

# Proeflocatie golfbreker

*Onderzoek naar een geschikte proeflocatie voor een  
golfbreker in Oost-Nederland*

Onderzoek, uitgevoerd in opdracht van het  
projectteam *Fileproof* van de Dienst Verkeer en Scheepvaart

juli 2008

*Project:* *Proeflocatie golfbreker; Onderzoek naar een geschikte proeflocatie voor een golfbreker in Oost-Nederland*

*Opdrachtgever:* *Projectteam Fileproof van de Dienst Verkeer en Scheepvaart*

*Start project:* *mei 2008*  
*Eind project:* *juli 2008*

Projectleiding: H.H. Sinnema, Fileproof DVS  
L. Molenkamp, Fileproof DVS

Projectuitvoering: N. Kijk in de Vegte, Transpute  
J. van Toorenburg, Transpute

In samenwerking met: J. Noordhoff, Rijkswaterstaat Oost-Nederland

Rapportstatus: Concept

# Proeflocatie golfbreker

*Onderzoek naar een geschikte proeflocatie voor een golfbreker  
in Oost-Nederland*

Onderzoek, uitgevoerd in opdracht van het  
projectteam *Fileproof* van de Dienst Verkeer en Scheepvaart

juli 2008

## Inhoudsopgave

---

Hoofdstuk 1	Inleiding .....	1
Hoofdstuk 2	Verkenning naar geschikte locaties in Oost-Nederland .....	3
2.1	Criteria voor het golfbrekertraject .....	3
2.2	Trajectkeuze .....	5
2.3	Overige trajecten .....	7
Hoofdstuk 3	Analyse filegolven op A1 kp.Azelo – kp.Beekbergen .....	9
3.1	Aantal filegolven naar dag van de week en periode van het jaar .....	9
3.2	Ontstaan en uitdoven van de filegolven .....	10
3.3	Oorzaken .....	11
Hoofdstuk 4	Schatting van de benodigde golfbrekerlengte .....	12
4.1	Meetgegevens .....	12
4.2	Kiezen van een uitgangspunt: Welke filelengte moet kunnen worden opgevangen? .....	13
4.3	Hoe lang wordt de file wanneer deze in een golfbreker belandt? .....	14
4.4	Benodigde lengte golfbreker op verschillende locaties .....	17
Hoofdstuk 5	Locatiekeuze golfbreker .....	18
5.1	Overwegingen bij de locatiekeuze .....	18
5.2	Locatiekeuze: .....	19
Hoofdstuk 6	Kosten en baten van de golfbreker .....	21
6.1	Winst in voertuigverliesuren .....	21
6.2	Winst in voertuigverliesuren omgerekend naar euro's .....	23
6.3	Terugverdientijd aanleg golfbreker .....	24
Hoofdstuk 7	Conclusies en aanbevelingen .....	26
7.1	Trajectkeuze .....	26
7.2	Locatievoorstel .....	27
7.3	Terugverdientijd van de voorgestelde golfbreker .....	28
7.4	Aanbevelingen .....	28
Bijlage 1	Voorbeelden van niet geschikte trajecten .....	29
Bijlage 2	Filegolven vanaf Driebergen op de A12L .....	30

## Hoofdstuk 1 Inleiding

---

Filegolven vormen op autosnelwegen in Nederland een dagelijks en veelvoorkomend fenomeen. Het is onlangs beschreven in het rapport "Filegolven, lopende golven van fileverkeer op snelwegen"<sup>1</sup>. In dat rapport is de 'Golfbreker' voorgesteld als maatregel om dergelijke golven te onderbreken en te laten oplossen. De golfbreker bestaat uit een lokale wegverbreding die de lopende filegolf in een staande file transformeert. Omdat de uitstroom uit de golfbreker groter kan worden dan de instroom lost de in de golfbreker gevangen file na verloop van tijd ook op. Rijkswaterstaat is voornemens het idee van de golfbreker een keer in de praktijk te testen als een goed onderbouwd voorstel voor een proeflocatie kan worden voorgelegd.

Doel van dit onderzoek is om te komen tot een compleet voorstel voor een proeflocatie voor een golfbreker.

Het onderzoek heeft bestaan uit twee stappen.

1. Een snelle verkenning, uitgevoerd in overleg met Rijkswaterstaat Oost-Nederland, naar trajecten in het beheersgebied die in aanmerking kunnen komen voor aanleg van een golfbreker. Hierbij is gelet op de verkeers-afwikkelingssituatie op deze trajecten en op het probleemoplossend vermogen van een golfbreker op deze trajecten.
2. Uitwerken van een locatievoorstel voor een golfbreker. Daarbij is aandacht gegeven aan:
  - het verkeerskundige aspect
  - de met de maatregel te behalen verbetering voor het verkeer
  - een schetsontwerp voor de golfbreker (dimensionering, vormgeving)
  - het juridische aspect (zijn aan het schetsontwerp problemen met de regelgeving gemoeid en hoe kunnen deze worden ondervangen).Ook deze stap is uitgevoerd in overleg met Rijkswaterstaat Oost-Nederland.

---

<sup>1</sup> Filegolven, lopende golven van fileverkeer op autosnelwegen: beschrijving van het verschijnsel en voorstel voor een remedie. Transpute, i.o.v. Rijkswaterstaat DVS, maart 2008.

*Leeswijzer*

Hoofdstuk 2 beschrijft de verkenning naar mogelijke locaties. Daarbij is uitgekomen op traject A1L kp.Azelo – kp.Beekbergen als voorkeurslocatie. Dit traject wordt nader bekeken in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt op de grootte van de benodigde golfbreker ingegaan. In hoofdstuk 5 wordt de meest gunstige locatie voor de golfbreker op het gekozen traject beargumenteerd. Hoofdstuk 6 gaat in op de verkeerskundige winst die men van de golfbreker op deze plaats mag verwachten, afgezien van het veiligheidseffect. Hoofdstuk 7 sluit af met de conclusies van het onderzoek en de aanbevelingen die vanuit de bevindingen van het onderzoek kunnen worden gedaan.

## Hoofdstuk 2 Verkenning naar geschikte locaties in Oost-Nederland

---

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de eerste stap uit het onderzoek: de verkenning van mogelijke locaties in Oost-Nederland. Om te beginnen zijn een aantal criteria opgesteld waar de filegolftrajecten aan moeten voldoen om in aanmerking te komen voor aanleg van een golfbreker. Deze worden in de eerste paragraaf toegelicht. In de tweede paragraaf wordt de trajectkeuze voor de golfbreker op basis van de opgestelde criteria toegelicht. In de hiernavolgende hoofdstukken wordt ingegaan op het bepalen van de specifieke locatie voor de golfbreker op het gekozen traject.

### 2.1 Criteria voor het golfbrekertraject

Bij het bepalen van de geschiktheid van trajecten voor een golfbreker is uitgegaan van de volgende criteria:

#### *Verkeerskundige criteria*

1. frequentie van filegolven: minder dan twee per uur;
2. lengte waarover de filegolf loopt: meer dan circa 20 km;
3. oorzaak van de filegolven: bij voorkeur 'spontaan', d.w.z. door een uitschieter in verkeersdrukte, kleine verstoringen, e.d.;
4. bij knelpunt stroomafwaarts: voldoende afstand tot staart file en voldoende uitwisseling van verkeer tussen de golfbreker en de filestaart van het stroomafwaarts gelegen knelpunt;
5. (veel) uitwisseling van verkeer op het traject waarover de filegolf loopt.

#### *Locatie-specifieke criteria*

6. lengte tussen de aansluitingen waar de golfbreker kan worden aangelegd: minimaal 3 à 4 km;
7. voldoende ruimte in het dwarsprofiel: een (eventueel smalle) rijstrook moet met niet teveel moeite realiseerbaar zijn;

#### 2.1.1 Toelichting op de criteria:

1. Uit het in de inleiding genoemde onderzoek naar filegolven is gebleken dat een filegolf, wanneer deze in de golfbreker belandt,

enige tijd nodig heeft om op te lossen. Deze tijd kan oplopen tot 30 à 45 minuten<sup>2</sup>.

Als de file in de golfbreker nog niet is opgelost terwijl de volgende filegolf zich al aandient, dan zal de opvangcapaciteit van de golfbreker te klein zijn en zal de filegolf door de golfbreker heen lopen. Uitgaande van een oplostijd van circa 30 minuten, betekent dit dat als filegolven vaker dan twee keer per uur ontstaan, de golfbreker frequent zal overlopen en dat dus de effectiviteit zal afnemen.

2. De golfbreker moet op zekere afstand van het knelpunt komen en daarna moet er nog wel een deel van het filegolf-looptraject over zijn om af te breken om winst te kunnen behalen. Een uitzondering zou kunnen zijn een traject tussen twee knooppunten (voorkomen van terugslag door het knooppunt).
3. Is de oorzaak van de filegolven ‘spontaan’, dus door een klein incident of uitschieter in de intensiteit, dan is dit zeer geschikt om op te vangen in een golfbreker. Zijn de filegolven uitlopers van een knelpuntfile, dan gaat de effectiviteit omlaag omdat de winst die de golfbreker maakt door het afbreken van de filegolf, bij het knelpunt weer (deels) verloren gaat omdat daar nu het verkeer, dat anders door de filegolf zou zijn vertraagd, weer eerder aankomt.
4. Deze eis is een vervolg op de vorige: als een golfbreker ervoor zorgt dat een stroomafwaarts gelegen knelpunt het verkeer direct toegeleverd krijgt i.p.v. eerst vertraagd te zijn geweest in een filegolf, dan is, als er onderweg geen uitwisseling van verkeer is geweest en er al die tijd file voor het knelpunt heeft gestaan, het netto effect dat dezelfde voertuigen op een andere plaats op het knelpunt wachten (in het ene geval een stuk van de wachttijd in de filegolf, in het andere geval alle wachttijd voor het knelpunt). Het netto effect van de golfbreker op de voertuigverliesuren is dan nul. Als de filegolven inderdaad worden veroorzaakt door een knelpunt stroomafwaarts, dan ontstaat winst alleen door a) de tijdvertraging: de filegolf moet eerst de golfbreker bereiken en daarna moet het verkeer daaruit weer los komen, in de tussentijd kan de file bij het knelpunt opgelost zijn, en b)

---

<sup>2</sup> Verkeerskundig is dit als volgt te verklaren: stel een file is 3 km lang. Uit diverse onderzoeken is bekend dat de kop van de file oplost met circa 18 km/u. Als er geen voertuigen in de file aansluiten dan zijn er 10 min ( $3 \text{ km} / 18 \text{ km/u}$ ) nodig om de file te laten oplossen. Als de instroom van de file 2000 vtg/u bedraagt en de uitstroom is 4000 vtg/u, dan duurt het twee keer zo lang (20 min.) voordat de file is opgelost. Stel de instroom is 3000 vtg/u en de uitstroom 4000 vtg/u, dan duurt het vier keer zo lang (40 min.) om de file op te lossen.



door uitwisseling van verkeer: verkeer dat tussentijds de weg verlaat belast het knelpunt niet. Zonder specifiek te worden is gedacht aan circa 10 km als minimum afstand tussen filegolven veroorzakend knelpunt en golfbreker, en uitwisseling van minimaal ongeveer 30%.

