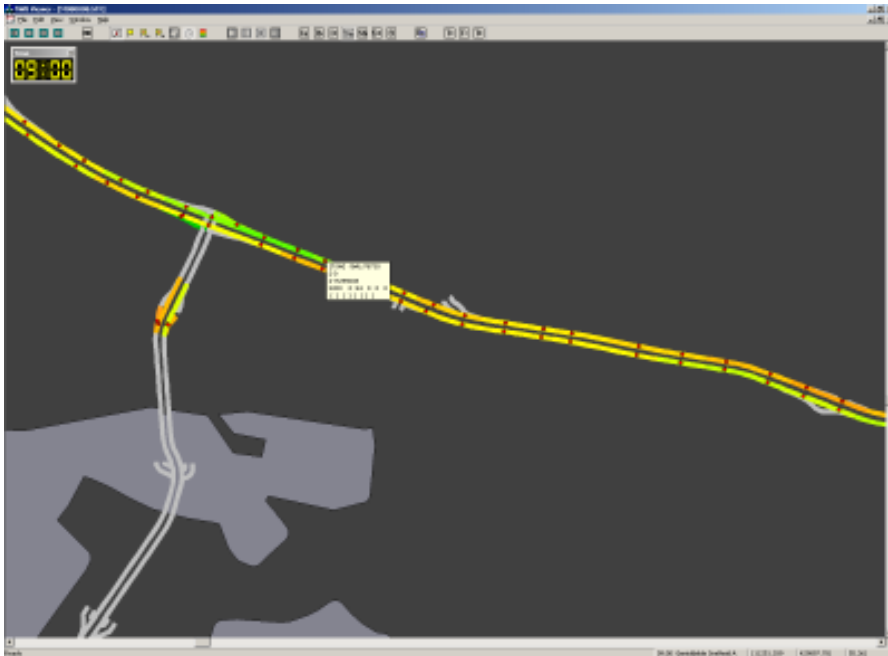
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



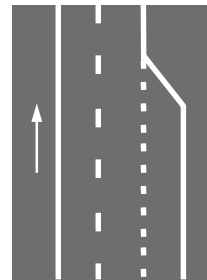
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



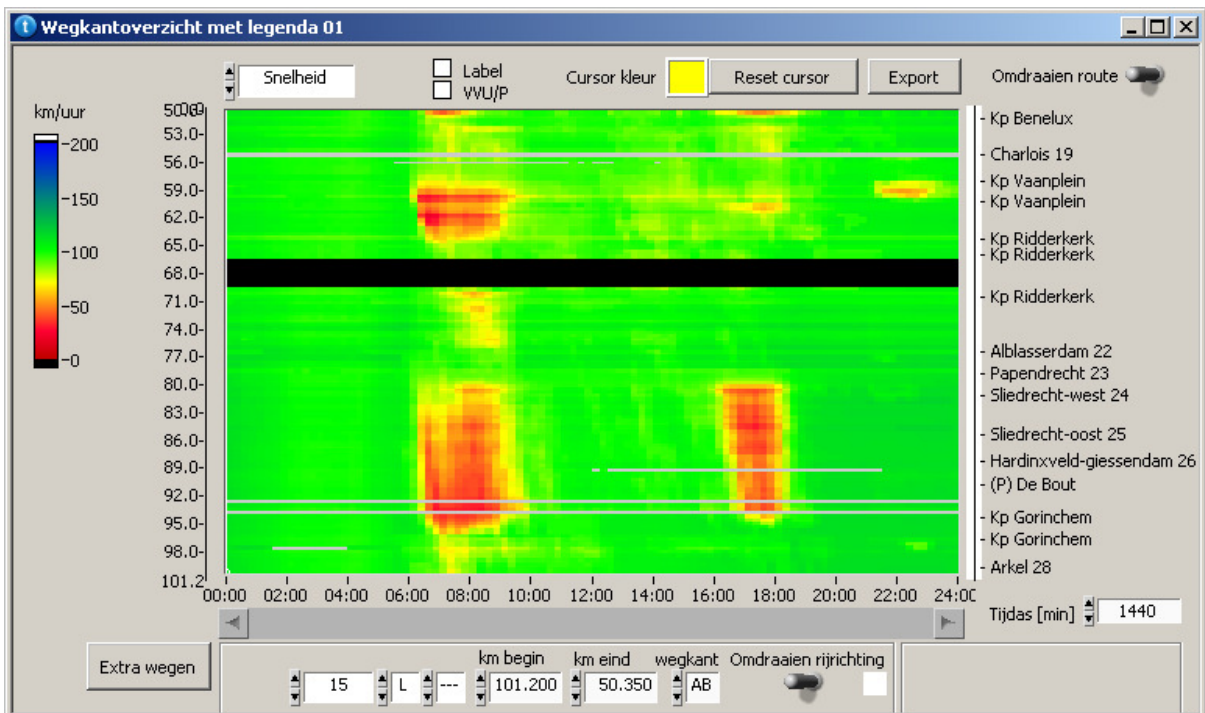
Locatie 123: A15L hm 77.0



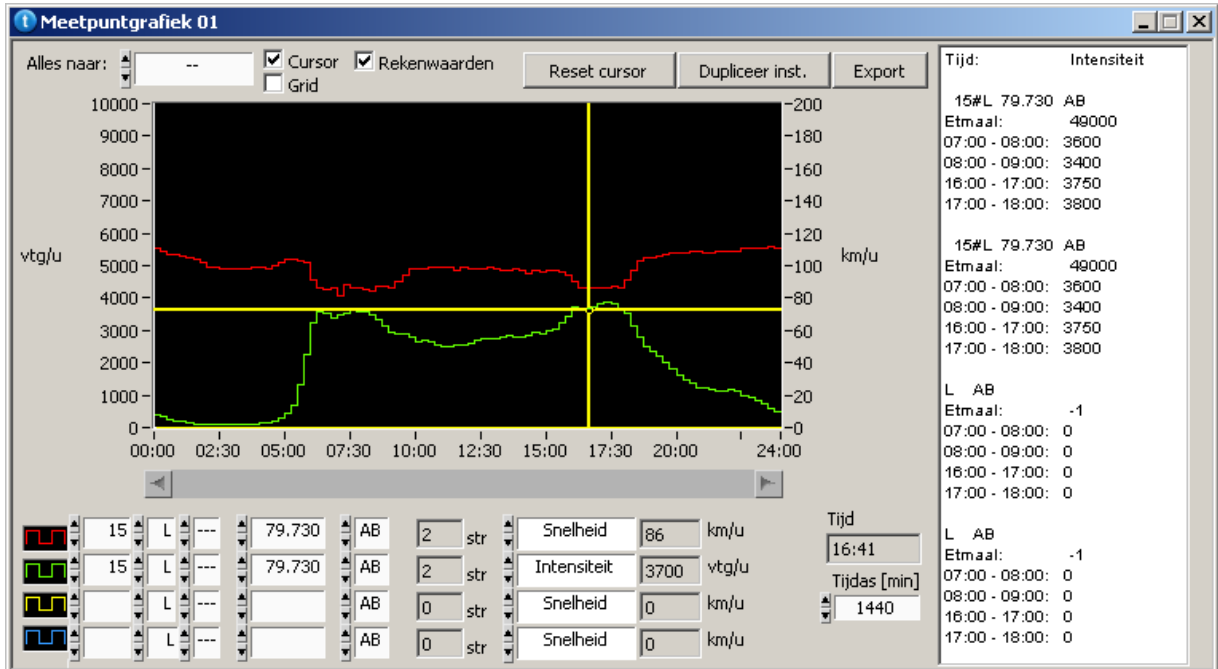
Aansluiting N3
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Stedelijke omgeving



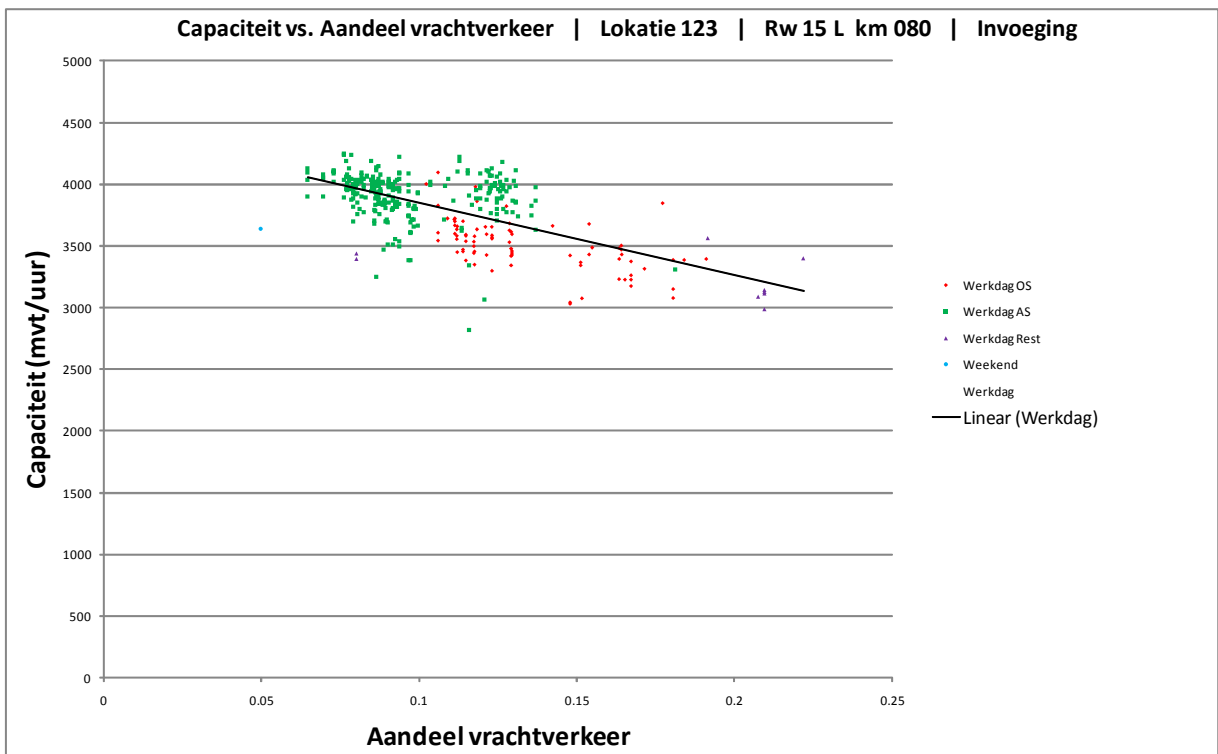
1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



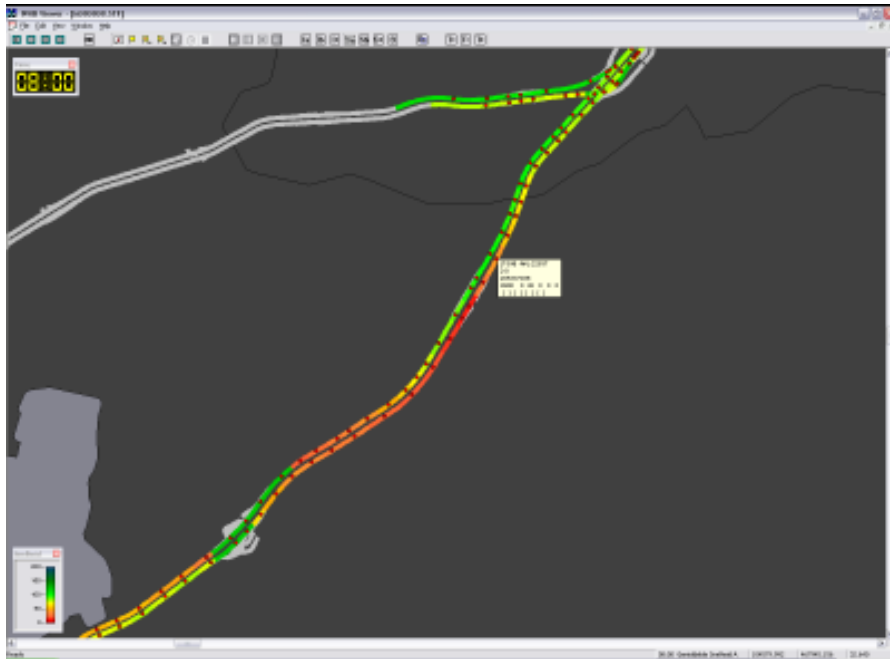
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



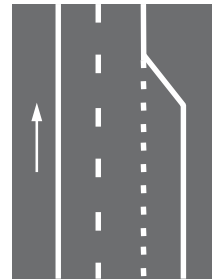
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



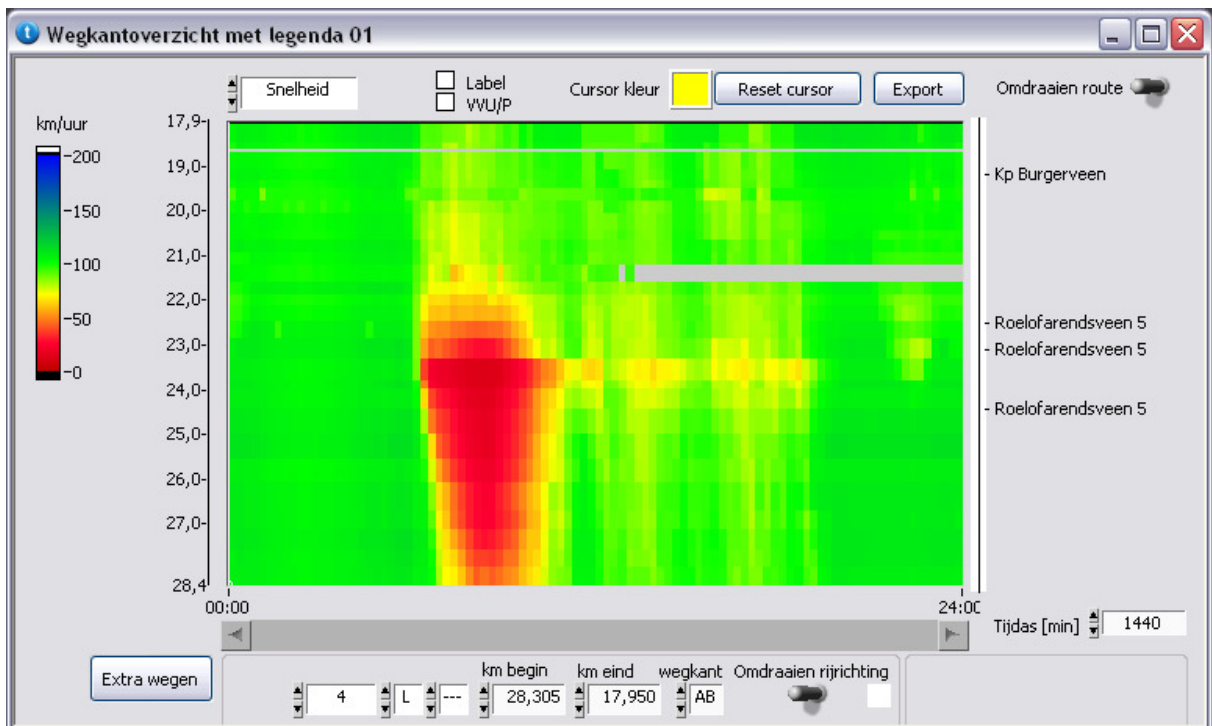
Locatie 126: A4L hm 20.0



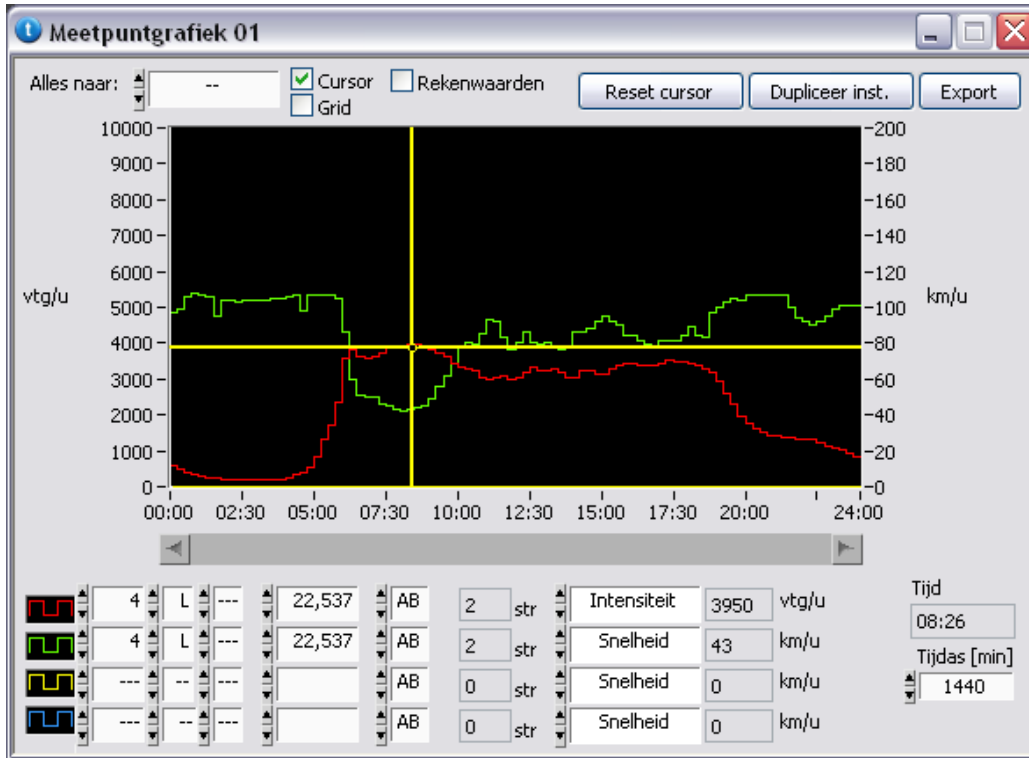
Toerit
Roelofarendsveen
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