5. Aangezien de uitstroom uit de golfbreker groter is dan de uitstroom uit een filegolf, bestaat de kans (wederom in het geval dat de oorzaak van de filegolven een stroomafwaarts gelegen knelpunt is) dat het aantal filegolven toeneemt. Het is daarom, zoals vermeld, gunstig voor het effect van de golfbreker als er tussen de golfbreker en de ontstaanslocatie een of meerdere aansluitingen zijn waarbij er veel uitwisseling is van verkeer. Maar ook een hoge uitwisseling *stroomopwaarts* van de golfbreker is positief voor het resultaat, want al het verkeer dat de autosnelweg verlaat zonder in de file te hebben gestaan die nu is opgevangen door de golfbreker en anders in de filegolf terecht zou zijn gekomen, levert winst in voertuigverliesuren op.
6. Een golfbreker heeft een zekere lengte nodig om te voorkomen dat de filegolf na de golfbreker verder loopt. In het genoemde onderzoek is geschat dat bij een filelengte van 3 km de golfbreker ongeveer 2,5 km moet zijn inclusief in- en uitloop. Er is vanuit bestuurlijk (wettelijk) oogpunt grote voorkeur om een golfbreker in te passen tussen twee aansluitingen en dan ook enige afstand tussen de aansluitingen en de golfbreker te houden. Dit omdat een complete verbreding tussen twee aansluitingen als wegverbreding wordt beschouwd en de aanleg dan MER-plichtig wordt<sup>3</sup>. Houdt men met deze eis rekening, dan zal er tussen de aansluitingen minimaal 3 à 4 km weglengte aanwezig moeten zijn voor het aanleggen van een golfbreker.
7. Aan het dwarsprofiel moet een (smalle) extra rijstrook kunnen worden toegevoegd, bij voorkeur aan de linkerkant, zodat het vrachtverkeer niet naar links van rijstrook hoeft te wisselen bij het uitrijden uit de golfbreker.

## 2.2 Trajectkeuze

Alle wegen in het beheergebied van de dienst Oost-Nederland zijn getoetst aan de genoemde criteria. Hiervoor zijn allereerst drie weken in

---

<sup>3</sup> Het gaat hier dus om een niet-verkeerskundig argument, en de beperking moet dan ook niet als een uitgangspunt voor goed ontwerp worden gezien. Het is een onder de vigerende bestuurlijke spelregels pragmatische conditie.

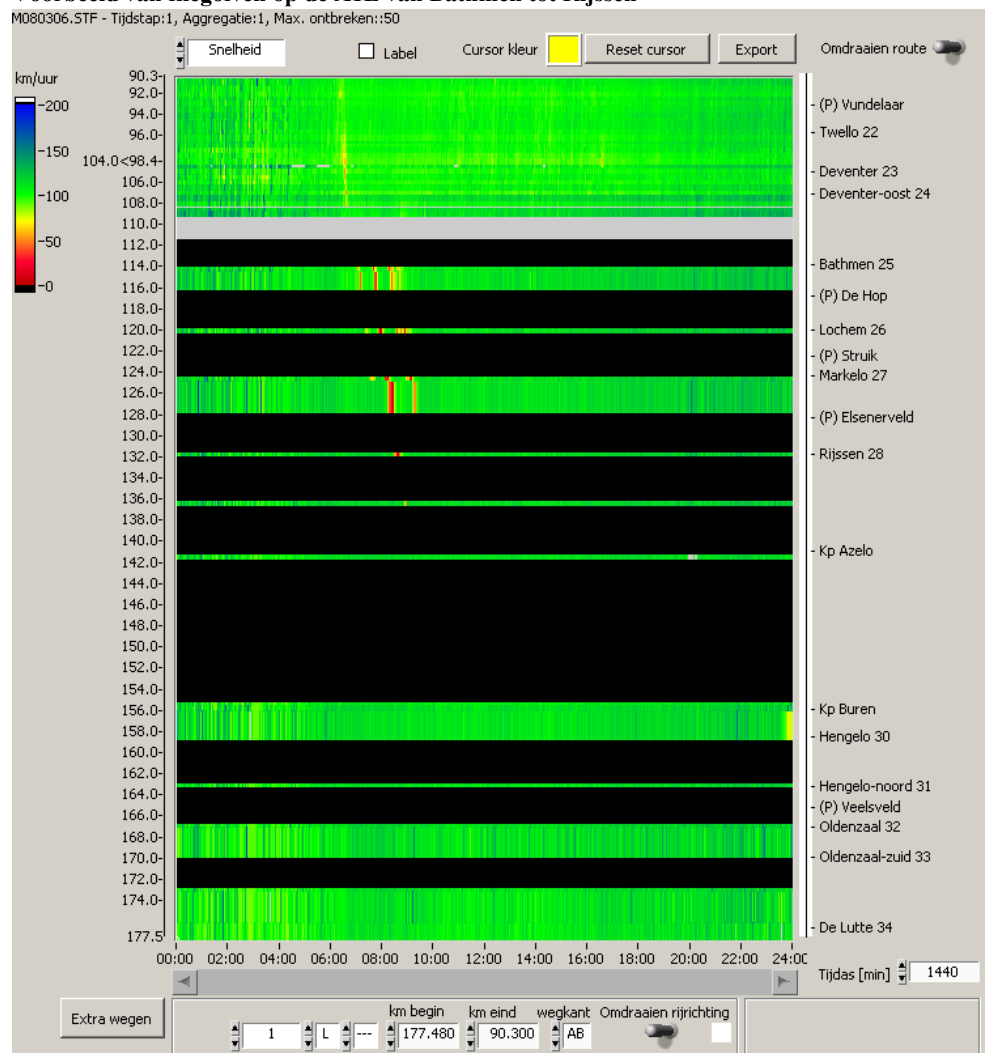
maart (3 t/m 21 maart 2008) geanalyseerd met behulp van de Viewer. Vervolgens is gekeken of de in aanmerking komende trajecten aan de locatie-specifieke eisen voldoen.

*Op basis van deze analyse is geconcludeerd dat een golfbreker op het traject A1 kp.Azelo – Bathmen het meest kansrijk is.*

### 2.2.1 Toelichting op de trajectkeuze

De figuur op de volgende pagina geeft een representatief voorbeeld van een dag met filegolven op de A1L tussen Bathmen en Rijssen.

#### Voorbeeld van filegolven op de A1L van Bathmen tot Rijssen



*Verkeerskundige eisen:*

De filegolven op dit traject ontstaan ter hoogte van Bathmen en worden veroorzaakt door verkeersdrukte.

De filegolven komen vrijwel dagelijks voor, niet vaker dan twee keer per uur en hebben vaak een lengte van meer dan 20 km (dat is voorbij aansluiting Rijssen; de lengte is niet volledig af te lezen vanwege de grote tussenafstand van de meetlussen). Op enkele dagen is waargenomen dat de filegolf tot aan kp.Azelo kwam.

Het eerste stroomafwaarts gelegen knelpunt is het kp.BEEKBERGEN. De filestaart van dat knelpunt ligt circa 15-20 km stroomafwaarts van Bathmen en daartussen liggen twee aansluitingen, waar voldoende uitwisseling van verkeer is.

Op het traject waarover de filegolf doorgaans loopt liggen de aansluitingen Lochem, Markelo en Rijssen. De intensiteiten op de afritten Lochem en Rijssen zijn relatief groot: ongeveer 250 vtg/u in de drukste ochtendspitsuren (circa 13% van de hoofdrijbaan). Bij Lochem komt er vervolgens ongeveer evenveel verkeer bij via de toerit, dus ook circa 250 vtg/u, bij Rijssen komt er twee keer zoveel verkeer bij als er af gaat (ca. 500 vtg/u). Bij Markelo is er weinig uitwisseling, er komt voornamelijk verkeer bij (150 vtg/u eraf, 450 vtg/u erbij).

*Locatie-specifieke eisen:*

De afstand tussen de aansluitingen bedraagt voor het traject Bathmen – Lochem circa 6 km, Lochem – Markelo circa 4 km en voor Markelo - Rijssen ongeveer 8 km.

De A1 tussen kp.Azelo en kp.BEEKBERGEN is al voorbereid op 2x3 rijstroken, hetgeen betekent dat langs het gehele traject een brede middenberm ligt waar een strook bij geasfalteerd kan worden.

### **2.3 Overige trajecten**

Behalve de A1 zijn ook de andere wegen in het beheersgebied van Oost-Nederland beschouwd. Daarvan waren de meeste trajecten al op basis van de eerste twee criteria minder aantrekkelijk: te veel of geen filegolven of een te korte lengte van het traject. In bijlage 1 zijn hiervan een voorbeelden opgenomen.

Een traject dat wel in aanmerking zou kunnen komen voor een golfbreker is: A12L Oosterbeek – Wageningen. Dit traject is echter als te complex beschouwd voor een pilotproject: het is grootschalig (intensiteiten liggen ca. 25% hoger dan op de A1, bij hetzelfde aantal rijstroken) en er zijn veel verweven knelpunten.