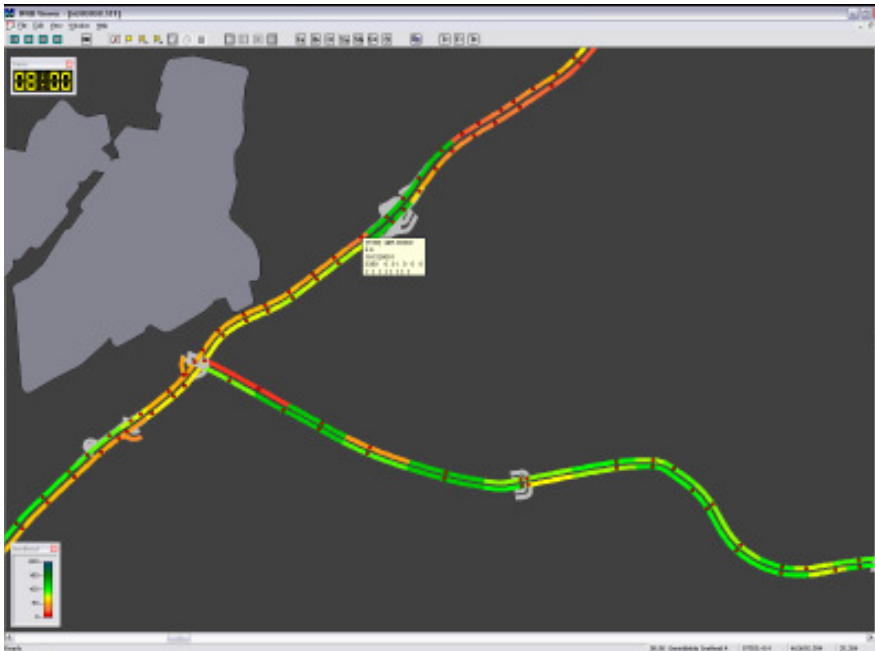
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



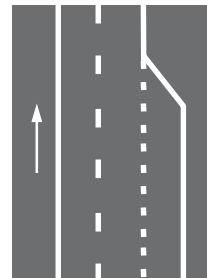
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

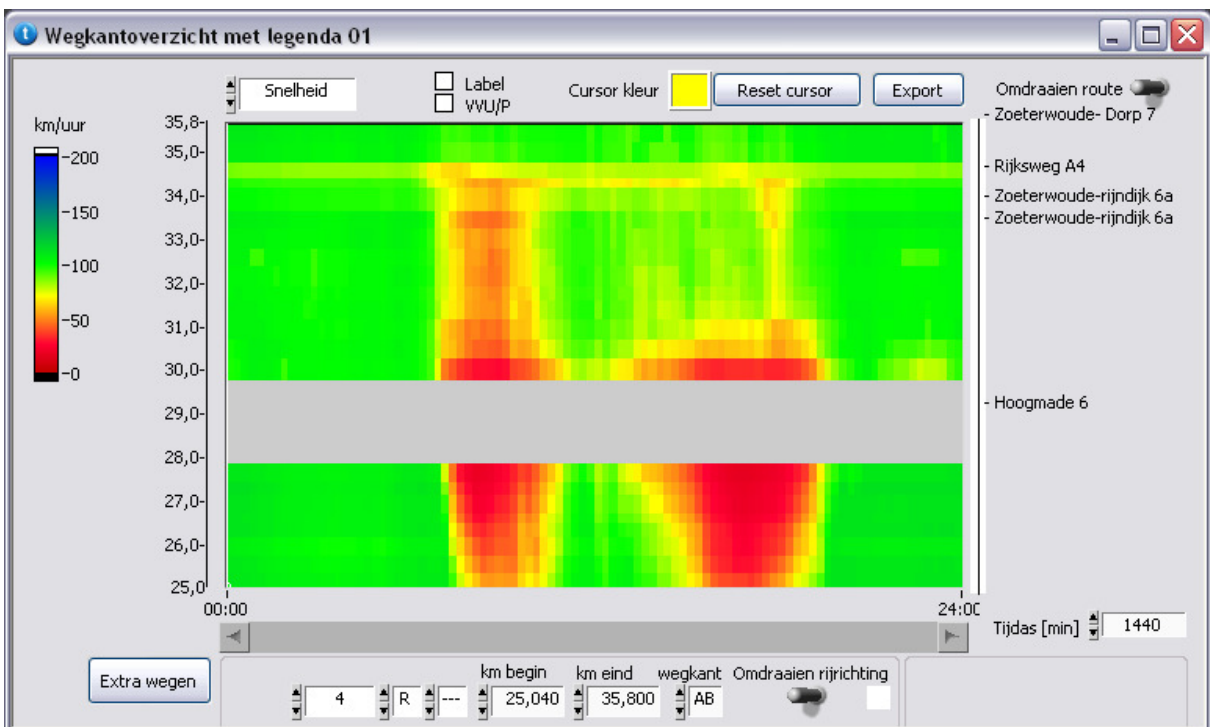
Locatie 127: A4R hm 30.0



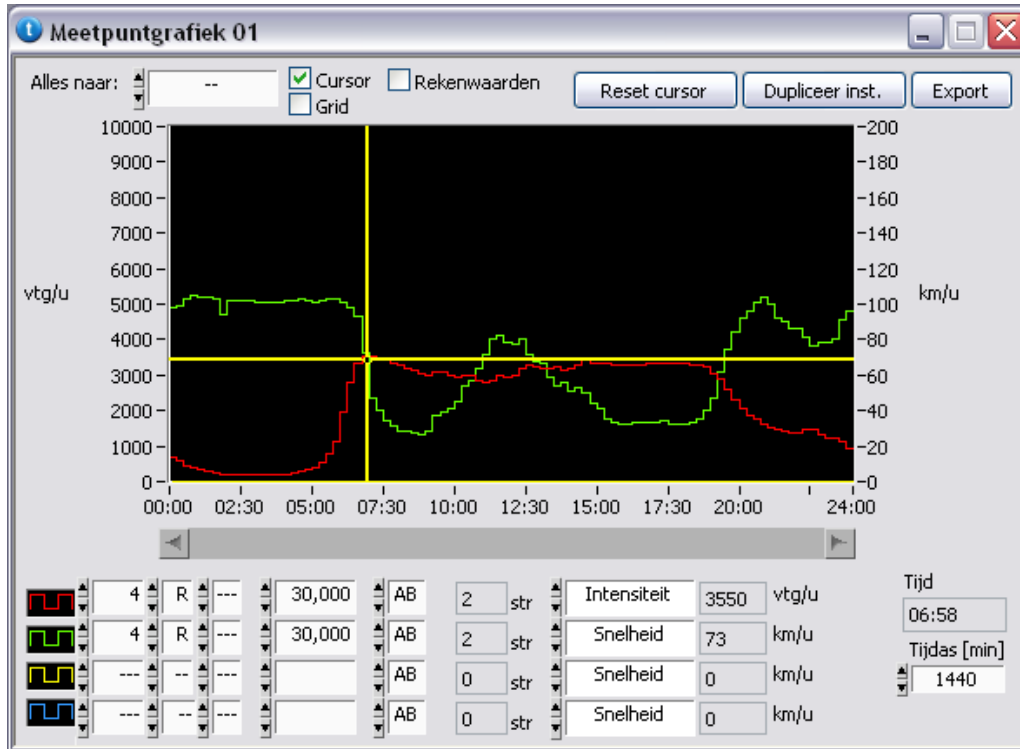
Toerit Hoogmade
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



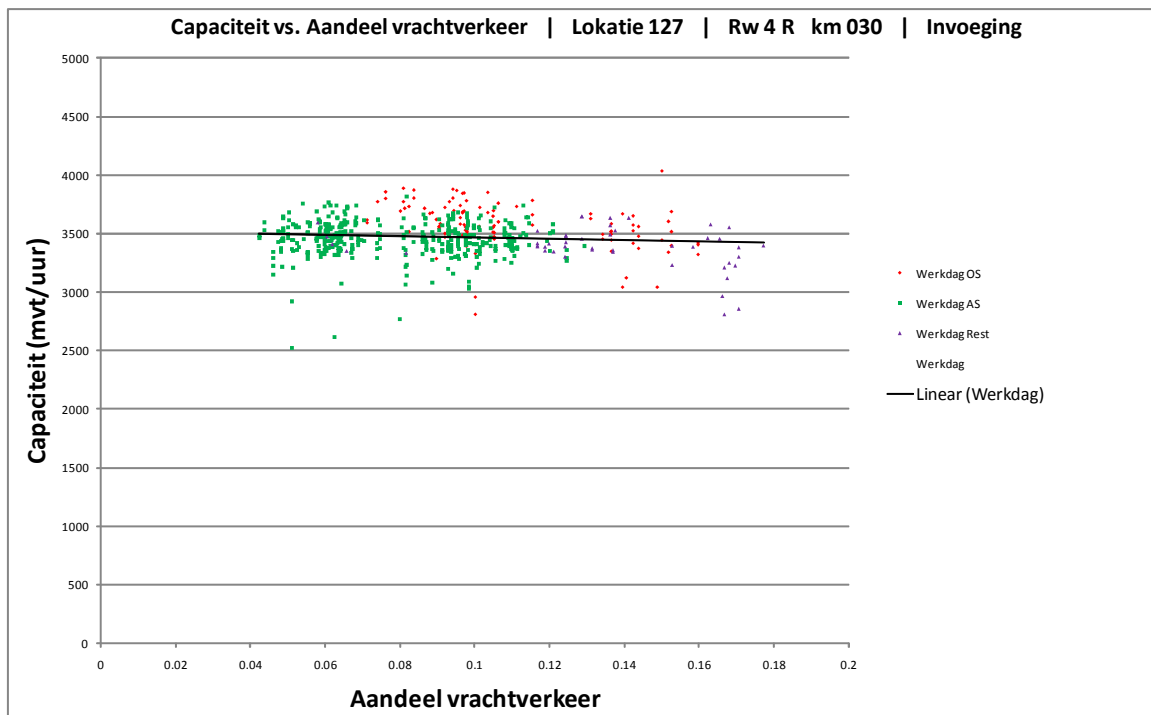
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



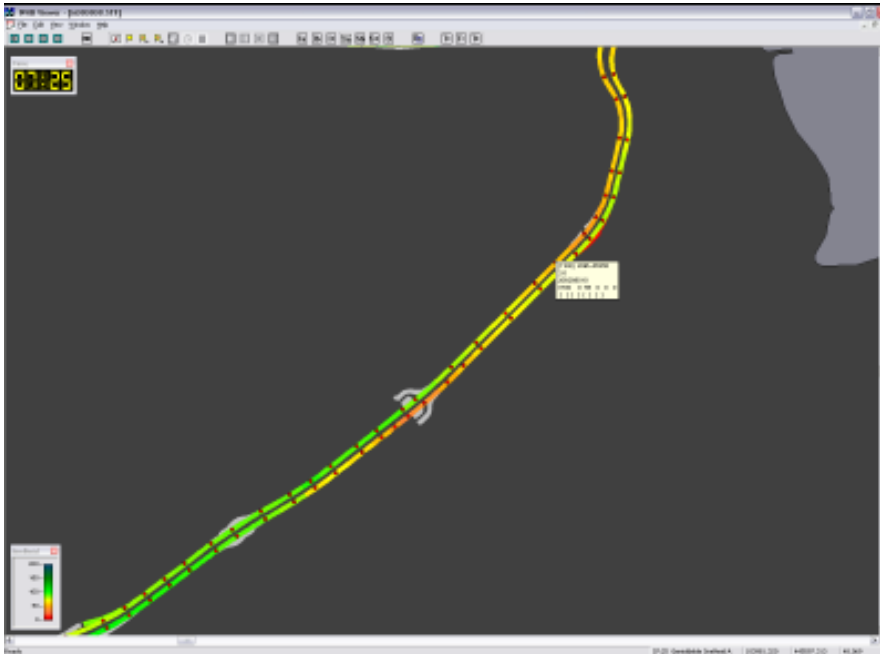
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



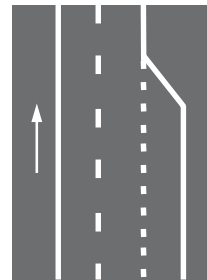
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



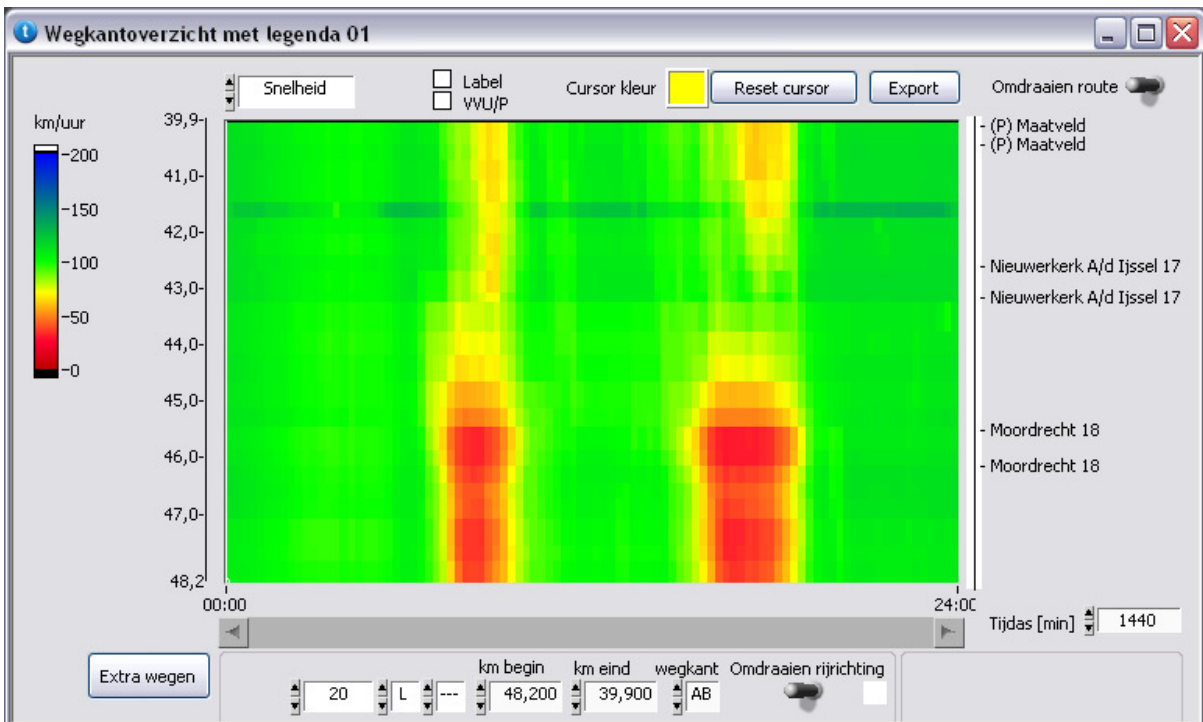
Locatie 131: A20L hm 45.0



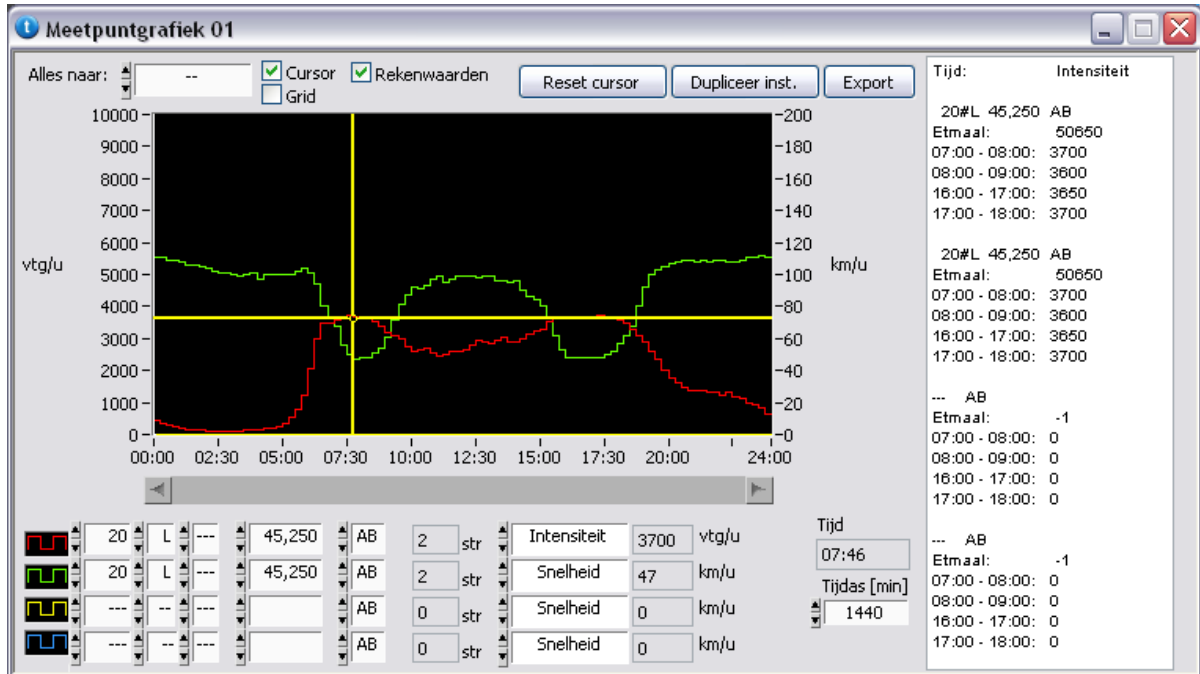
Toerit Moordrecht
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