De filegolven op dit traject ontstaan meestal al stroomafwaarts op de A12 tussen Maarsbergen en Driebergen en lopen door tot voorbij kp.Maanderbroek, wat op zichzelf ook een (licht) structureel knelpunt

vormt. Aangekomen bij Wageningen hebben deze golven dan al meer dan 30 km afgelegd.

Het zou daarom meer voor de hand liggen om de golfbreker op het traject kp.Maanderbroek – Maarsbergen (beheergebied Utrecht) aan te leggen.

Echter, om de volgende reden is dit traject als minder geschikt beoordeeld voor een *pilot*project: aansluiting Driebergen is een beginnend structureel knelpunt, waaruit soms lange filegolven voortkomen. Waarschijnlijk zijn de filegolven er de oorzaak van dat dit (nog) geen structureel knelpunt is (zie figuur in bijlage 2).

Vóór deze locatie pleit dat regelmatig filegolven na kp.Maanderbroek (of soms als uitloper van knelpunt Maanderbroek) doorlopen tot Arnhem (circa 20 km). Van de 14 onderzochte dagen kwam dit op 6 dagen voor. Op die dagen was een golfbreker waarschijnlijk nuttig geweest, ook al waren de filegolven misschien uitlopers van kp.Maanderbroek, omdat hiermee kp.Grijsoord vrij was gebleven van file.

## Hoofdstuk 3 Analyse filegolven op A1 kp.Azelo – kp.Beekbergen

---

In de eerste verkenning zijn enkele meetdagen bekeken, waaruit de keuze voor het uitwerken van een proeflocatie op het traject A1L kp.Azelo – Bathmen is gevolgd. Om voor dit traject een beter overzicht te krijgen van het aantal filegolven, waar ze ontstaan en uitdoven enz., is over de periode september 2007 – mei 2008 nader bekeken hoe de filegolven zich gedragen. Van elke maand in deze periode is een willekeurige week gekozen en hiervan zijn de werkdagen geselecteerd. Ook zijn een aantal vakantiedagen nagelopen. In totaal zijn er 47 dagen geanalyseerd. Dit is gedaan door met de Viewer tijd-wegdiagrammen van de snelheid op te stellen (analoog aan het voorbeeld uit § 2.2).

In dit hoofdstuk worden de resultaten van deze analyse gepresenteerd. Onderzocht zijn: het aantal filegolven naar dag van de week en periode van het jaar, locatie van ontstaan en uitdoven van de filegolven en de oorzaak van de filegolven.

### 3.1 Aantal filegolven naar dag van de week en periode van het jaar

Uit de analyse naar dag van de week is gebleken dat filegolven op de onderzochte vrijdagen niet voorkomen. Aangezien de vrijdagochtendspits doorgaans zeer rustig is, valt aan te nemen dat dit voor alle vrijdagen zal gelden. De woensdagochtenden zijn vaak ook wat rustiger dan de maandag-, dinsdag- en donderdagochtend. Op de onderzochte woensdagen waren er dan ook beduidend minder filegolven dan op de maandagen, dinsdagen en donderdagen. Gemiddeld kwam er in de onderzochte periode één filegolf per dag voor. In onderstaande tabel is dit uitgewerkt

**Tabel 3.1: filegolven naar dag van de week**

<i>Dag van de week</i>	<i>Aantal dagen</i>	<i>Aantal filegolven</i>
maandag	9	13
dinsdag	9	14
woensdag	10	6
donderdag	10	14
vrijdag	9	0
<i>Totaal</i>	<i>47</i>	<i>47</i>

Uit de analyse is verder gebleken dat in de maanden januari en februari weinig filegolven voorkomen. Dit is in overeenstemming met het

landelijke beeld dat deze maanden vrij rustig zijn voor wat betreft aantal voertuigverliesuren.

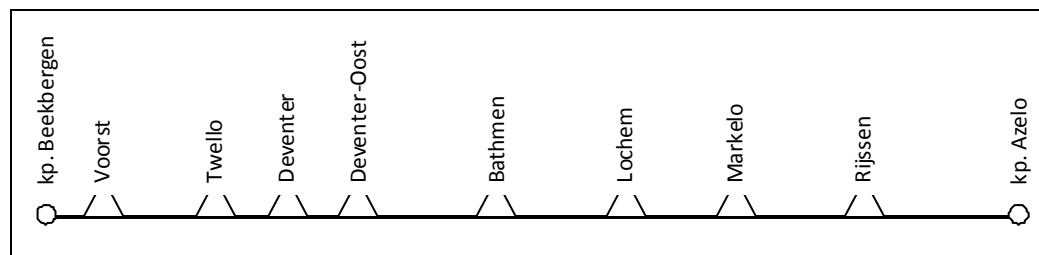
In de periode september 2007 – december 2007 waren er minder filegolven dan in de maanden maart, april en mei 2008. Waren er in het najaar van 2007 nog maximaal een à twee filegolven per dag, in het voorjaar 2008 kwam het ook voor dat op één dag drie of vier filegolven ontstonden. Landelijk gezien is het aantal voertuigverliesuren in voor- en najaar vergelijkbaar<sup>4</sup>. Waarschijnlijk heeft het grotere aantal filegolven in het voorjaar van 2008 te maken met een toename van verkeer op dit traject. Toename van filevorming wordt namelijk ook in de tegenrichting in de avondspits waargenomen.

De detailanalyse ten behoeve van het berekenen van de benodigde lengte van de golfbreker, heeft daarom plaatsgevonden op de filegolven in de laatste drie maanden (maart-mei 2008, 15 dagen waarvan 10 met minimaal 1 filegolf).

### 3.2 Ontstaan en uitdoven van de filegolven

De filegolven ontstaan niet altijd op dezelfde locatie en doven ook niet op dezelfde locatie uit. In deze paragraaf wordt ingegaan op de ontstaans- en uitdoofoctaties van de filegolven. Onderstaande figuur geeft een schematisch overzicht van het traject tussen kp.Azelo en kp.Beekbergen.

**Figuur 3.1: schematisch overzicht van het traject AIL kp.Azelo – kp.Beekbergen**



Op het hele traject vanaf kp.Azelo neemt de intensiteit in de ochtendspits bij elke aansluiting verder toe. Dit leidt uiteindelijk meestal bij Bathmen tot de eerste verstoringen. Bij Deventer-Oost wordt de rijbaan verbreed met een plusstrook, reden waarom tussen Deventer-Oost en kp.Beekbergen geen filegolven meer ontstaan (tenzij de plusstrook gesloten blijft of er incidenten plaatsvinden).

In sommige gevallen ontstonden de filegolven al stroomopwaarts bij de aansluitingen Lochem en Markelo. Ook kwam het voor dat de filegolven

<sup>4</sup> Bronnen: Verkeersmonitor Zuid-Holland, Filethermometer Noord-Holland, Bereikbaarheidsmonitor Utrecht.

bij Deventer en Twello ontstonden, maar dit had dan meestal te maken met een ongeval, zie volgende paragraaf.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van begin- en eindlocaties van de filegolven.

**Tabel 3.2: locaties waar de filegolven ontstaan en uitdoven. Weergegeven is het aantal waarnemingen**

<i>Ontstaan bij</i>		<i>Uitdoven bij</i>				
		<i>Lochem</i>	<i>Markelo</i>	<i>Rijssen</i>	<i>Rijssen-kp.Azelo</i>	<i>kp.Azelo of verder</i>
Voorst	1	1	-	-	-	-
Twello	6	-	-	-	-	6
Deventer	5	-	-	2	2	1
Bathmen	28	1	6	12	5	4
Lochem	5	-	-	2	-	3
Markelo	2	-	-	2	-	-
<i>Totaal</i>	<i>47</i>	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>18</i>	<i>7</i>	<i>14</i>

### 3.3 Oorzaken

Van de 47 waargenomen filegolven zijn er acht ontstaan door een ongeval (vijf keer bij Twello en één keer bij Deventer, Bathmen en Voorst). Opmerkelijk hierbij is dat deze ongevallen vaak (vijf van de acht keer) ontstonden op momenten dat de plusstrook tussen Deventer en kp.Beekbergen nog (net) niet geopend was. Het verdient aanbeveling om het verband tussen deze ongevallen en het openingsmoment of het gesloten zijn van de plusstrook nader te onderzoeken.

Van de 47 waargenomen filegolven zijn er vier ontstaan doordat de plusstrook nog gesloten was (naast de hierboven genoemde vijf ongevalsfiles bij gesloten plusstrook). Daarnaast waren er vanwege de gesloten plusstrook op 11 dagen lichte verstoringen tussen 6:00 en 6:30 (maximaal 2 km file) ter hoogte van Deventer of Twello welke niet hebben geleid tot een filegolf. Dit kwam in de laatste maanden vaker voor dan in het begin van de onderzochte periode. De plusstrook gaat volgens afspraak om 6:30 open, maar vaak is dat, gezien de hoge intensiteiten, een kwartier tot een half uur te laat.

## Hoofdstuk 4 Schatting van de benodigde golfbrekerlengte

---

Voor het berekenen van de benodigde golfbrekerlengte, moet worden bepaald:

1. welke filelengte moet kunnen worden opgevangen?
2. hoe lang wordt deze file wanneer deze in een golfbreker belandt?

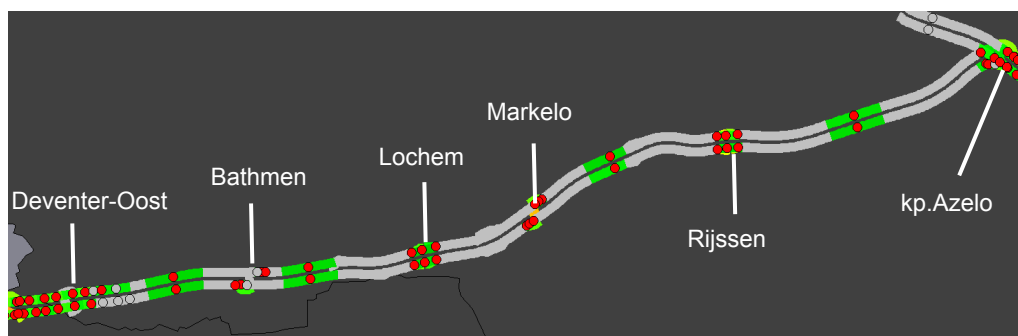
Het tweede punt is uiteindelijk bepalend voor de lengte van de golfbreker. In dit hoofdstuk worden beide vragen beantwoord. In paragraaf 4.1 wordt eerst toegelicht op welke meetgegevens de berekeningen zijn uitgevoerd.

### 4.1 Meetgegevens

Voor de berekening van de benodigde golfbrekerlengte is een selectie gemaakt van de onderzochte dagen waarover in het vorige hoofdstuk is gerapporteerd. Logischerwijs zou dit een selectie moeten zijn over alle onderzochte maanden, maar omdat geconstateerd is dat er in het voorjaar van 2008 meer filegolven voorkwamen dan in het najaar van 2007 en de oorzaak hiervoor waarschijnlijk ligt bij verkeersgroei, is gekozen om de detailanalyse uit te voeren op de data van het voorjaar 2008 (maart, april en mei). In deze periode waren voor de algemene analyse al 15 dagen geselecteerd (elke maand 5 werkdagen). Op 10 van deze dagen was er minimaal één filegolf in de ochtendspits. Op deze dagen is de detailanalyse uitgevoerd.

Het traject kp.Azelo – Bathmen ligt buiten het signaleringsgebied. De meetpunt dichtheid ligt hier veel lager dan binnen het signaleringsgebied. Meetpunten op dit traject hebben een onderlinge afstand die varieert van 3 tot 5 km. In onderstaande figuur is een overzicht gegeven van de locatie van de meetpunten op het traject.

**Figuur 4.1: Locatie van de meetpunten. De rode stippen in de figuur zijn de meetpunten. Van het meetpunt tussen Markelo en Rijssen bleek op veel dagen de data te ontbreken.**





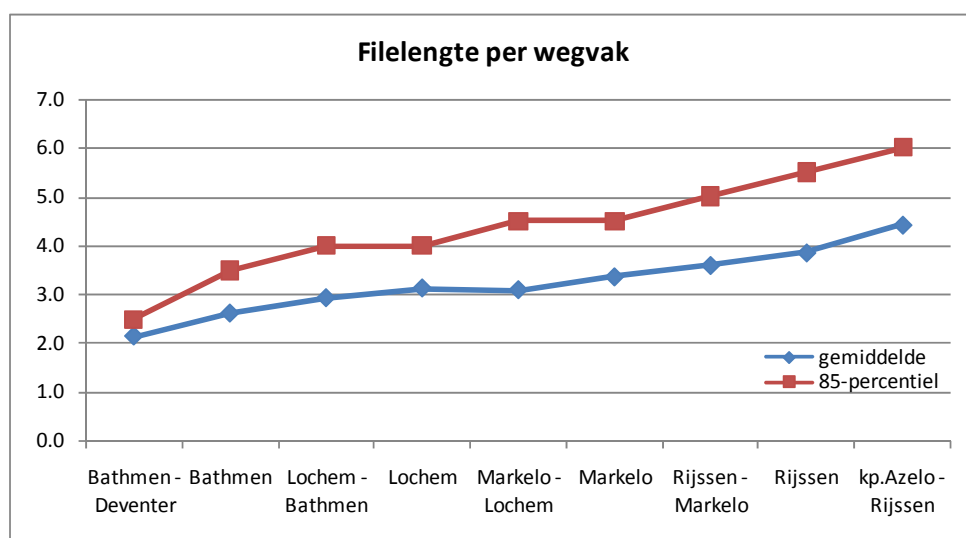
De grote afstand tussen de meetpunten bleek voor de detailanalyse op filegolven een nadeel te zijn. Het bepalen van benodigde grootheden als filelengte en intensiteiten werd hierdoor bemoeilijkt, zie ook de volgende paragrafen.

#### 4.2 Kiezen van een uitgangspunt: Welke filelengte moet kunnen worden opgevangen?

De filelengte die moet worden opgevangen is filelengte in de filegolven. Deze is per wegvak bepaald met behulp van de Viewer. Geconstateerd is dat hoe verder de filegolf stroomopwaarts loopt, hoe langer de filegolflengte wordt.

De grafiek op de volgende pagina toont per wegvak van het filegolftraject de gemiddelde filelengte, evenals het 85-percentiel van de filelengte. De lengtes zijn afgerond op 500m (zie kader voor een toelichting op het bepalen van de filelengte).

**Figuur 4.1: Interne filelengte per wegvak op het filegolftraject**



#### *Gemiddelde of 85-percentiel?*

Het antwoord op de vraag welke filelengte nog in de golfbreker moet kunnen worden opgevangen, hangt niet alleen af van de locatie waar deze wordt aangelegd, maar ook van het aantal filegolven dat moeten worden opvangen. Uitgaan van de gemiddelde filelengte levert naar verwachting te weinig rendement op, omdat de filegolven er dan in bijna de helft van de gevallen doorheen zullen slaan. Streven naar het opvangen van alle filegolven is ook niet rendabel, omdat de golfbreker dan in de meeste gevallen overgedimensioneerd is. Er is uitgegaan van het 85-percentiel van de filelengte. In de meest voorkomende situaties worden de filegolven dan opgevangen, alleen de uitschieters niet.

**Conclusie:** de filelengte die moet worden opgevangen loopt, afhankelijk van de locatie waar de golfbreker wordt aangelegd, van 2,5 km bij Bathmen tot 6 km bij kp.Azelo.

**Bepalen van de filelengte met behulp van de Viewer:**

Omdat de meetpunten op de A1 tussen Lochem en kp.Azelo ver van elkaar af liggen, is de filelengte in de filegolven niet zeer nauwkeurig te bepalen. De filelengte per wegvak is als volgt bepaald:

1. Aan elk meetpunt is een weglengte toegekend. Deze lengte is bepaald door de helft van de afstand tot het vorige meetpunt plus de helft van de afstand tot het volgende meetpunt te nemen.
2. Is deze lengte langer 2,5 km, dan is een fictief meetpunt tussen de meetpunten geplaatst en zijn de bijbehorende snelheidswaarden geïnterpoleerd.
3. De filelengte is vervolgens bepaald door per tijdstap, indien de snelheid lager lag dan 60 km/u, de lengtes van de aansluitende meetpunten bij elkaar op te tellen.
4. Van deze filelengtes is per wegvak het gemiddelde en het 85-percentiel genomen. Vanwege de onnauwkeurigheid door de grote tussenafstanden van de meetpunten, zijn de filelengtes afgerond op 500m.

#### 4.3 Hoe lang wordt de file wanneer deze in een golfbreker belandt?

In de golfbreker wordt de file op drie rijstroken opgesteld in plaats van op twee. In een brede file is de snelheid lager dan in een smalle file en als gevolg hiervan ligt de dichtheid hoger. De file wordt in een golfbreker dus meer dan eenderde korter. Hoe lang de file in de golfbreker zal worden is bepaald met behulp van een rekenmodel voor filelengte en verliestijd in een spreadsheetprogramma, zie kader. Dit is het rekenmodel dat ook in de Wegwerkplanner<sup>5</sup> wordt toegepast.

Uit de formules in het kader blijkt dat van de volgende grootheden de waarden nodig zijn om de filelengte te kunnen berekenen:

- het aantal voertuigen in file
- uitstroom uit de file
- intensiteit aankomend verkeer (instroom in de file)

Deze waarden zijn per wegvak uit de meetgegevens berekend.

---

<sup>5</sup> De Wegwerkplanner is een door Transpute ontwikkeld hulpmiddel bij het plannen van wegwerk. Met het programma kan men nagaan of een geplande afzetting verkeershinder zal opleveren. Dit programma wordt binnen de gehele Rijkswaterstaat-organisatie gebruikt.

**Theoretische filelengteberekening:**

$$\text{filelengte} = \text{aantal voertuigen in file} / (\text{dichtheid in file} - \text{dichtheid aankomend verkeer})$$

Hierbij is:

- het aantal voertuigen in file bepaald uit meetgegevens
- de berekening van de dichtheid in file is een iteratief proces:
  - $\text{dichtheid in file} = \text{aantal stroken} / \text{weglengte per voertuig}$
  - $\text{weglengte per voertuig} = \text{gem. vtg lengte} + \text{tussenafstand vtg}$
  - $\text{gem. vtg lengte} = \text{constante (bij gelijkblijvend aandeel vrachtverkeer)}$
  - $\text{tussenafstand vtg is afhankelijk van de snelheid in file}$
  - $\text{snelheid in file} = \text{uitstroom uit file} / \text{dichtheid in file}$

Voor de berekening van de dichtheid in file is de uitstroom uit de file m.b.v. de Viewer bepaald, het aantal stroken is gegeven (twee in de huidige situatie, drie in de golfbreker), de overige waarden zijn parameters van het theoretische model.

- $\text{dichtheid aankomend verkeer} = \text{intensiteit aankomend verkeer} / \text{snelheid aankomend verkeer}$

De intensiteit van het aankomend verkeer is bepaald uit de meetgegevens m.b.v. de Viewer, de snelheid van het aankomend verkeer is gesteld op 100 km/u.

**4.3.1 Het aantal voertuigen in de file**

Het aantal voertuigen in de file is bepaald door de filelengte te vermenigvuldigen met de dichtheid in de file. De dichtheid is niet rechtstreeks uit de meetgegevens af te lezen, maar is bepaald door de vermenigvuldiging van de snelheid met de intensiteit. Het resultaat van deze berekening is in onderstaande tabel opgenomen.

**Tabel 4.1: Aantal voertuigen in file per wegvak**

	<i>Lochem</i>	<i>Markelo</i>	<i>Rijssen</i>	<i>Rijssen-Azelo</i>	<i>na kp.Azelo</i>
aantal vtg in file	550	690	760	720	890

*Robuustheid*

Het aantal voertuigen in de file is niet alleen een belangrijke indicator bij de bepaling van de filelengte in de golfbreker (en daarmee ook de lengte van de aan te leggen golfbreker), maar ook voor de berekening van voertuigverliesuren (zie hoofdstuk 6). Het aantal voertuigen in file speelt

daarmee een grote rol in het afwegen van de kosten en baten van de golfbreker. Om te voorkomen dat de onnauwkeurigheid van het aantal voertuigen in file leidt tot een te positieve of te negatieve voorstelling van de baten van de golfbreker, zijn robuustheidsberekeningen gedaan door het aantal voertuigen in file te variëren met 10% (zie hoofdstuk 6).