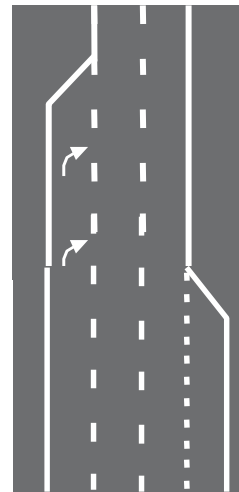
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

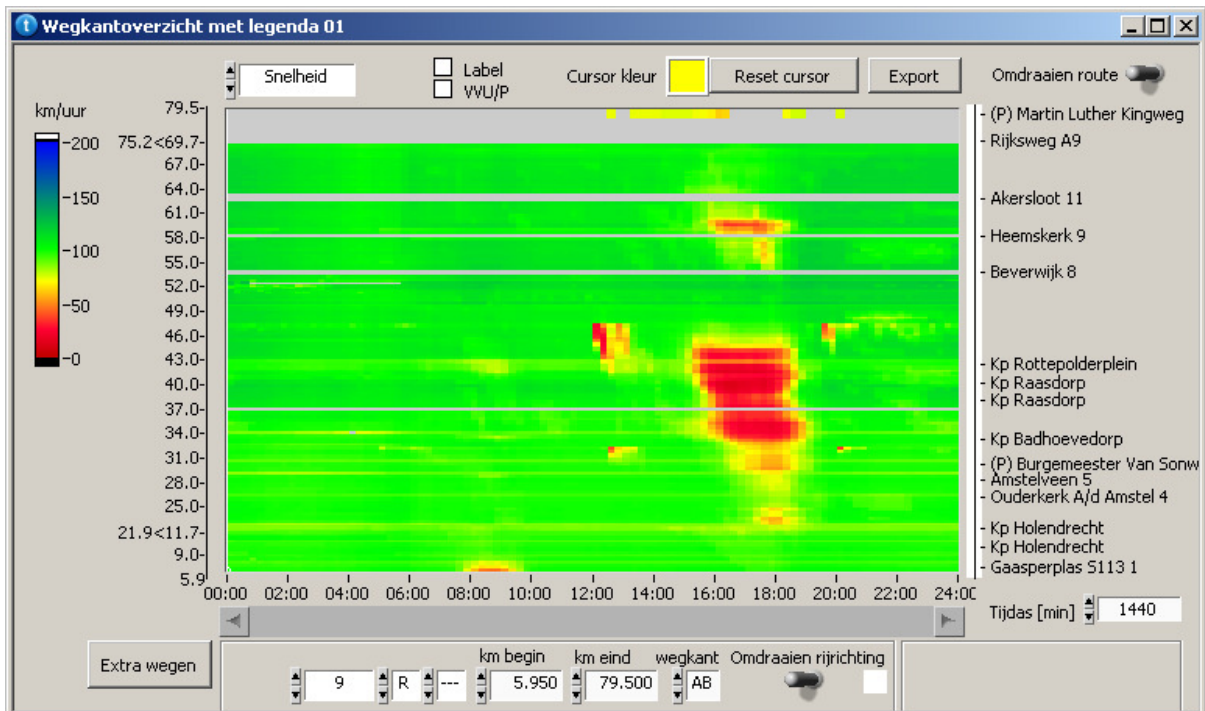
Locatie 132: A9R hm 60.0



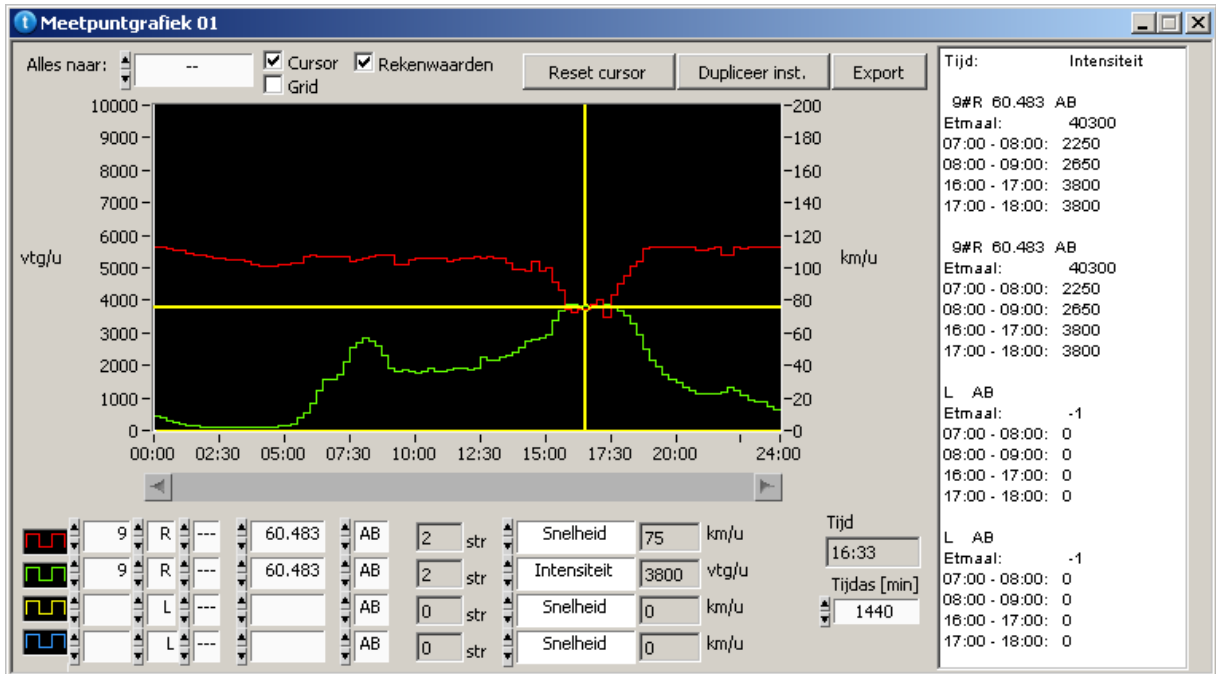
Toerit Castricum
 Vormgeving: invoeging
 en afstropping linker
 rijstrook
 Geen helling
 Geen stedelijke
 omgeving



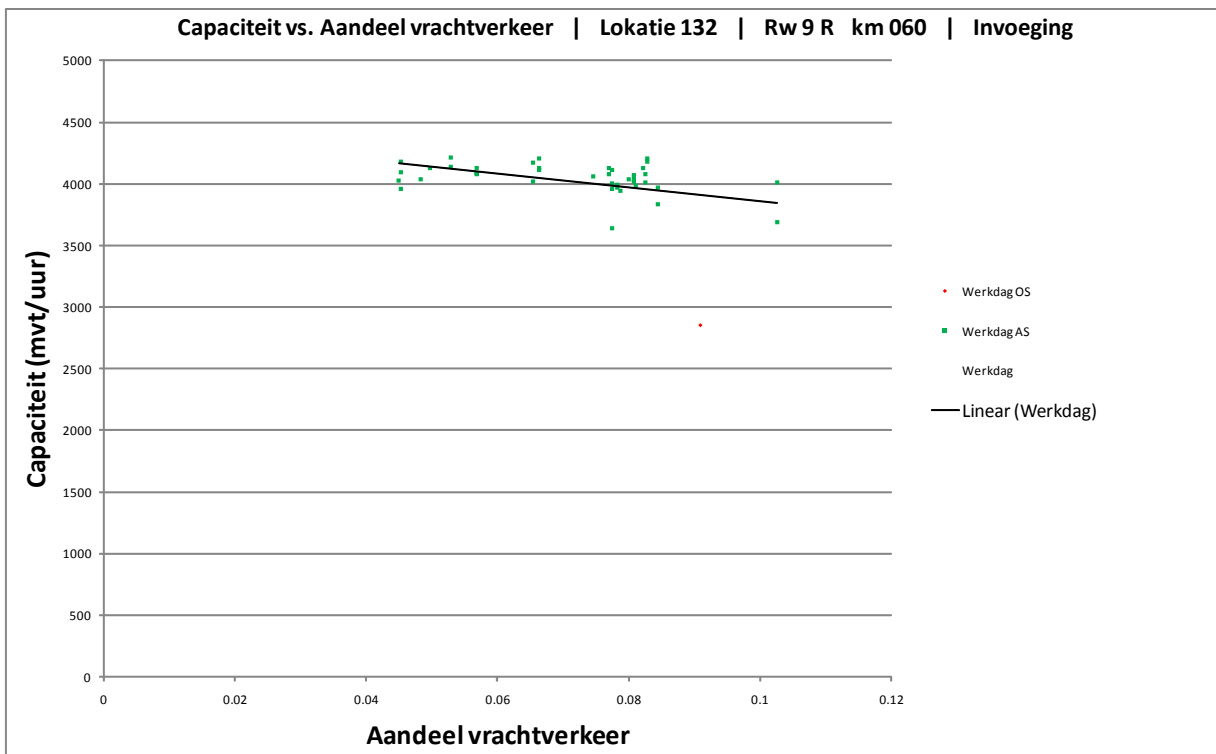
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



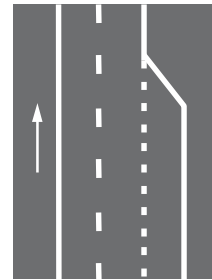
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



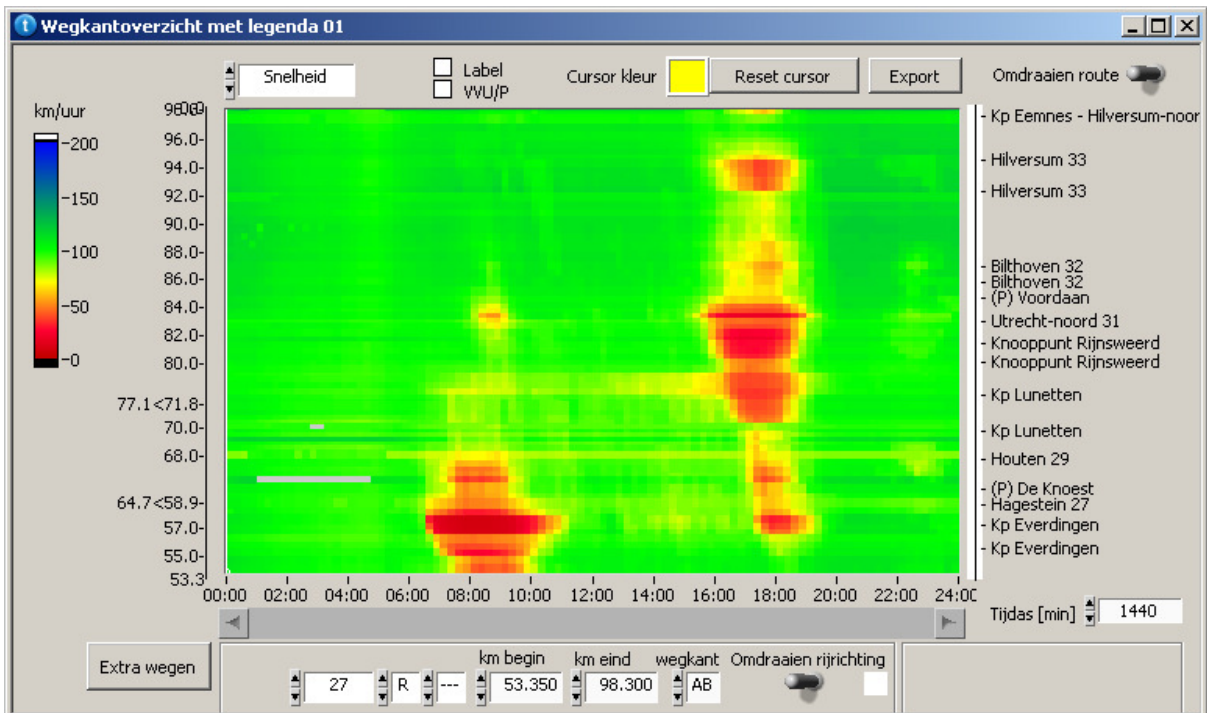
Locatie 138: A27R hm 84.0



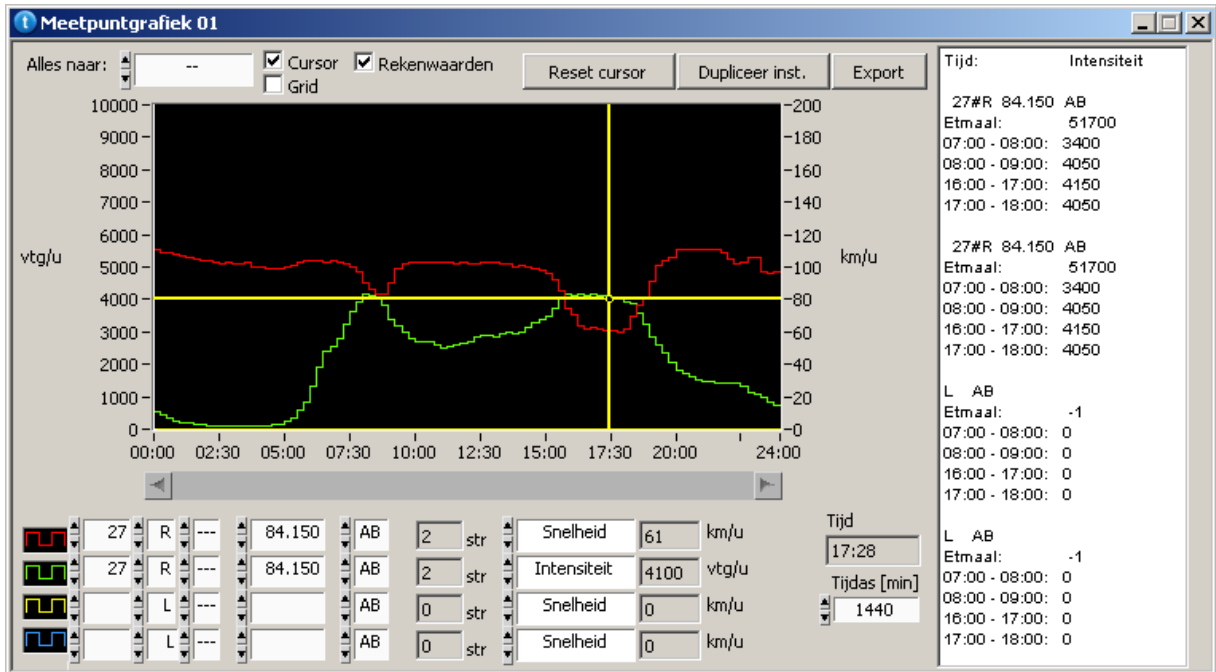
Toerit Utrecht-Noord
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



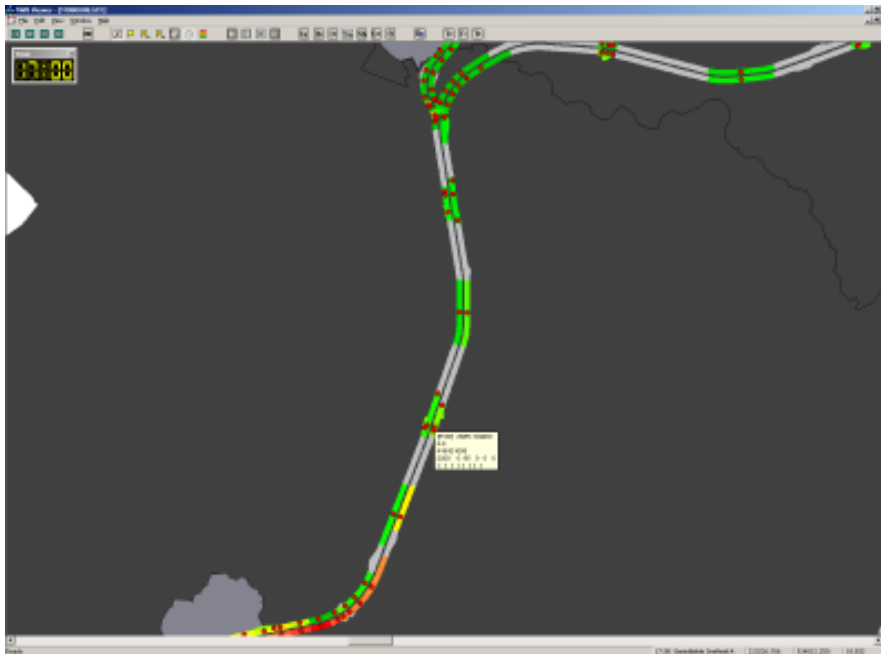
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