#### 4.3.2 Uitstroom uit de file

De uitstroom uit de file is de intensiteit stroomafwaarts van de filegolf. Voor de golfbreker is dit de uitstroom uit de golfbreker (zie volgende paragraaf).

De uitstroom uit de file is de intensiteit op het moment dat op het stroomopwaarts gelegen meetpunt de snelheid lager lag dan 60 km/u. Vanwege de grote tussenafstand van de meetpunten was de uitstroom uit de file niet voor alle wegvakken betrouwbaar te bepalen. Voor de uitstroom uit de filegolf is daarom de mediaan van alle wel betrouwbare metingen genomen. De uitstroom uit de filegolf bedroeg 3060 vtg/u. Deze waarde is overeenkomstig met waarden die gevonden zijn in een eerder onderzoek naar filegolven<sup>6</sup>.

#### 4.3.3 Capaciteit van de golfbreker

De uitstroom uit de golfbreker is nog niet uit de meetgegevens van de A1 te bepalen. Deze kan wel van een vergelijkbare situatie worden afgeleid. In tegengestelde richting op de A1 ligt een plusstrook tussen kp.Beekbergen en Deventer-Oost. Aan het einde van de plusstrook is de situatie vergelijkbaar met het einde van de golfbreker: de rijbaan versmalt er van drie naar twee rijstroken middels een afstropping van links. Bovendien is de verkeerssamenstelling vergelijkbaar met het filegolftraject. Het einde van de plusstrook bij Deventer-Oost vormt in de avondspits een knelpunt, waardoor de capaciteit van een dergelijke vormgeving te bepalen is.

De capaciteit van de versmalling is bepaald door op afzonderlijke dagen de uitstroom uit de file te meten. Hierbij was het aggregatieniveau 5 min, het filecriterium  $V < 60$  km/u en de eis voor de uitstroomsnelheid uit de file  $V > 70$  km/u. Het aantal onderzochte dagen was 15. De uitstroom uit de file is per dag per 5 min bepaald. Als capaciteit is genomen de mediaan van alle gevonden waarden voor de uitstroom uit de file

De capaciteit van de versmalling bij Deventer-Oost is zo bepaald op 3700 vtg/u.

---

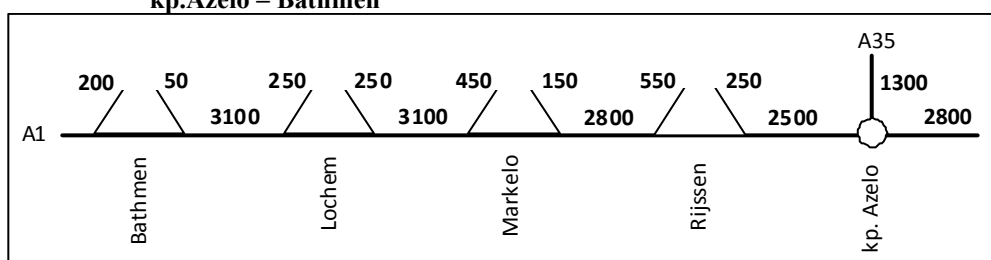
<sup>6</sup> Onderzoek "Verplaatsingssnelheid van schokgolven", J.W. van Kruisbergen, Transpute/NHTV, 2001

#### 4.3.4 Intensiteiten

De instroom in de file is de intensiteit stroomopwaarts van de filegolf. Vanwege de grote tussenafstand van de meetpunten was de instroom in de file niet voor alle wegvakken betrouwbaar te bepalen. Voor de instroom in de file is teruggegrepen naar gemiddelde intensiteiten per wegvak. Dit is minder nauwkeurig omdat deze intensiteiten niet direct betrekking hebben op het moment van file. Deze onnauwkeurigheid heeft echter nauwelijks gevolgen op de uitkomsten van dit onderzoek, omdat de instroom in de file slechts een kleine invloed heeft (maximaal enkele procenten) op het resultaat van de berekening van de filelengte.

In onderstaande schematische weergave van het traject kp.Azelo - Bathmen zijn de intensiteiten in het drukste uur van de ochtendspits weergegeven. De intensiteiten zijn het gemiddelde van de beschouwde dagen in de periode maart-mei 2008.

**Figuur 4.2: Intensiteiten (vtg/u) in het drukste uur in de ochtendspits op het traject kp.Azelo – Bathmen**



#### 4.4 Benodigde lengte golfbreker op verschillende locaties

Met de in dit hoofdstuk genoemde gegevens en formules is de benodigde lengte van de golfbreker berekend voor de verschillende wegvakken. In onderstaande tabel zijn de lengtes van de golfbreker per wegvak weergegeven. Bij de berekende golfbrekerlengte is 500m voor in- en uitloop opgeteld: de versmalling vraagt niet meer dan 100m, de weggebruikers zullen de laatste 200m van de golfbreker gebruiken om te ritzen en het verkeer komt hier waarschijnlijk al op gang dus de dichtheid neemt af, en de eerste 200m zal men nog niet direct de linker rijstrook vullen (hoewel dat bij file wel mee zal vallen).

**Tabel 4.2: Benodigde golfbrekerlengte op de verschillende wegvakken**

	<i>Lochem-Markelo</i>	<i>Markelo-Rijssen</i>	<i>Rijssen-kp.Azelo</i>
Benodigde lengte golfbreker (km)	3,0	3,4	3,6

## Hoofdstuk 5 Locatiekeuze golfbreker

---

Nu de benodigde lengte van de golfbreker bekend is, moet de exacte locatie worden vastgesteld. Naast verkeerskundige en aanlegtechnische aspecten, spelen ook juridische zaken een rol. In dit hoofdstuk wordt toegelicht wat de overwegingen zijn geweest bij het maken van de definitieve keuze voor de locatie van de golfbreker (par. 5.1) en wordt de vormgeving en locatie van de golfbreker geschetst (5.2).

### 5.1 Overwegingen bij de locatiekeuze

De golfbreker moet op zekere afstand van het knelpunt komen, zodat deze locatie de tijd heeft om te herstellen van de oorzaak van de filegolf. Dit kan bijvoorbeeld zijn een kortdurende intensiteitspiek op de toerit of een langzaam invoegende vrachtwagen.

Maar de golfbreker moet ook niet te ver van het knelpunt af liggen, omdat het te behalen voordeel daarmee lager wordt: het voordeel van een golfbreker wordt bereikt door enerzijds het verminderen van primaire congestie (de uitstroom uit een golfbreker is hoger dan de uitstroom uit een filegolf, waardoor er bij een golfbreker minder verliestijd in de file is) en anderzijds secundaire congestie (de filegolf blijft in de golfbreker staan, waardoor het verkeer stroomopwaarts van de golfbreker dat voor de golfbreker alweer een afrit neemt, geen verliestijd meer ondervindt door de filegolf). Er geldt dus hoe dichterbij het knelpunt hoe meer vermindering van secundaire file kan worden behaald.

Uit de analyse naar filegolven op de A1 (hoofdstuk 3) is ook gebleken niet alle filegolven op dezelfde locatie uitdoven. De meeste filegolven eindigen ter hoogte van Rijssen, een aantal eindigt al bij Markelo en een aantal lopen nog voorbij Rijssen. Dus hoe dichterbij de golfbreker bij het knelpunt wordt aangelegd, hoe meer filegolven er kunnen worden opgevangen en dus hoe meer winst in voertuigverliesuren er kan worden behaald.

Daarnaast spelen nog een aantal juridische vragen een rol bij de specifieke locatiekeuze voor de golfbreker<sup>7</sup>:

a) Is het project MER-plichtig<sup>8</sup>?

Voor de aanleg van de golfbreker hoeft geen MER-procedure te worden doorlopen als het te verbreden weggedeelte niet twee

---

<sup>7</sup> Gehanteerde bronnen voor het bepalen van de juridische aspecten:

- Handreiking milieueffectrapportage van plannen (planmer), VROM, april 2006
- Juridische zaken van Rijkswaterstaat Oost-Nederland
- Bestemmingsplannen van betreffende gemeenten

<sup>8</sup> MER: Milieu Effect Rapportage

knooppunten of aansluitingen met elkaar verbindt. Daarom is de eis gesteld dat de golfbreker geen toerit met een afrit mag verbinden.

b) Is er een bestemmingsplanwijziging nodig?

In de huidige bestemmingsplannen is de gehele breedte van de A1 als verkeersruimte aangewezen. Er is dus geen bestemmingsplanwijziging nodig, ongeacht de locatiekeuze.

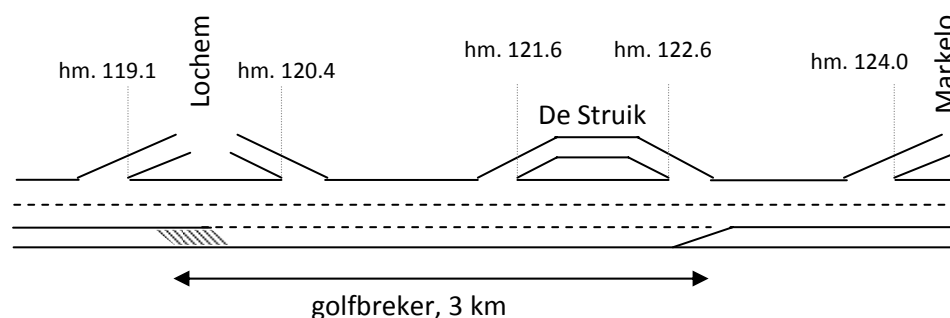
c) Zijn er andere onderzoeken t.b.v. vergunningverlening voor de aanleg van de golfbreker nodig?

Er dient een geluidsonderzoek te worden uitgevoerd, omdat de extra rijstrook leidt tot een asverschuiving van de verkeerslast. Dit is onafhankelijk van de locatie waar de golfbreker wordt aangelegd.

## 5.2 Locatiekeuze:

Bovenstaande overwegende, is ervoor gekozen om de golfbreker aan te leggen op het traject Markelo – Lochem. De benodigde lengte is hier 3 km. Voorgesteld wordt om de golfbreker te laten beginnen vanaf 1 à 1,5 km na de toerit Markelo en in de aansluiting Lochem te laten eindigen. De vormgeving aan het eind van de golfbreker (bij de versmalling) komt dan overeen met het einde van de plusstrook in de tegenrichting (tussen de af- en toerit Deventer-Oost), waarop de capaciteitsinschatting van de golfbreker is gebaseerd. Onderstaande figuur geeft een schematisch overzicht van de golfbreker.

**Figuur 5.1: schematisch overzicht van de locatie van de golfbreker**



De voorgestelde locatie heeft de volgende voordelen:

- Er is voldoende afstand tot het knelpunt: de afstand van Lochem (start golfbreker) tot aan het knelpunt bij Bathmen bedraagt ongeveer 8 km. Een filegolf verplaatst zich met circa 18 km/u stroomopwaarts: het duurt dus bijna een half uur voordat de filegolf de golfbreker bereikt. Aangezien de uitstroom uit een lopende filegolf laag is (3060 vtg/u) heeft het knelpunt ongeveer een half uur de tijd om zich te herstellen van de verstoring.

- De afritten Markelo en Rijssen en de A35 blijven vrij van filegolven; alleen de afrit Lochem niet. Er valt dus relatief veel winst in secundaire voertuigverliesuren te behalen.
- De toerit Markelo en afrit Lochem zijn niet met elkaar verbonden, waardoor geen MER-procedure hoeft te worden opgestart.

Het nadeel van de gekozen locatie is dat er na een half uur een tweede filegolf kan ontstaan: het duurt ongeveer een half uur voordat de eerste filegolf de golfbreker bereikt. De uitstroom uit de golfbreker (3700 vtg/u) is hoger dan uit een filegolf (3060 vtg/u). Een half uur nadat de eerste filegolf is ontstaan, neemt de intensiteit richting het knelpunt dus toe van 3060 vtg/u naar 3700 vtg/u. Deze hoge intensiteit kan ter hoogte van Bathmen opnieuw tot een verstoring leiden die een tweede filegolf veroorzaakt.

Wordt de filegolf niet opgevangen in een golfbreker, dan blijft de intensiteit richting het knelpunt bij Bathmen langere tijd laag en zal er dus ook minder snel een nieuwe verstoring ontstaan die leidt tot een nieuwe filegolf.

Dit probleem speelt ook als de golfbreker verder stroomopwaarts wordt aangelegd, alleen dan duurt het langer voordat de intensiteit richting het knelpunt weer toeneemt (ter indicatie: zou de golfbreker bij Markelo worden aangelegd, dan duurt het geen 30 maar circa 40 minuten voordat de intensiteit bij Bathmen weer hoog is).

*Ontwerpoptie: verlengen uitvoeger Lochem tot aan verzorgingsplaats 'De Struik'*

Om de golfbreker te optimaliseren zou de afrit Lochem verlengd kunnen worden tot bijvoorbeeld verzorgingsplaats 'De Struik'. Het verkeer naar de afrit Lochem ondervindt dan geen of minder hinder van de filegolf, waardoor de secundaire congestie nog meer zal afnemen. Dit zal echter alleen rendabel zijn als dit weinig moeite kost (aanpassen belijning), omdat de winst in voertuigverliesuren van het afritverkeer laag is ten opzichte van de voertuigverliesuren op de hoofdrijbaan.

Voertuigverliesuur-berekeningen worden in het volgende hoofdstuk behandeld.



## Hoofdstuk 6 Kosten en baten van de golfbreker

---

In dit hoofdstuk worden de kosten en baten van de aanleg van een golfbreker tegen elkaar afgewogen. De baten worden uitgedrukt in voertuigverliesuren. Verkeersveiligheid en een nettere gecontroleerde verkeersafwikkeling vormen feitelijk de primaire verbetering die een golfbreker oplevert, echter hierover zijn nauwelijks kwantitatieve uitspraken te doen. Daarom worden bij de afweging van kosten en baten alleen voertuigverliesuren meegenomen. Het resultaat van de afweging is de tijd waarin de aanleg van de golfbreker naar verwachting zal zijn terugverdiend.

De baten worden gevormd door de winst in voertuigverliesuren die de golfbreker zal opleveren (par. 6.1). De voertuigverliesuren worden vervolgens omgerekend naar winst in euro's (par. 6.2). In de derde paragraaf worden de kosten voor de aanleg van de golfbreker gegeven en, in combinatie met de winst in voertuigverliesuren, omgerekend naar een verwachte terugverdientijd.

### 6.1 Winst in voertuigverliesuren

De voertuigverliesuren van een filegolf kunnen worden opgedeeld naar primaire en secundaire voertuigverliesuren.

*Primaire voertuigverliesuren* hebben betrekking op het verkeer dat zijn bestemming na het knelpunt heeft. Dit verkeer is mede-veroorzaker van de filegolf. In dit geval gaat het om verkeer dat nog voorbij Bathmen zijn bestemming heeft. Primaire voertuigverliesuren nemen af, doordat de uitstroom uit de golfbreker (de capaciteit) hoger ligt dan de uitstroom uit een filegolf.

*Secundaire voertuigverliesuren* worden geleden door verkeer dat niet door het knelpunt heen hoeft, maar wel hinder ondervindt door fileterugslag vanaf dit knelpunt. In dit geval het verkeer dat bij de afritten Rijssen, Markelo, Lochem en Bathmen de snelweg verlaat en ook het verkeer dat bij kp.Azelo niet de A1 op rijdt, maar verder gaat op de A35. De secundaire voertuigverliesuren nemen af doordat de filegolf in de golfbreker blijft staan en het verkeer richting de A35 en naar de afritten Rijssen en Markelo hierdoor niet meer gehinderd wordt.

**Voertuigverliesuurberekening**

*tijdverlies per voertuig = aantal voertuigen in file / (capaciteit - intensiteit toerit)*

*voertuigverliesuren = tijdverlies per vtg \* aantal voertuigen in file*

Hierbij is:

- het aantal voertuigen in file, bepaald uit meetgegevens
- capaciteit de uitstroom uit de file (of uit de golfbreker), bepaald uit meetgegevens
- intensiteit toerit, bepaald uit meetgegevens

**6.1.1 Voertuigverliesuren in een gemiddelde filegolf zonder golfbreker**

Het aantal voertuigverliesuren (vvu) is afhankelijk van de locatie op het traject waar de filegolf zich bevindt. Niet alle filegolven die starten bij Bathmen eindigen op dezelfde locatie, zie hoofdstuk 3.2. Het aantal vvu in een gemiddelde filegolf is daarom als volgt berekend:

- Vvu zijn per wegvak bepaald volgens de formule in het kader.
- Vervolgens is voor elke 'eindlocatie' de hoeveelheid vvu van de gehele filegolf berekend, dus vanaf Bathmen tot aan de eindlocatie.
- Daarna is het aantal vvu van een gemiddelde filegolf bepaald, door de vvu per eindlocatie te wegen met het aantal filegolven dat elke eindlocatie bereikt.

De uitkomst van deze berekening was dat in een gemiddelde filegolf 552 vvu worden opgelopen.

**6.1.2 Voertuigverliesuren in een gemiddelde filegolf met golfbreker:**

Vervolgens is bepaald wat het aantal vvu zou zijn geweest als er een golfbreker tussen Markelo en Lochem had gelegen. De berekening van de vvu in een gemiddelde filegolf die in een golfbreker terecht komt, is gelijk aan de berekening zonder golfbreker, met als verschil dat een andere waarde voor de capaciteit is genomen om de verliestijd te berekenen: 3700 vtg/u (capaciteit golfbreker) in plaats van 3060 vtg/u (uitstroom uit filegolf).

De uitkomst van deze berekening was dat in een gemiddelde filegolf in de situatie met golfbreker nog 462 vvu worden opgelopen. Wat hierin nog niet is verdisconteerd is de winst in secundaire vvu; deze moet hier nog van afgetrokken worden.

Een golfbreker leidt tot winst in secundaire vvu in de volgende drie situaties:

- Een filegolf die zonder golfbreker zou eindigen bij Rijssen, levert met golfbreker vvu-winst op voor verkeer naar de afrit Markelo (niet voor de afrit Lochem, want deze ligt in de golfbreker).
- Een filegolf die eindigt tussen Rijssen en kp.Azelo leidt met golfbreker tot vvu-winst voor verkeer naar de afritten Rijssen en Markelo.
- Een filegolf die eindigt na kp.Azelo leidt met golfbreker tot vvu-winst voor verkeer naar de A35 en de afritten Rijssen en Markelo.

De winst in secundaire vvu is als volgt berekend: per wegvak is bepaald wat in de ochtendspits het aandeel verkeer is dat de afrit neemt. Dit aandeel is toegepast op het aantal voertuigen dat op het betreffende wegvak in de filegolf staat. Voor elke hierboven genoemde situatie is het aantal voertuigverliesuren van het afritverkeer bepaald. De winst in secundaire vvu in een gemiddelde filegolf is het gewogen gemiddelde hiervan.

De uitkomst van deze berekening was dat in een gemiddelde filegolf in de situatie met golfbreker de secundaire vvu-winst 36 bedraagt.

*Resultaat:*

Het aantal vvu in een gemiddelde filegolf in de situatie met golfbreker bedraagt dus  $462 - 36 = 426$  vvu.

### 6.1.3 Winst in vvu per filegolf:

In een gemiddelde filegolf komt de winst in voertuigverliesuren door de golfbreker daarmee uit op:  $552 - 426 = 126$  vvu (23%).

### 6.1.4 Robuustheid van de uitkomsten

De uitkomsten hangen in belangrijke mate af van het aantal voertuigen in file, zie hoofdstuk 4.3.1. Bovenstaande berekeningen zijn daarom herhaald met een aantal voertuigen in file dat 10% lager respectievelijk 10% hoger ligt dan het aantal dat is bepaald uit de meetgegevens. De uitkomsten hiervan zijn:

- bij 10% minder voertuigen in file komt de winst uit op 102 vvu (23%)
- bij 10% meer voertuigen in file komt de winst uit op 131 vvu (20%)

## 6.2 Winst in voertuigverliesuren omgerekend naar euro's

De winst in voertuigverliesuren kan worden omgerekend naar euro's met behulp van de reistijdwaardering in euro's per motief. De motiefverdeling op de A1 in de ochtendspits en de reistijdwaardering per motief zijn weergegeven in onderstaande tabel.