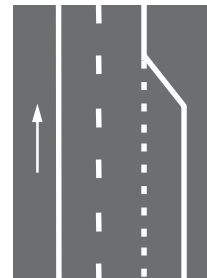
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

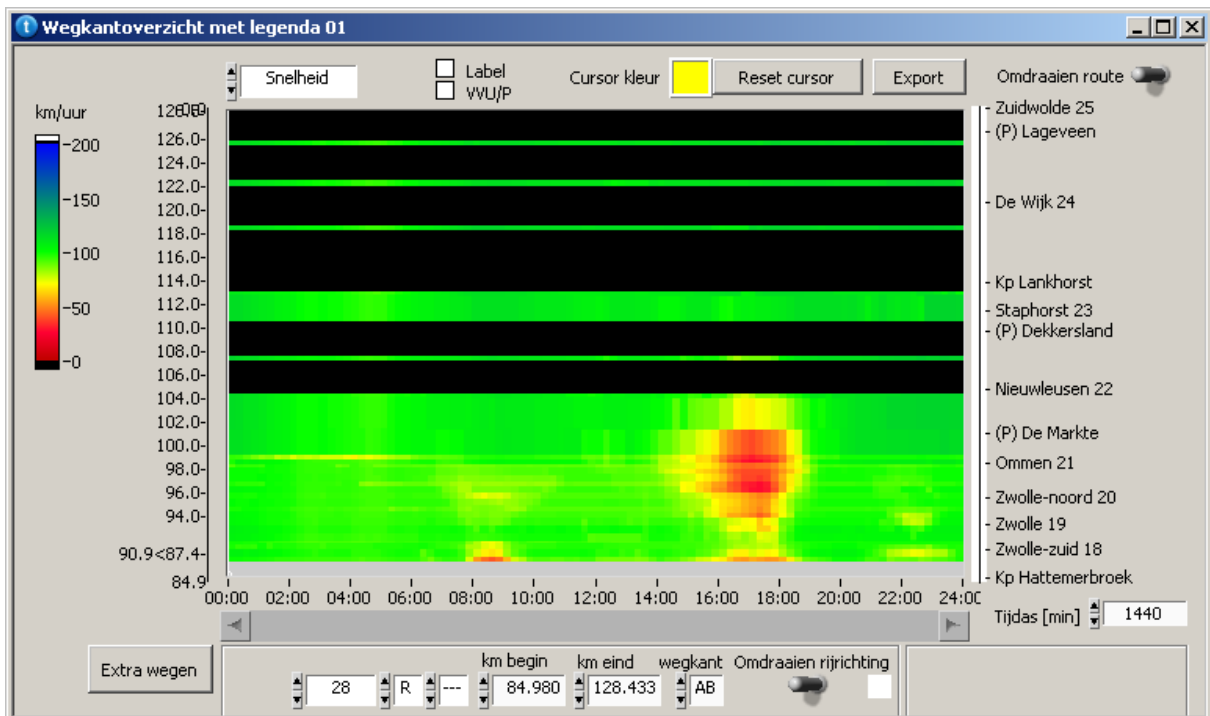
Locatie 210: A28R hm 108.0



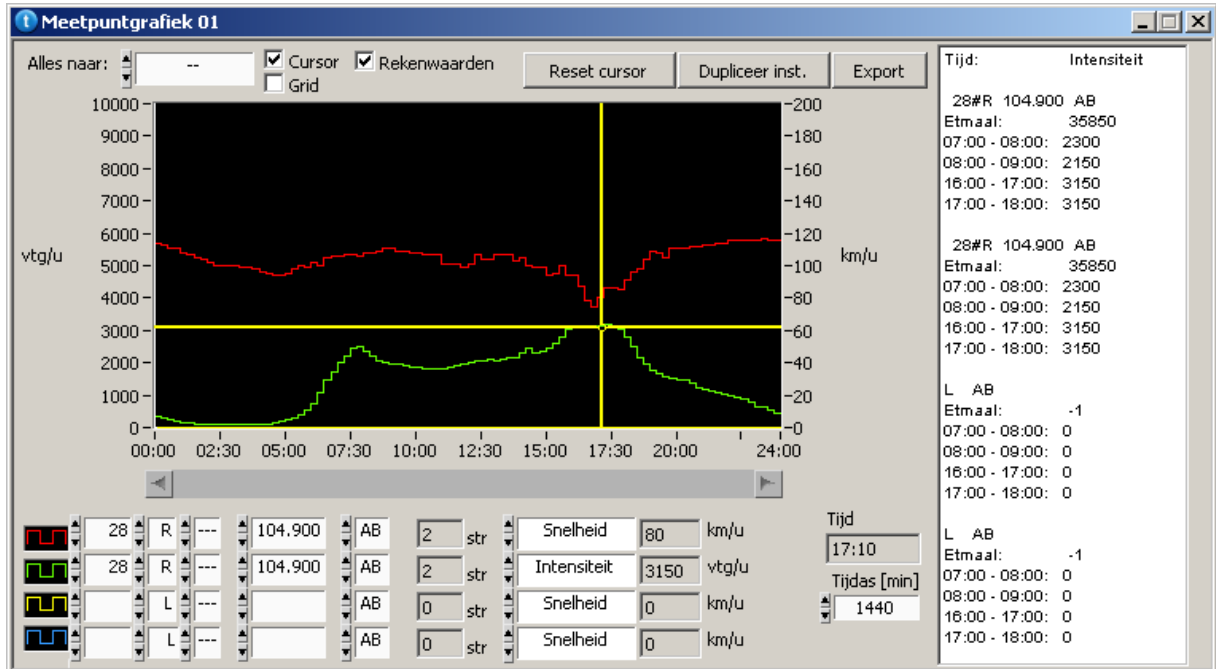
Toerit Ommen
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



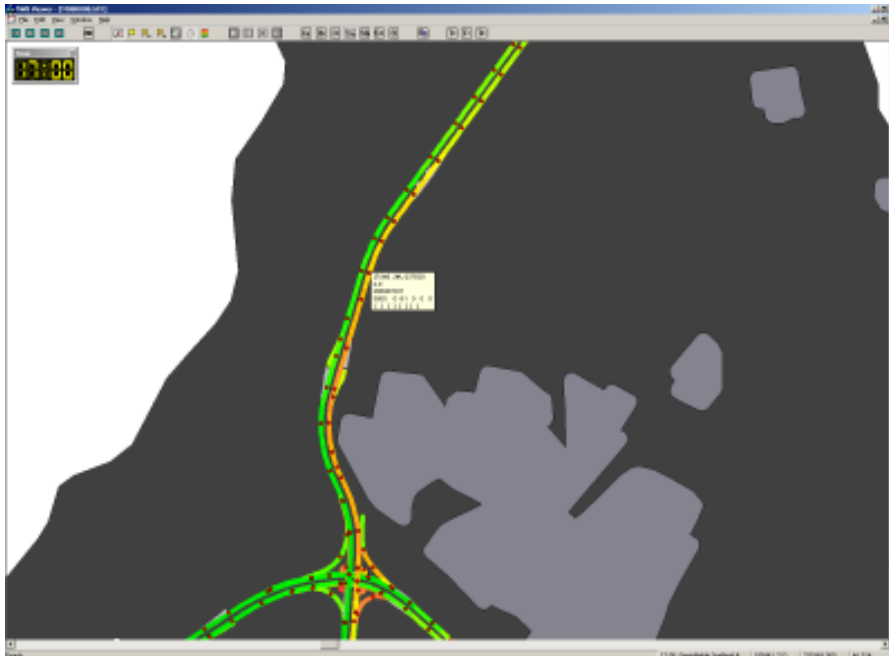
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



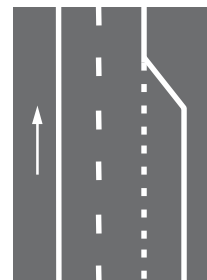
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

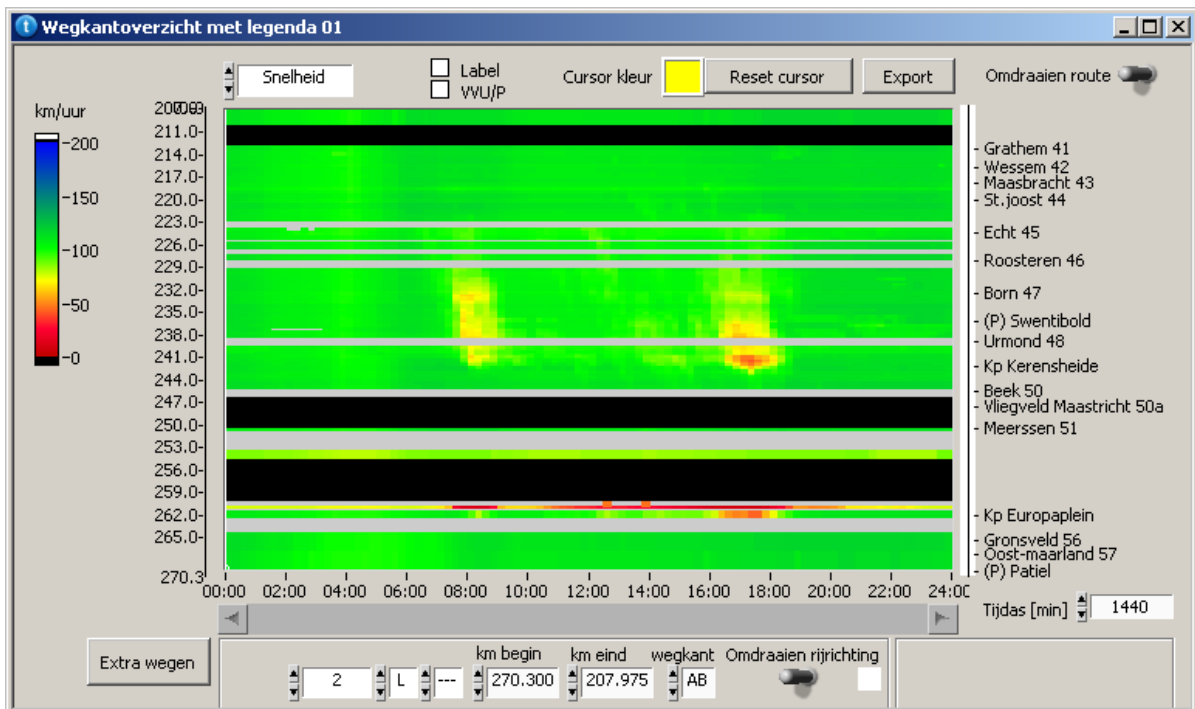
Locatie 219: A2L hm 233.0



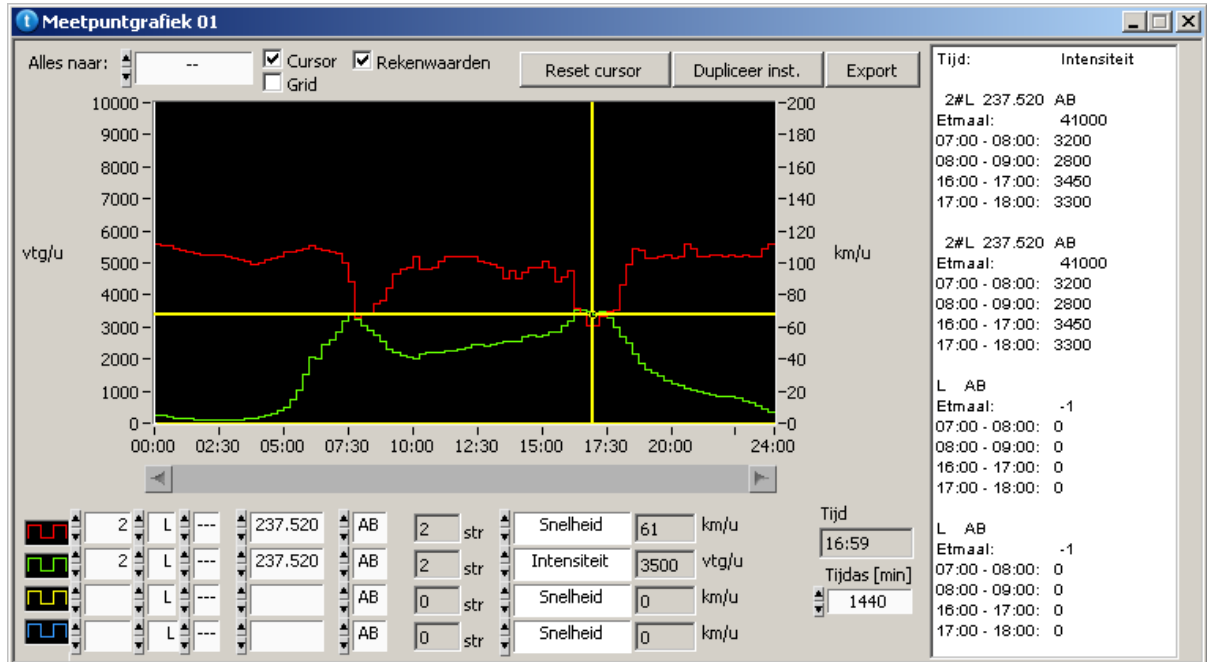
Toerit Urmond
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Geen stedelijke
 omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



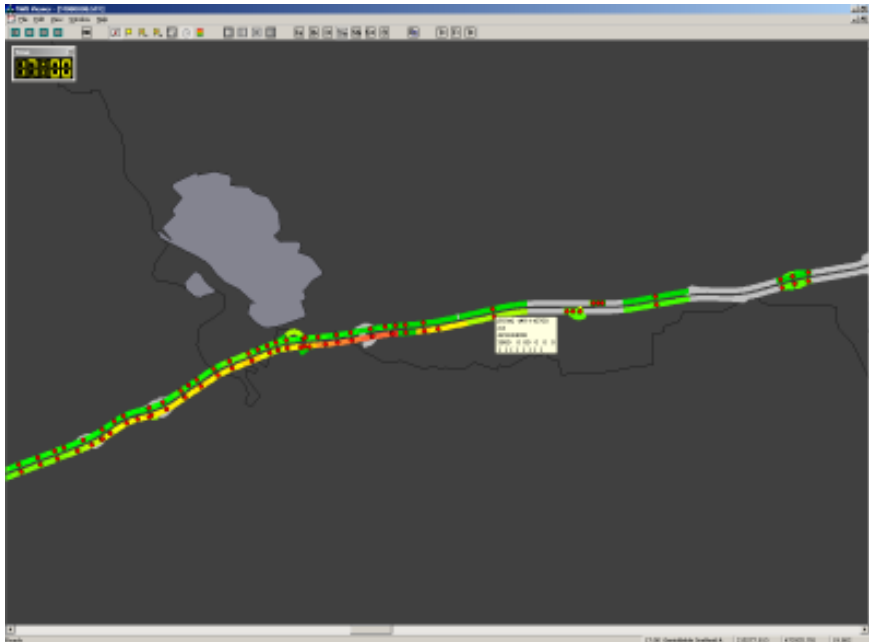
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



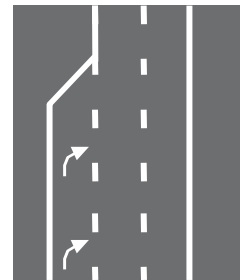
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

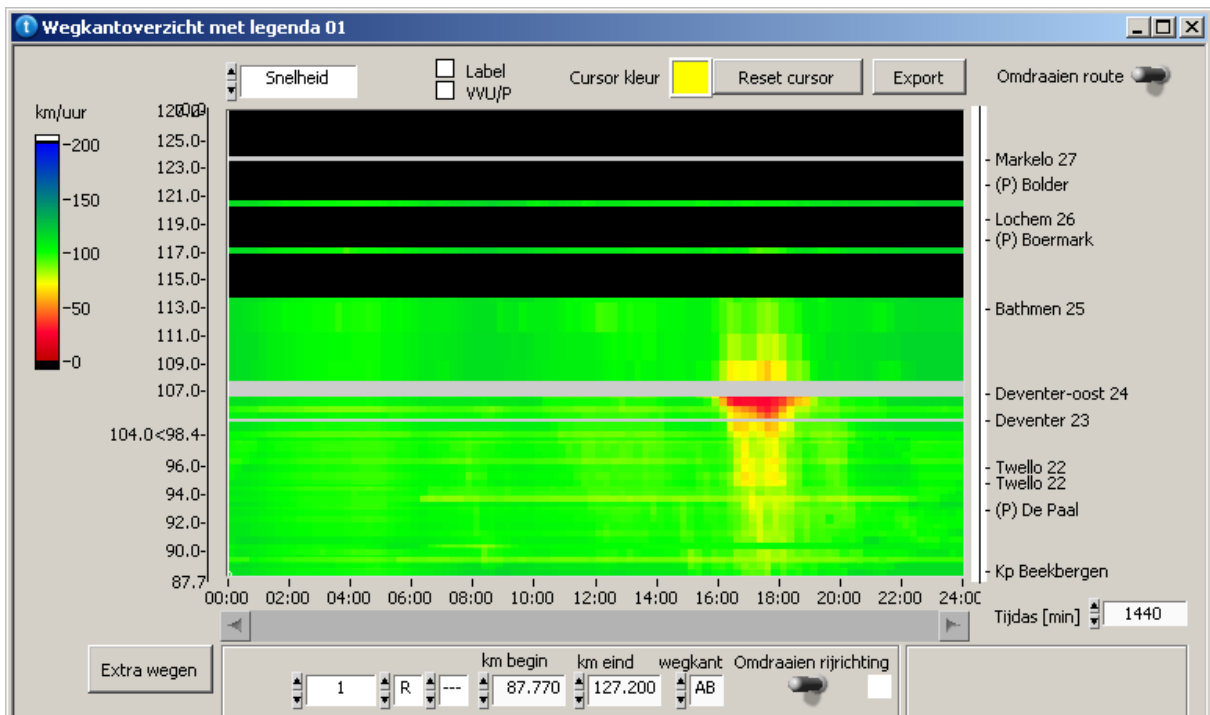
Locatie 238: A1R hm 110.0



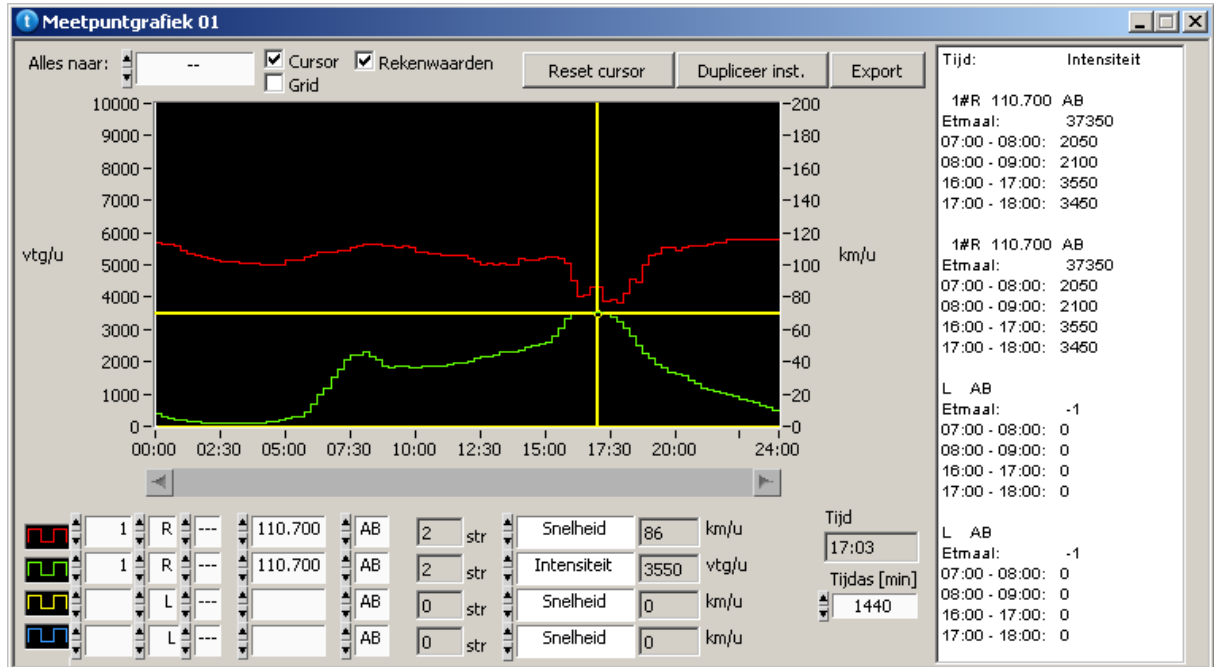
Einde spitsstrook
Deventer
Vormgeving: afvallende
linker rijstrook
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



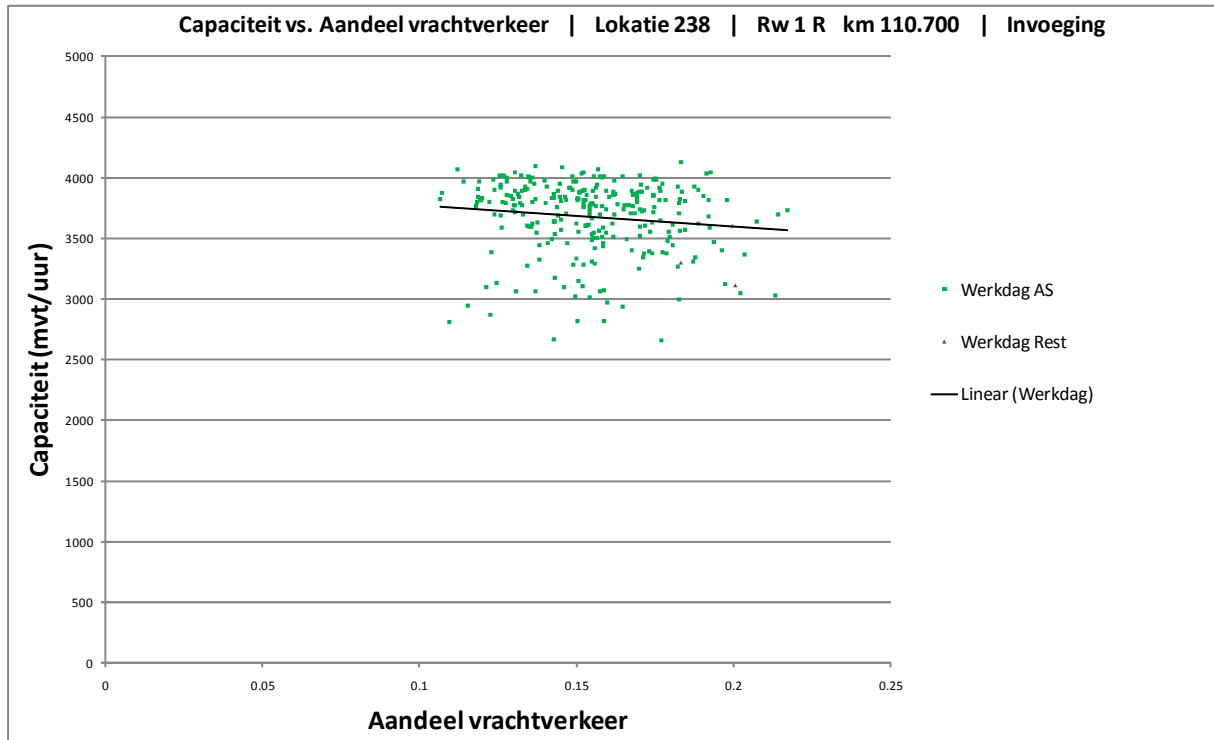
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



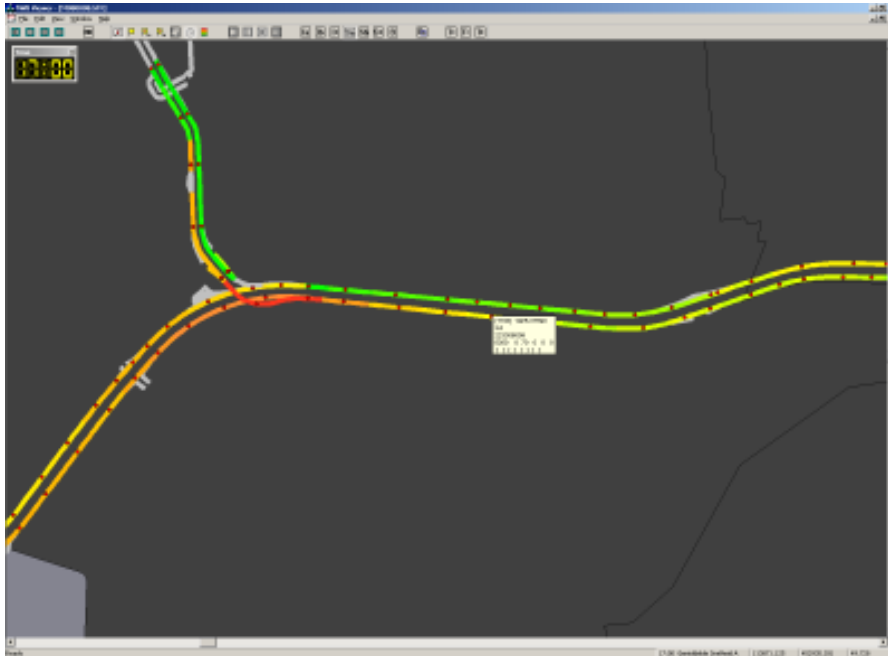
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



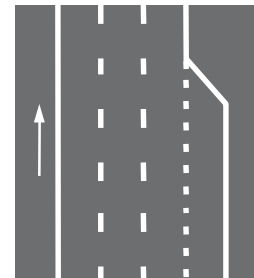
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



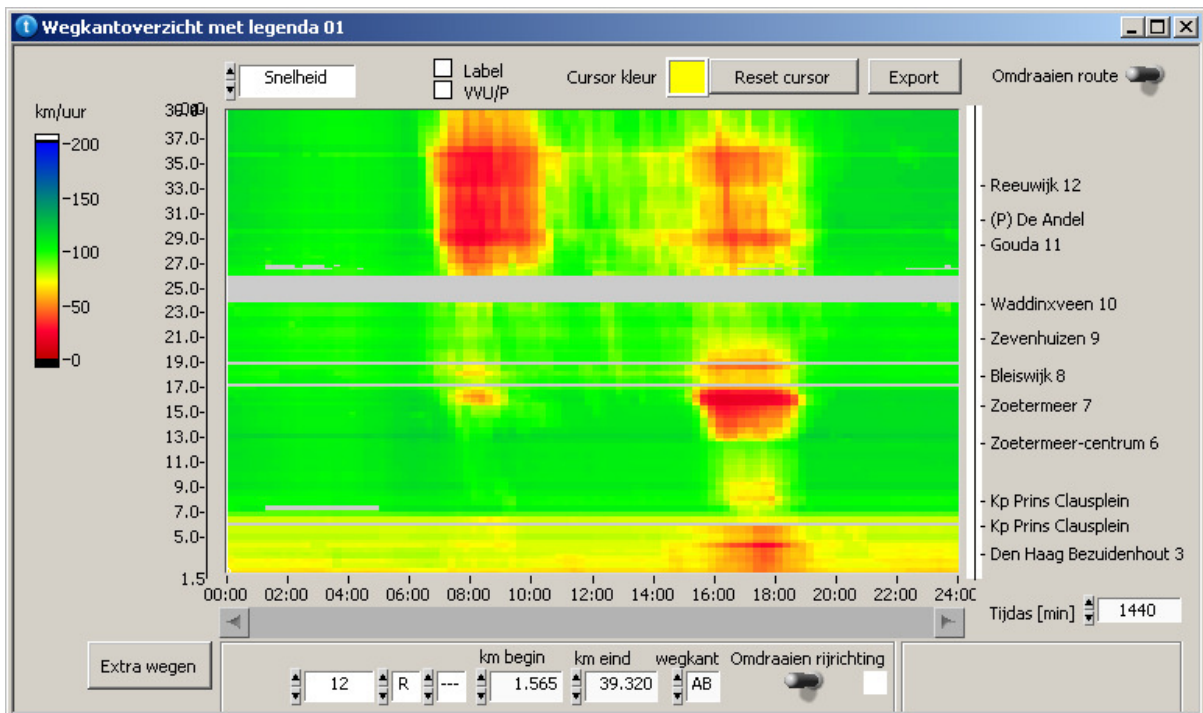
Locatie 124: A12R hm 36.0 - 42.0



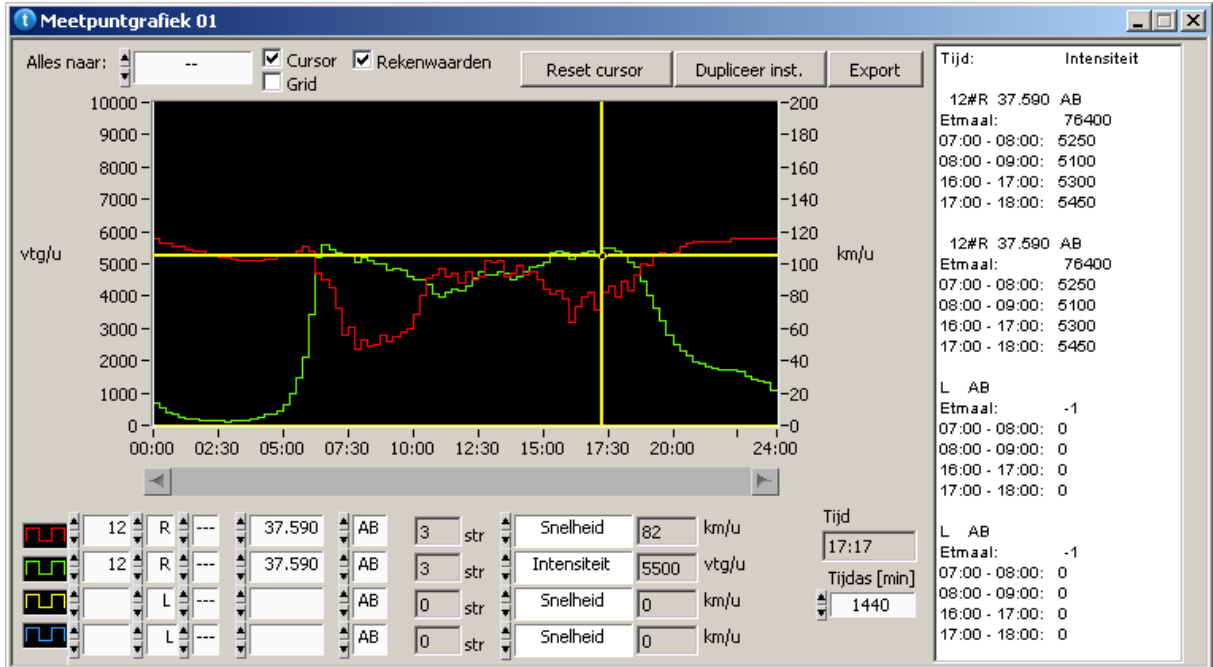
Aansluiting N11
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Geen stedelijke
omgeving



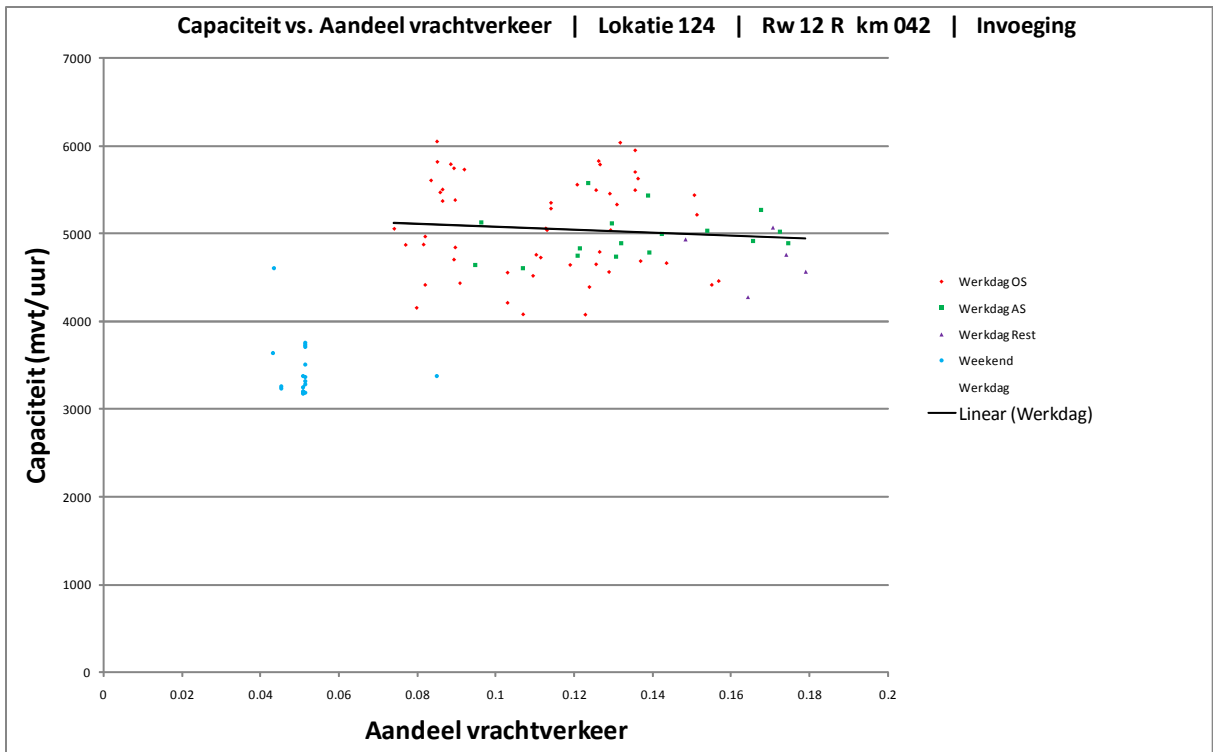
1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