De vvu-winst per filegolf komt omgerekend naar euro's uit op: € 2.748,-

**Tabel 6.1: Motiefverdeling (A1, ochtendspits) en reistijdwaardering**

<i>Motief</i>	<i>verdeling (%)</i>	<i>Reistijdwaardering in euro's per uur<sup>9</sup></i>
Personenverkeer <sup>10</sup>		
woon-werk	56	9,59
zakelijk	34	32,35
overig	10	8,72
Vrachtverkeer <sup>11</sup>	24	41,17
<i>Gem. reistijdwaardering</i>		<i>21,87</i>

### 6.3 Terugverdiëntijd aanleg golfbreker

Om een oordeel te kunnen geven over de haalbaarheid van de aanleg van een golfbreker zijn de kosten en baten omgerekend naar de tijd die het kost om de aanleg van de golfbreker terug te verdienen.

#### 6.3.1 Kosten aanleg:

Rijkswaterstaat Oost-Nederland heeft een kostenraming gemaakt voor de aanleg van de voorgestelde golfbreker. Deze is geraamd op 1,2 mln euro inclusief BTW en exclusief verkeersmanagementsystemen.

Uitgangspunten hierbij waren:

- de geleiderail tussen de rijbanen hoeft niet te worden verplaatst,
- de helft van de vluchtstrook moet worden vernieuwd i.v.m. het toepassen van een verschoven 2-2 systeem tijdens de aanleg,
- het oude asfalt dat verwijderd moet worden bevat geen teerhoudend asfalt,
- de oude grond die verwijderd moet worden bestaat uit schone of categorie 1-grond,
- kosten zijn exclusief het verlengen van de afrit Lochem.

Indien de geleiderail wel verplaatst moet worden, dan komen de kosten uit op 1,4 mln euro inclusief BTW en exclusief verkeersmanagementsystemen.

#### *Verlengen afrit Lochem:*

De afrit Lochem is niet eenvoudig te verlengen. Onder het kunstwerk 'Beusebergerweg' is geen ruimte voor een uitvoegstrook plus een

<sup>9</sup> Bron: Rijkswaterstaat DVS, prijspeil 2008

<sup>10</sup> Bron: NRM Oost-Nederland 3.03

<sup>11</sup> Bron: Inweva 2006 (etmaalpercentage)

vluchtstrook. De vluchtstrook opofferen voor het weefvak is mogelijk, maar gezien de veiligheid niet wenselijk. Het kunstwerk zou daarom moeten worden aangepast en ook zal voor de uitbreiding van de verharding fundering moeten worden aangelegd. De vvu-winst voor het verkeer naar afrit Lochem weegt niet op tegen de kosten van een dergelijke operatie.

### 6.3.2 Terugverdiëntijd

De winst in voertuigverliesuren is per filegolf berekend. In principe komen de filegolven alleen voor op werkdagen in de ochtendspits. In de periode maart t/m mei 2008 (waarop de berekeningen zijn gebaseerd), waren er gemiddeld 1,1 filegolven per werkdag.

Uitgaande van 250 werkdagen per jaar (365 minus weekenden en officiële feestdagen), komt de terugverdiëntijd van de golfbreker uit op ongeveer 2 jaar, zie ook onderstaande tabel.

**Tabel 6.2: Terugverdiëntijd golfbreker bij verschillende scenario's**

<i>Aantal vtg in file</i>	<i>Winst per filegolf</i>			<i>Kosten (euro 's)</i>	<i>Terugverdiëntijd</i>
	<i>vvu</i>	<i>%</i>	<i>euro 's</i>		
basis	126	23%	2.748	1,2 mln	1,6 jaar
				1,4 mln	1,9 jaar
-10%	102	23%	2.224	1,2 mln	2,0 jaar
				1,4 mln	2,3 jaar
+10%	131	20%	2.862	1,2 mln	1,5 jaar
				1,4 mln	1,8 jaar

Zoals in § 5.2 beredeneerd is, kan de golfbreker ertoe leiden dat het aantal filegolven toeneemt, doordat de uitstroom uit een golfbreker hoger ligt dan die uit een filegolf. Dit zal een negatieve uitwerking hebben op de terugverdiëntijd van de golfbreker. Het aantal filegolven zal dan hoger liggen dan wanneer er geen golfbreker zou zijn. Anders geredeneerd: het aantal filegolven per dag waarop vvu-winst wordt behaald is dan lager. Wanneer de terugverdiëntijd wordt berekend met een gemiddeld aantal filegolven per dag van 0,9 dan wordt de terugverdiëntijd ongeveer een half jaar langer. Deze komt dan, afhankelijk van het scenario, uit op ongeveer 2,5 tot maximaal 3 jaar.

## Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen

---

Doel van dit onderzoek was te komen tot een compleet voorstel voor een proeflocatie voor een golfbreker. Het onderzoek heeft bestaan uit twee stappen:

1. Een snelle verkenning, uitgevoerd in overleg met Rijkswaterstaat Oost-Nederland, naar trajecten in het beheersgebied die in aanmerking kunnen komen voor aanleg van een golfbreker. Hierbij is gelet op de verkeers-afwikkelingssituatie op deze trajecten en op het probleemoplossend vermogen van een golfbreker op deze trajecten.
2. Uitwerken van een locatievoorstel voor een golfbreker. Daarbij is aandacht gegeven aan:
  - het verkeerskundige aspect
  - de met de maatregel te behalen verbetering voor het verkeer
  - een schetsontwerp voor de golfbreker (dimensionering, vormgeving)
  - het juridische aspect (zijn aan het schetsontwerp problemen met de regelgeving gemoeid en hoe kunnen deze worden ondervangen).

Ook deze stap is uitgevoerd in overleg met Rijkswaterstaat Oost-Nederland.

### 7.1 Trajectkeuze

Alle wegen in het beheergebied van de dienst Oost-Nederland zijn getoetst aan een aantal criteria (zie hoofdstuk 2).

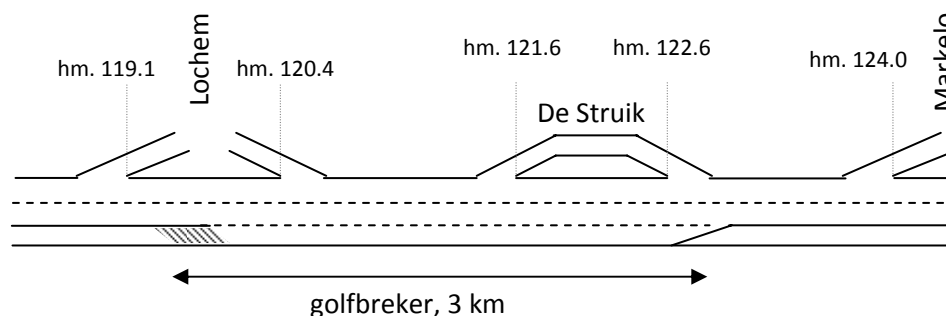
Op basis van deze analyse is geconcludeerd dat een golfbreker op het traject A1 kp.Azelo – Bathmen het meest kansrijk is.

De filegolven op dit traject ontstaan ter hoogte van Bathmen en worden veroorzaakt door verkeersdrukke. De filegolven komen vrijwel dagelijks voor, niet vaker dan twee keer per uur en hebben vaak een lengte van meer dan 20 km.

Een ander traject, dat als pilotlocatie niet geschikt is bevonden, maar waar een golfbreker wel nuttig kan zijn, is het traject A12 van kp.Grijsoord naar Wageningen. Filegolven op dit traject ontstaan vaak al bij Driebergen, maar soms ook als uitloper van knelpunt Maanderbroek en lopen regelmatig door tot Arnhem. Een golfbreker tussen kp.Grijsoord en Wageningen kan ertoe bijdragen dat kp.Grijsoord vrij blijft van file.

## 7.2 Locatievoorstel

Voorgesteld is om de golfbreker aan te leggen op het traject Markelo – Lochem. De benodigde lengte van de golfbreker is hier 3 km (zie hoofdstuk 4). Onderstaand figuur toont de locatie van de golfbreker. De golfbreker begint vanaf 1 à 1,5 km na de toerit Markelo en eindigt in de aansluiting Lochem.



Deze locatie heeft de volgende voordelen:

- Er is voldoende afstand tot het knelpunt: de afstand van Lochem (start golfbreker) tot aan het knelpunt bij Bathmen bedraagt ongeveer 8 km. Een filegolf verplaatst zich met circa 18 km/u stroomopwaarts: het duurt dus bijna een half uur voordat de filegolf de golfbreker bereikt. Aangezien de uitstroom uit een lopende filegolf laag is (3060 vtg/u) heeft het knelpunt ongeveer een half uur de tijd om zich te herstellen van de verstoring.
- De afritten Markelo en Rijssen en de A35 blijven vrij van filegolven; alleen de afrit Lochem niet. Er valt dus relatief veel winst in secundaire voertuigverliesuren te behalen.
- De toerit Markelo en afrit Lochem zijn niet met elkaar verbonden, waardoor geen MER-procedure hoeft te worden opgestart.

Het nadeel van de gekozen locatie is dat er na een half uur een tweede filegolf kan ontstaan: het duurt ongeveer een half uur voordat de eerste filegolf de golfbreker bereikt. De uitstroom uit de golfbreker (3700 vtg/u) is hoger dan uit een filegolf (3060 vtg/u). Een half uur nadat de eerste filegolf is ontstaan, neemt de intensiteit richting het knelpunt dus toe van 3060 vtg/u naar 3700 vtg/u. Deze hoge intensiteit kan ter hoogte van Bathmen opnieuw tot een verstoring leiden die een tweede filegolf veroorzaakt.

### 7.3 Terugverdientijd van de voorgestelde golfbreker

De baten van de golfbreker zijn uitgedrukt in voertuigverliesuren. Verkeersveiligheid en een nettere gecontroleerde verkeersafwikkeling vormen feitelijk de primaire verbetering die een golfbreker oplevert, echter hierover zijn nauwelijks kwantitatieve uitspraken te doen. Daarom worden bij de afweging van kosten en baten alleen voertuigverliesuren meegenomen. De winst in voertuigverliesuren zou echter niet taakstellend moeten zijn.