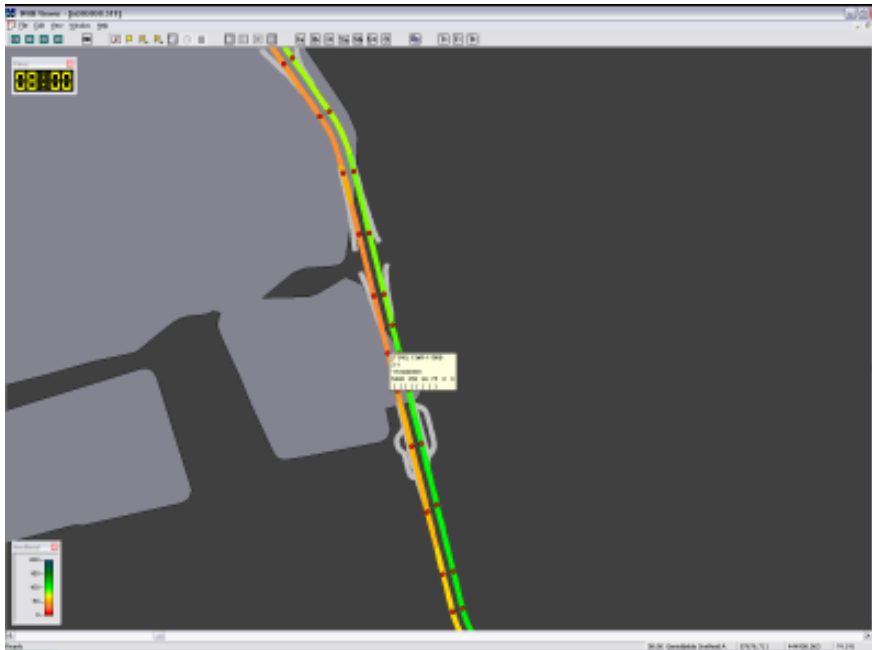
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer



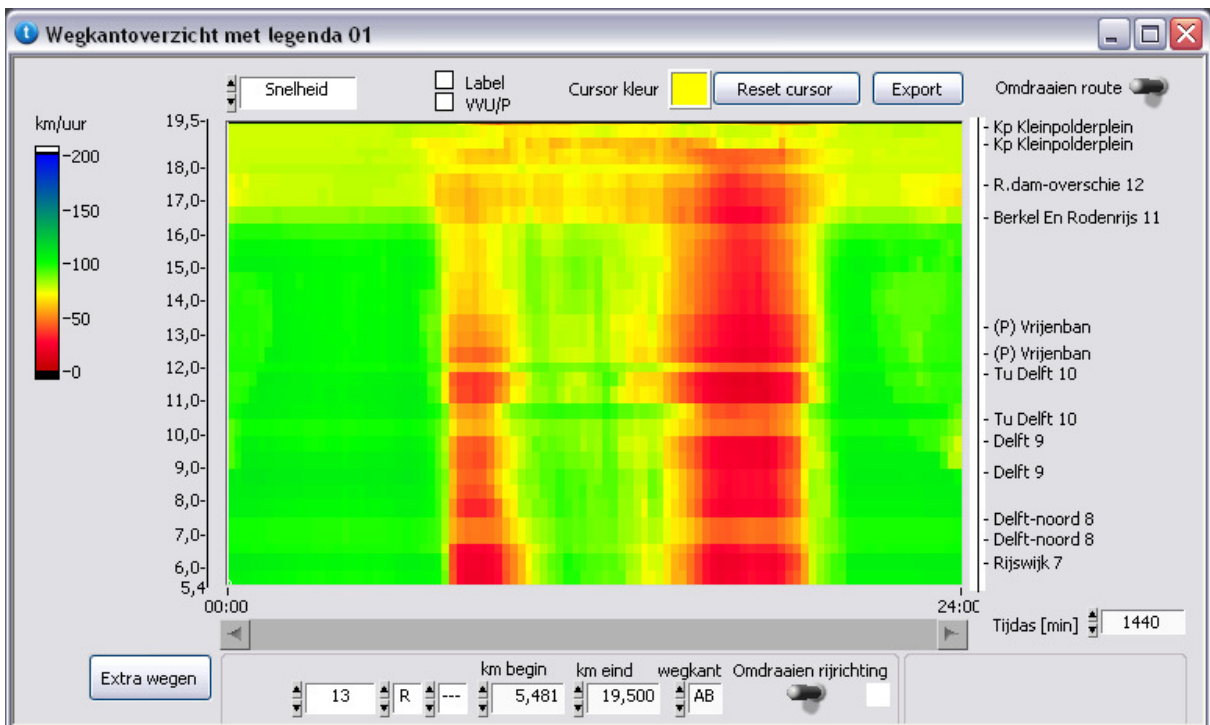
Locatie 128: A13R hm 12.0



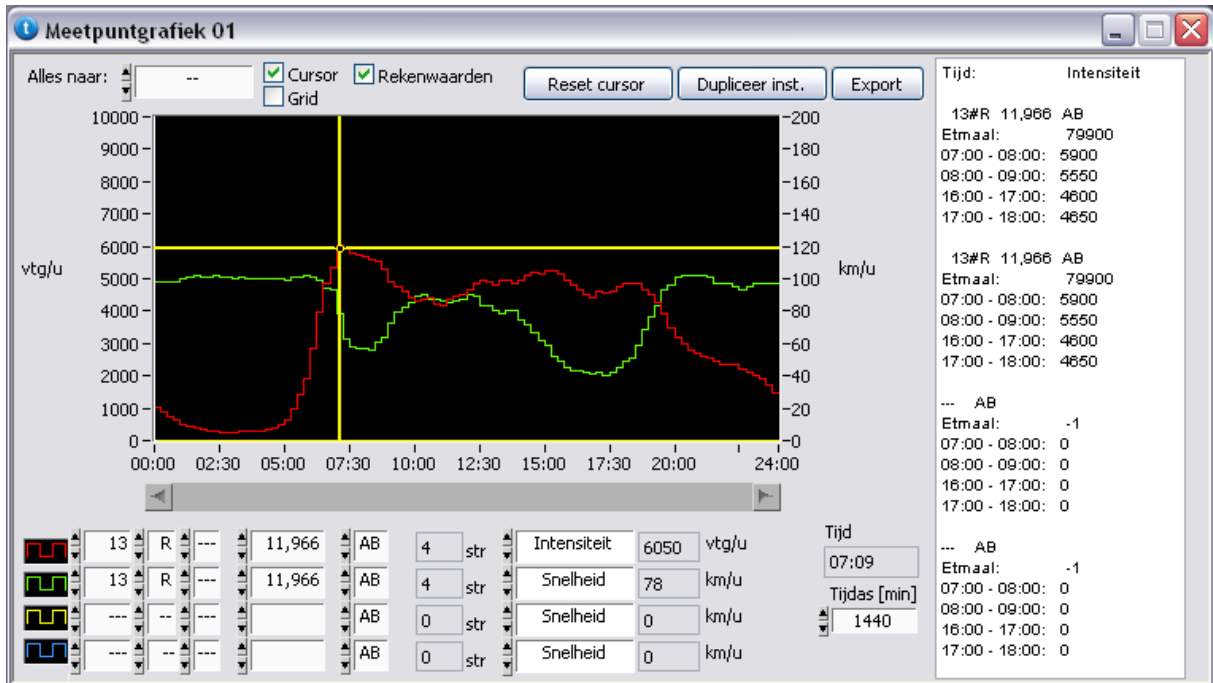
Toerit TU Delft
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



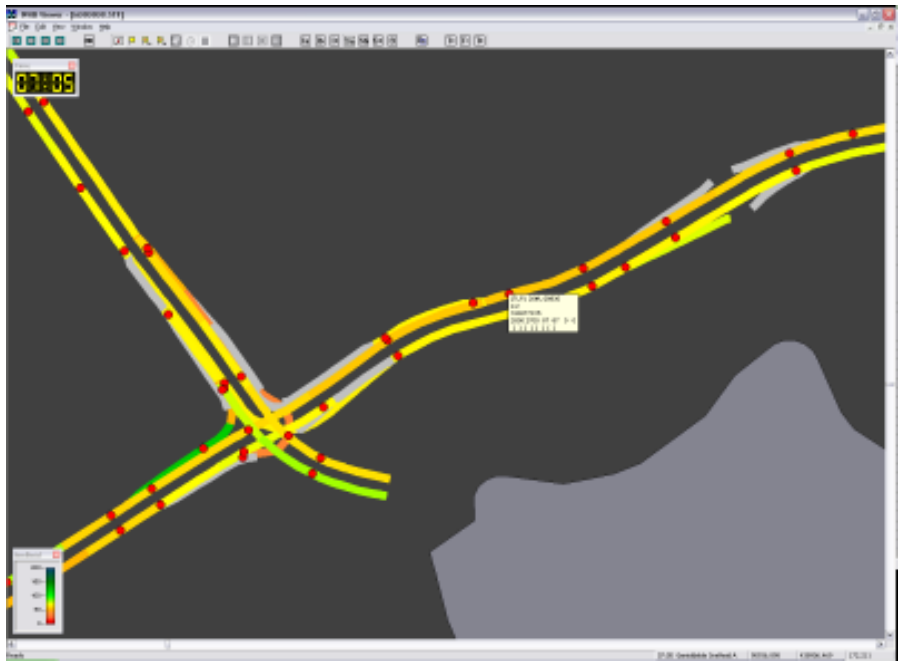
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



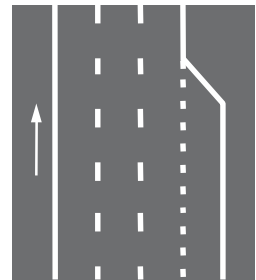
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

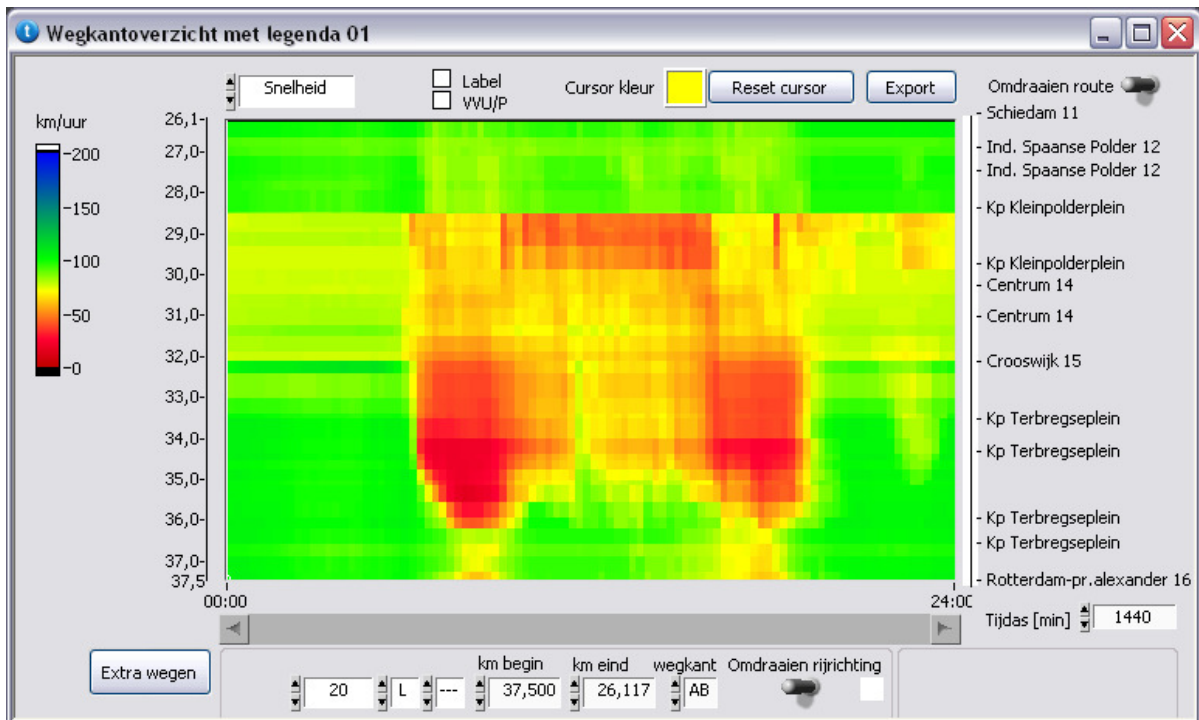
Locatie 129: A20L hm 32.0



Toerit Crooswijk
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



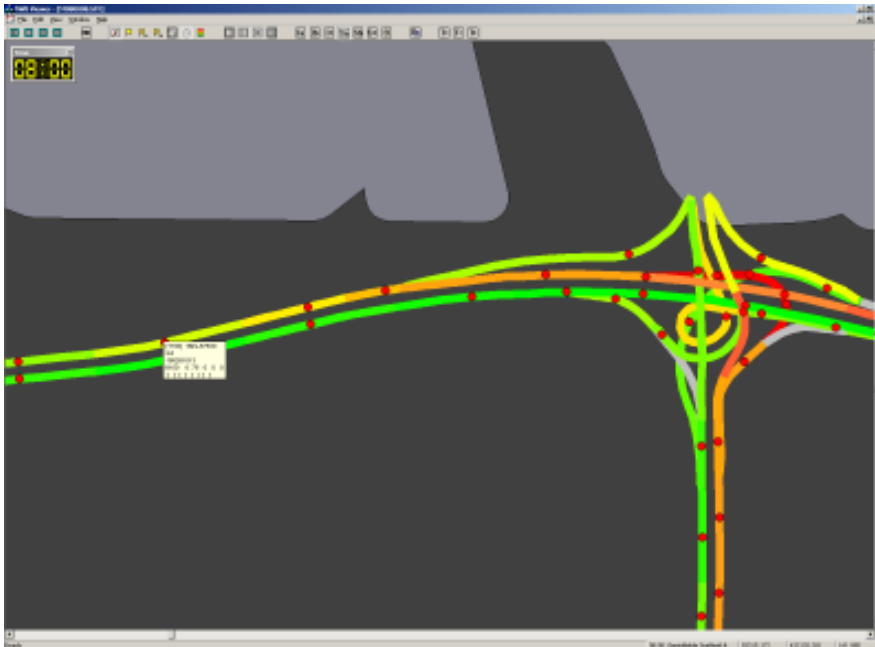
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



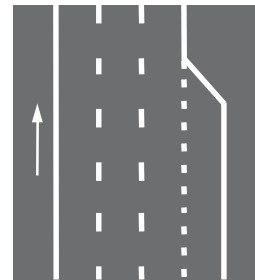
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

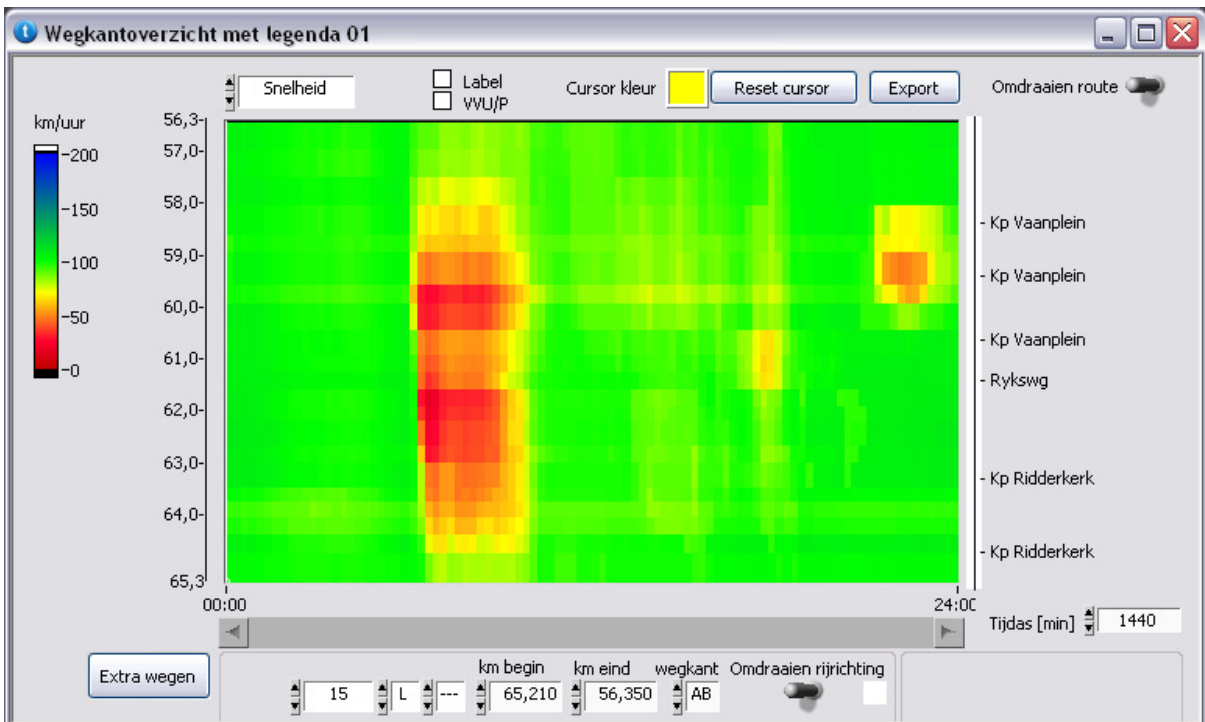
Locatie 130: A15L hm 59.0



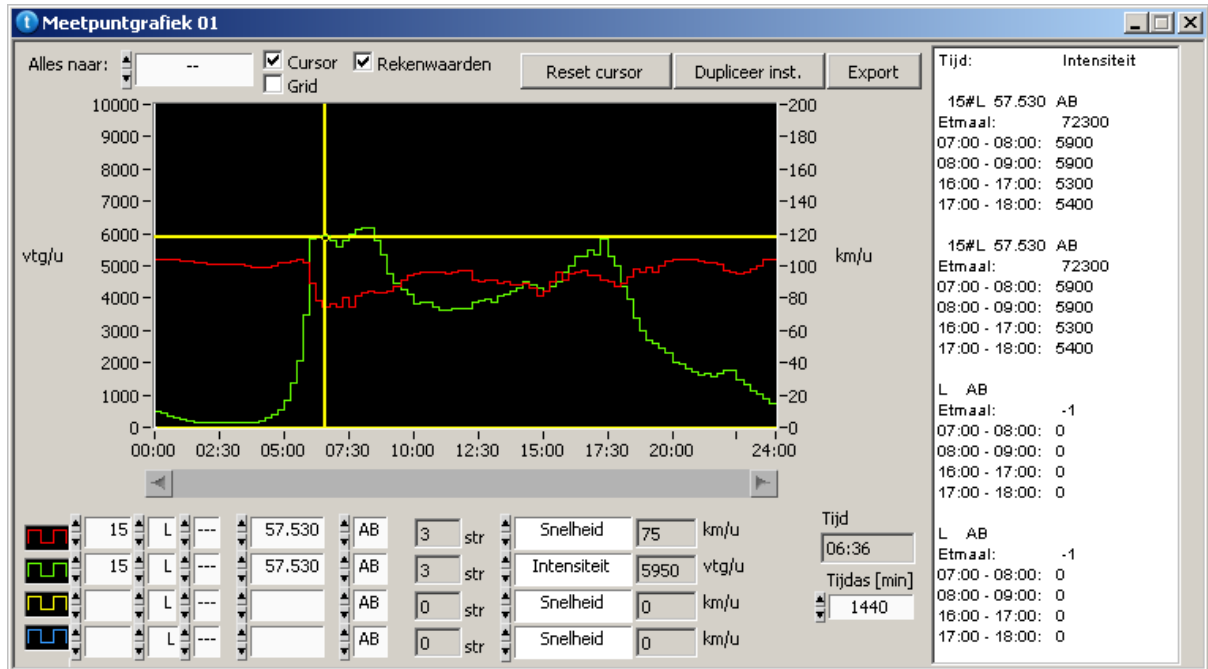
Aansluiting Vaanplein
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdaggemiddelde tweede helft 2008



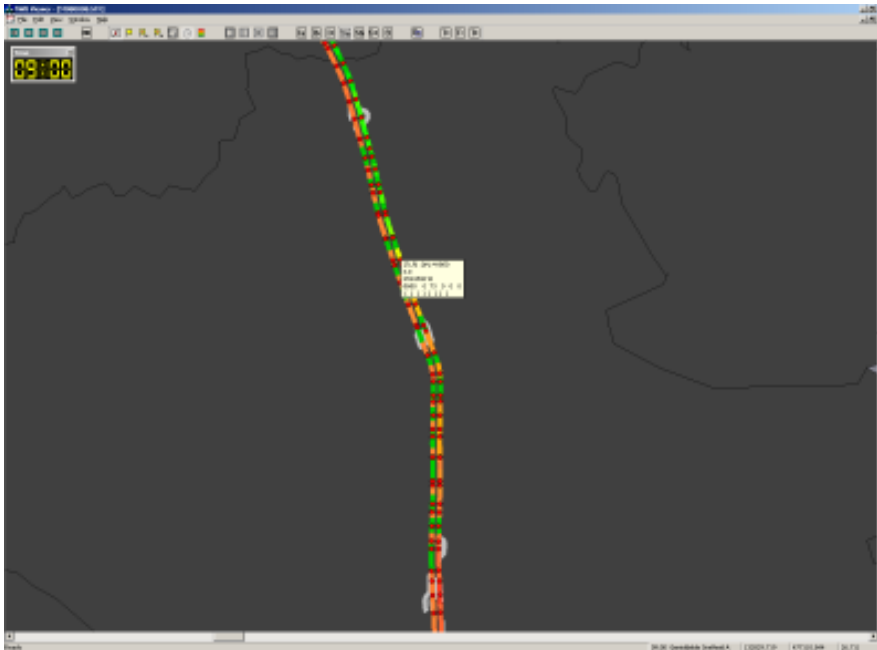
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



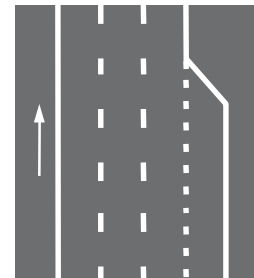
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

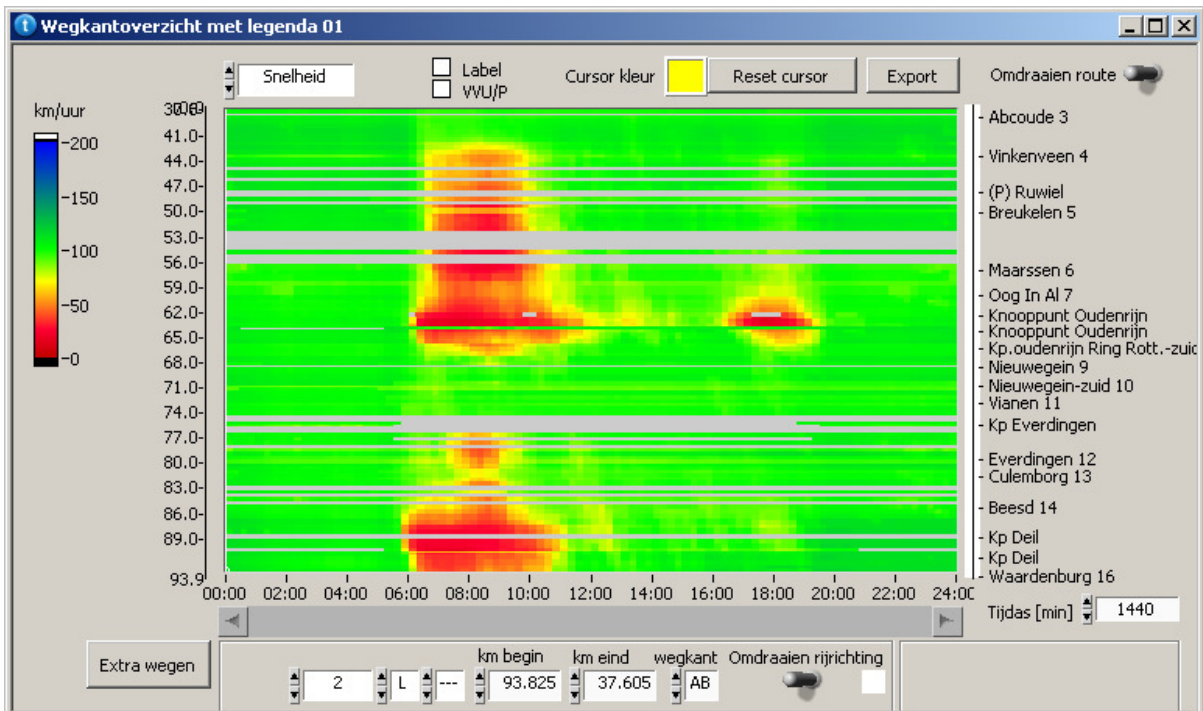
Locatie 225: A2L hm 44.0



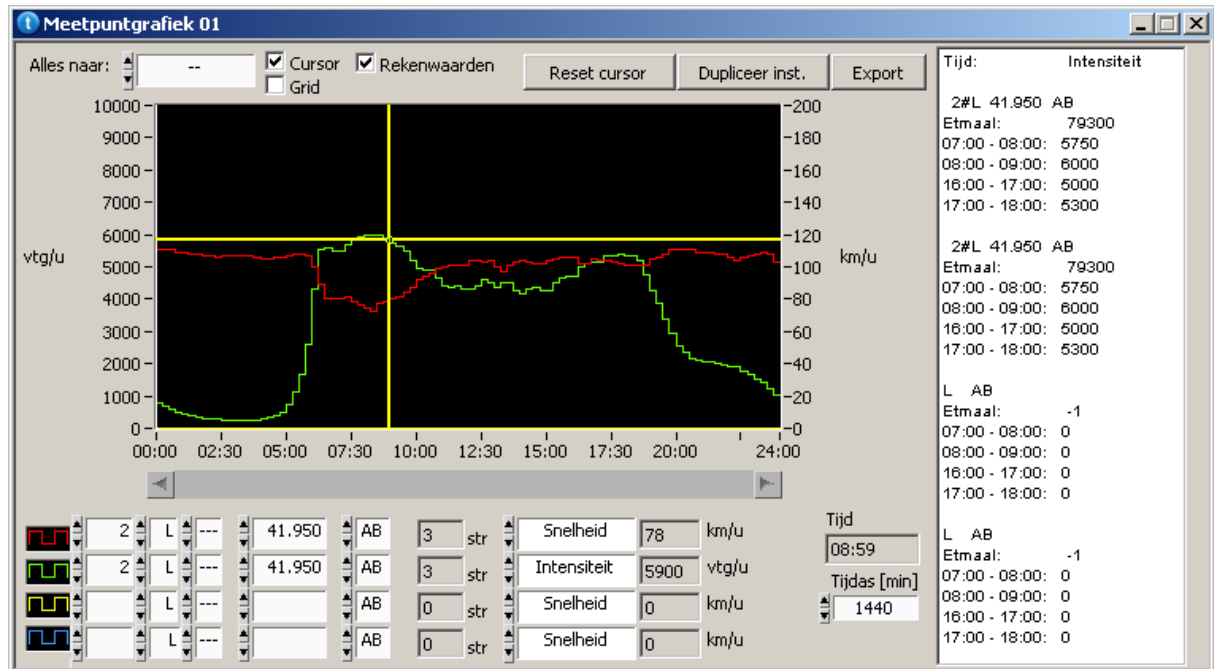
Toerit Vinkeveen
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Geen stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



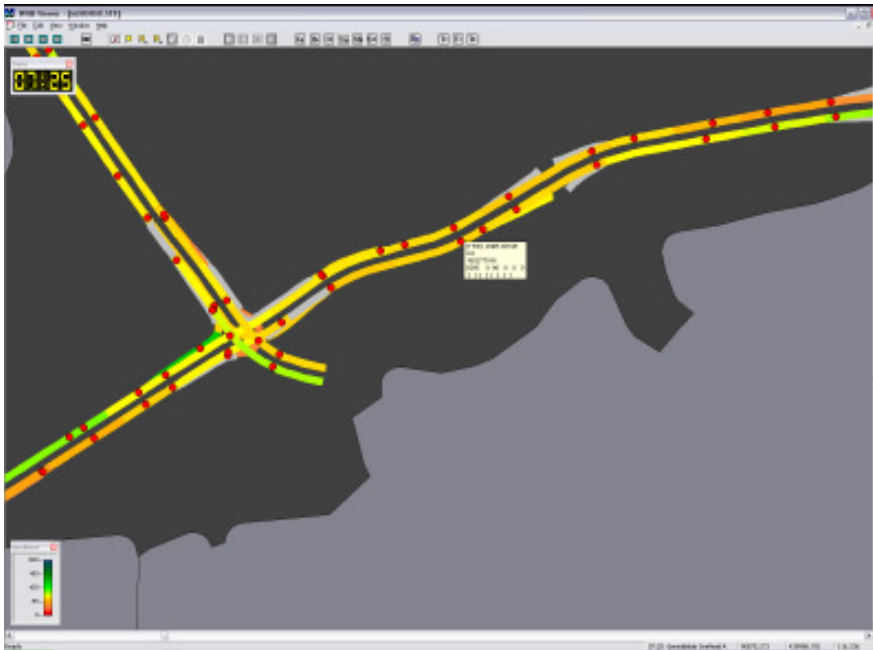
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



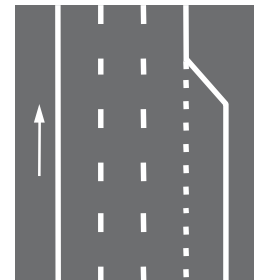
3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

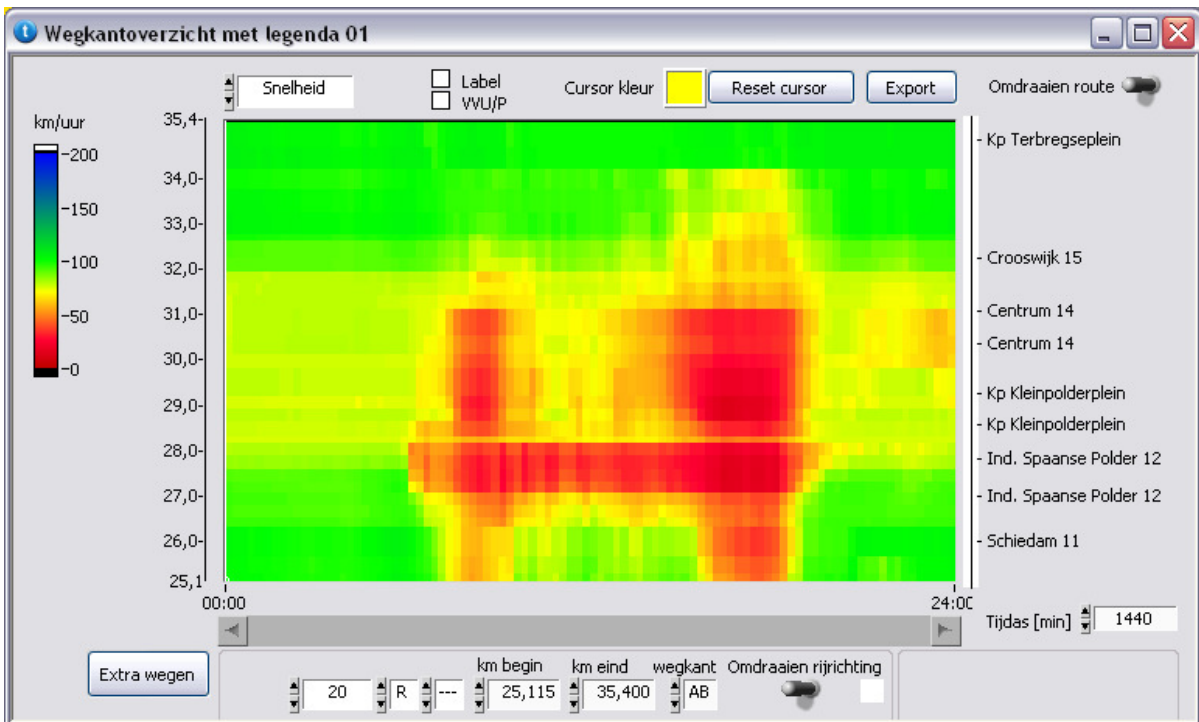
Locatie 229: A20R hm 30.0



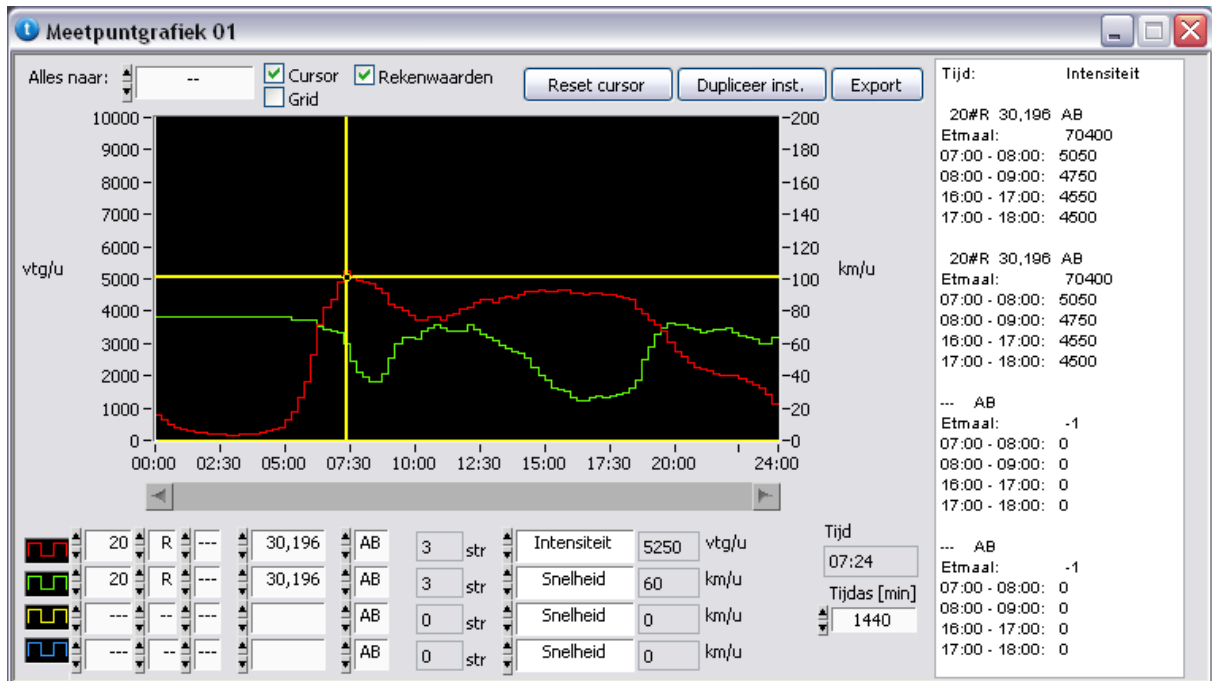
Weefvak
Kleinpolderplein tot
aansluiting Centrum
Vormgeving: invoeging
Geen helling
Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