Op basis van de geschatte winst in voertuigverliesuren die met een golfbreker kan worden behaald, is de terugverdientijd geschat op ongeveer 2 jaar. Wanneer de verwachting wordt verdisconteerd dat de golfbreker tot meer filegolven zal leiden, komt de terugverdientijd uit op ongeveer 2,5 jaar.

### 7.4 Aanbevelingen

De situatie voor een golfbreker is gunstig, geadviseerd wordt op de voorgestelde locatie een proef met een golfbreker te houden.

#### *Advies m.b.t. de evaluatie van de golfbreker:*

Tussen Markelo en Lochem liggen op dit moment geen meetpunten, waardoor niet mogelijk is om de voertuigverliesuren in de golfbreker te bepalen. Zoals in hoofdstuk 4 vermeld, zijn voertuigverliesuren in de huidige situatie ook moeilijk te bepalen vanwege de grote tussenafstand van de meetpunten. Voor een goede vergelijkbaarheid van voor- en nasituatie is het daarom aan te bevelen extra meetlocaties te realiseren. Idealiter zou de tussenafstand van de meetpunten niet meer dan 2 à 2,5 km moeten bedragen. In de golfbreker moeten minimaal 2 meetpunten liggen.

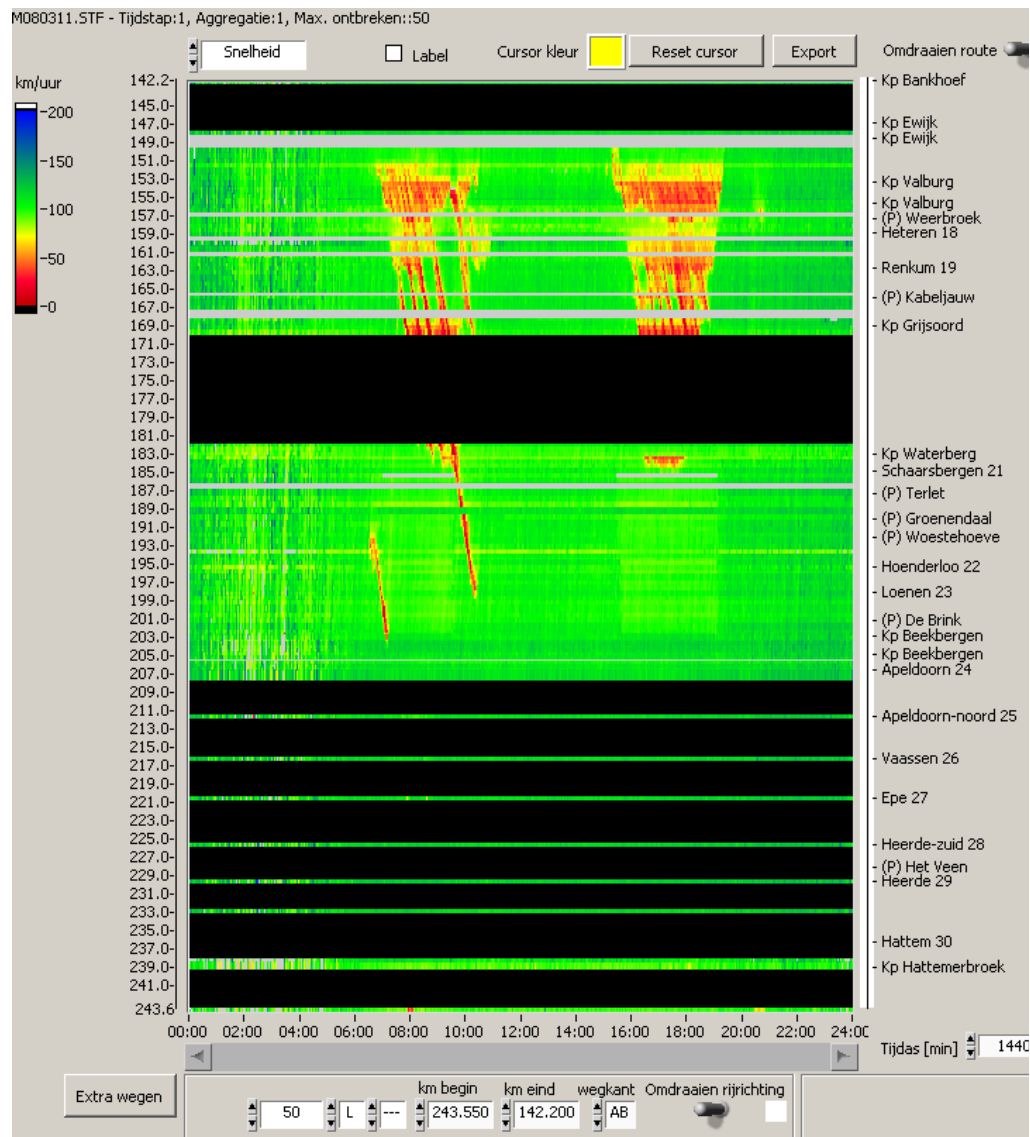
#### *Twee terzijdes m.b.t. de plusstrook:*

Geconstateerd is dat een aantal van de waargenomen filegolven op de A1 zijn ontstaan door ongevallen. Een groot deel van deze ongevallen ontstonden op momenten dat de plusstrook tussen Deventer en kp.Beekbergen nog (net) niet geopend was. Het verdient aanbeveling om het verband tussen deze ongevallen en het openingsmoment of het gesloten zijn van de plusstrook nader te onderzoeken.

Ook is geconstateerd dat er regelmatig lichte verstoringen optreden tussen 6:00 en 6:30 ter hoogte van Deventer of Twello vanwege de gesloten plusstrook op dat tijdstip. Enkele keren is uit deze lichte verstoring een filegolf ontstaan. De plusstrook gaat volgens afspraak om 6:30 open, maar vaak is dat, gezien de hoge intensiteiten, 15 tot 30 minuten te laat.



## Bijlage 1 Voorbeelden van niet geschikte trajecten



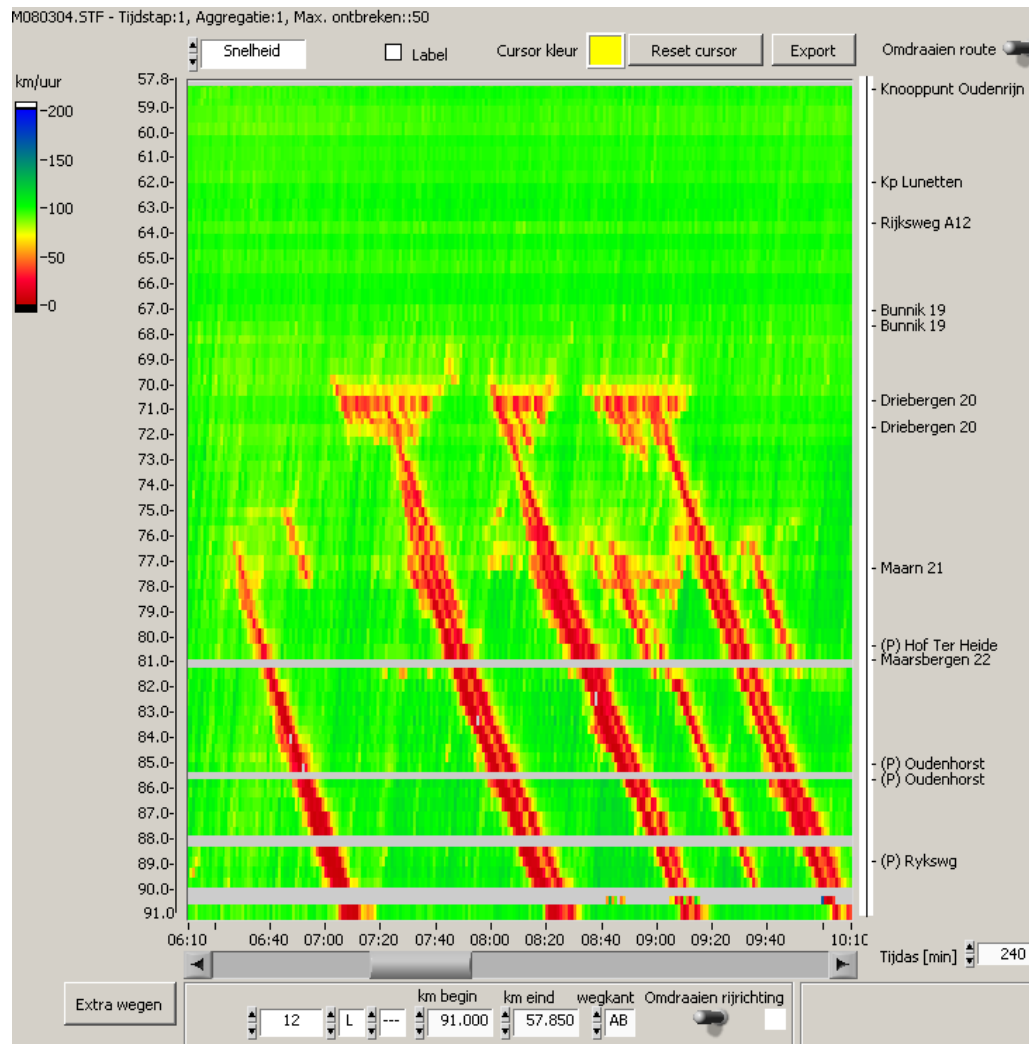
A50 Loenen – kp.Valburg:

Dit traject valt af omdat de filegolven te vaak voorkomen, uitlopers zijn van een structurele file en beide structurele knelpunten te dicht op elkaar liggen.

A50 Apeldoorn – Hoenderlo:

Dit traject is niet geschikt omdat filegolven hier niet vaak voorkomen (drie keer in de beschouwde periode van drie weken) en omdat het filegolfttraject niet lang genoeg is.

## Bijlage 2 Filegolven vanaf Driebergen op de A12L



A12L Veenendaal – kp.Oudenrijn, ochtendspits. De filegolven verhinderen dat aansluiting Driebergen (nog) geen structureel knelpunt is.