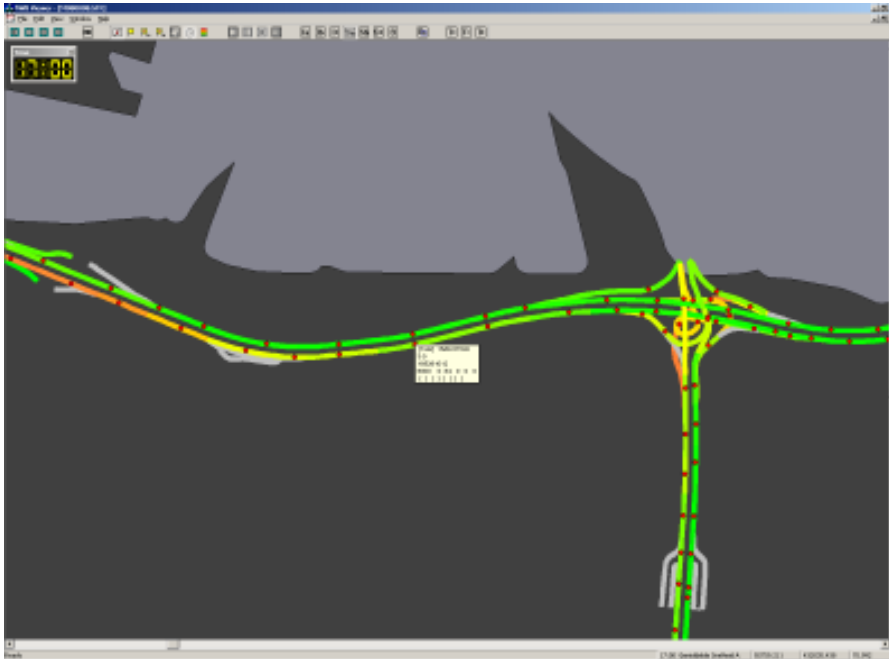
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

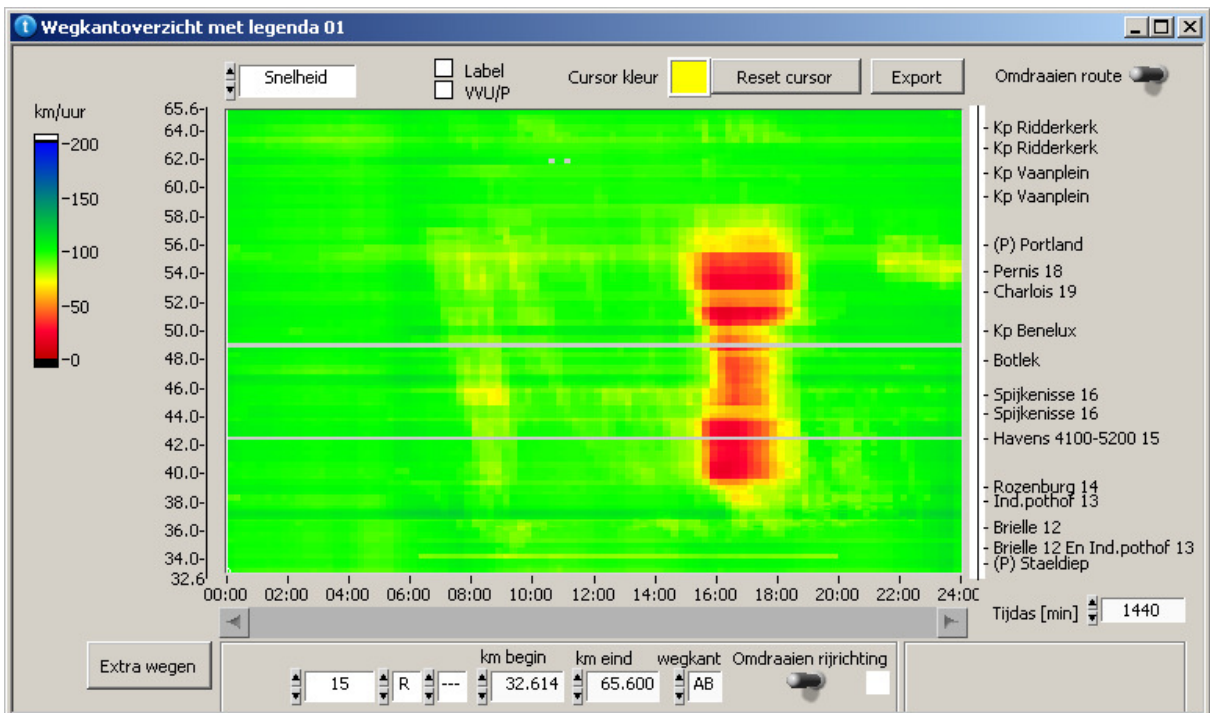
Locatie 236: A15R hm 57.0



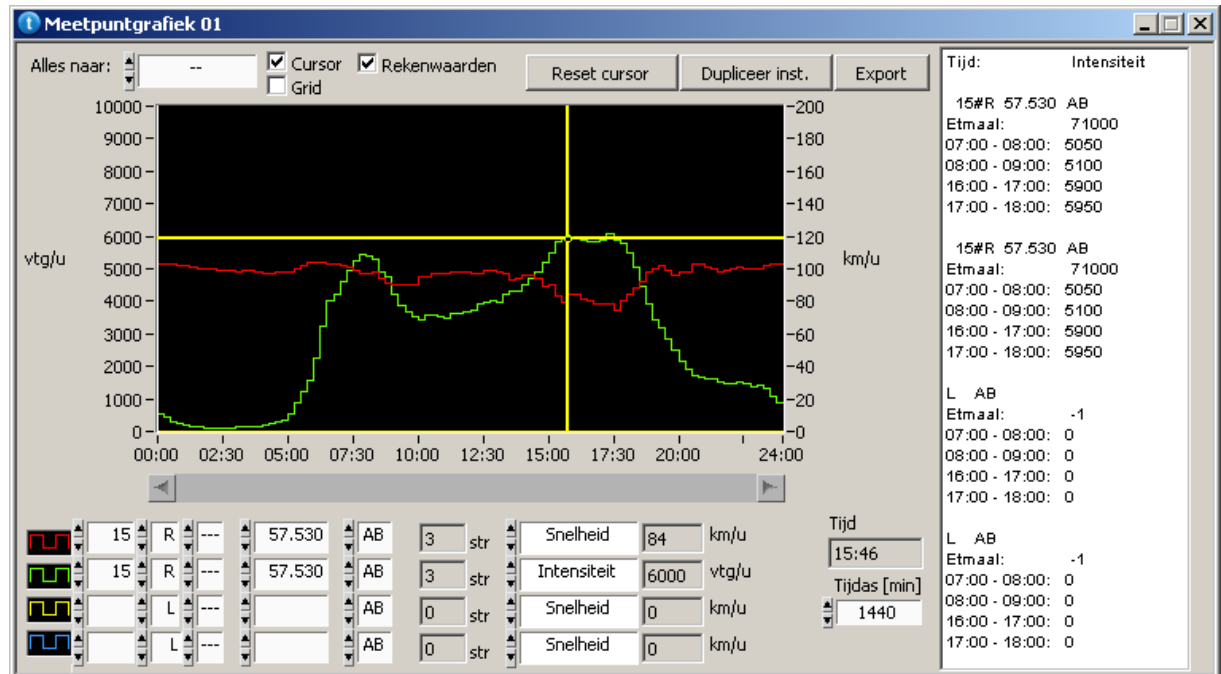
Toerit Charlois
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



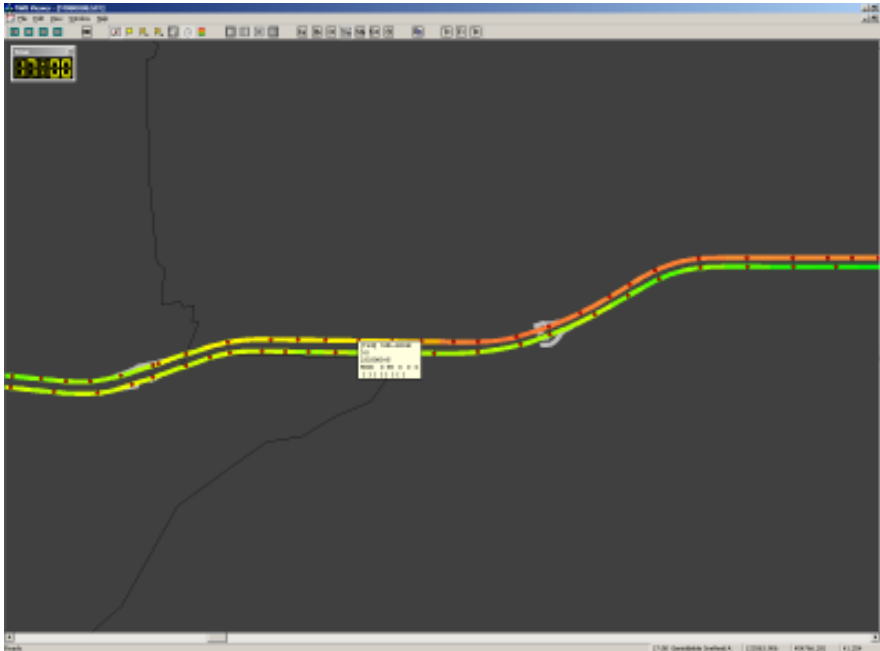
2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

nvt

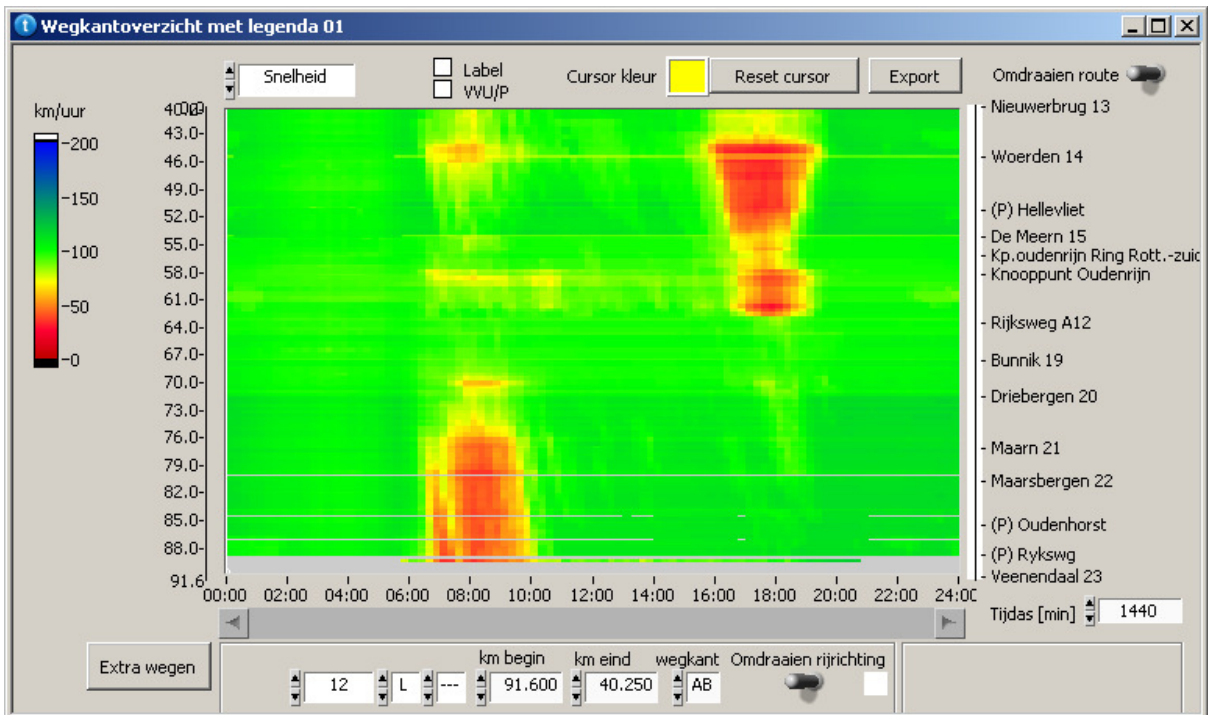
Locatie 240: A12L hm 43.0



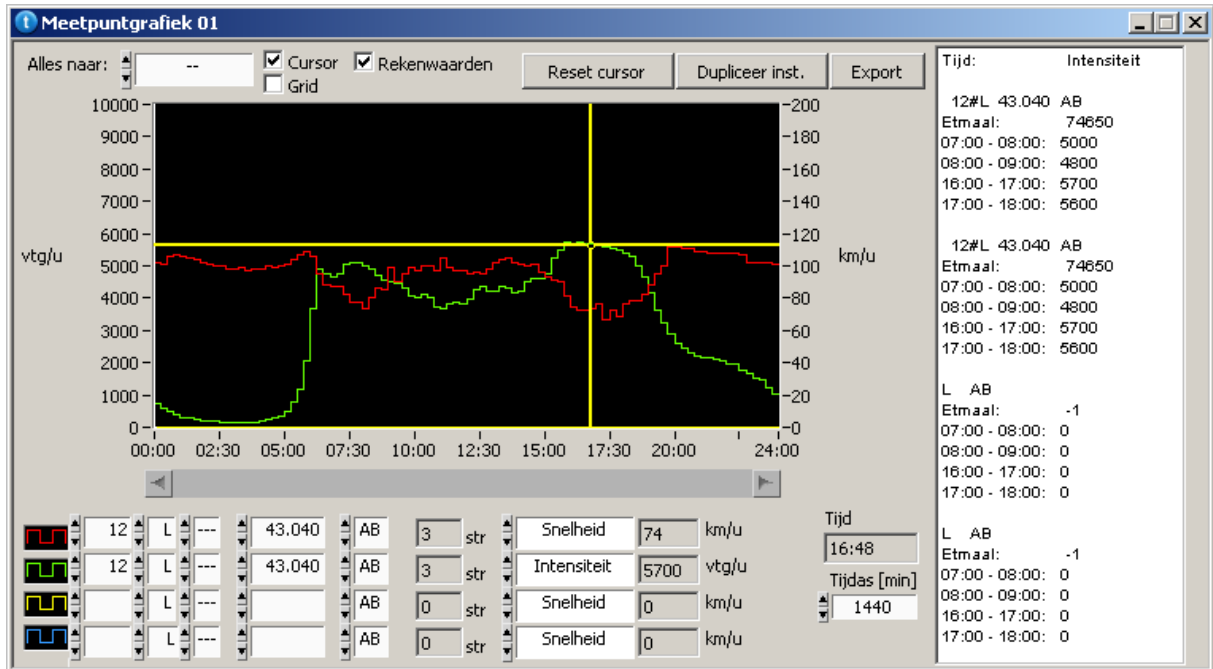
Afstreping nabij aansluiting Woerden
 Vormgeving: invoeging
 Geen helling
 Geen stedelijke omgeving



1. Filepatroon werkdag gemiddelde tweede helft 2008



2. Capaciteitsmeting op basis van werkdaggemiddelde intensiteit



3. Detailstudie capaciteit vs aandeel vrachtverkeer

