

Toelichting conclusies onderzoek mogelijke trillingen bij drempels Malie- en Tolsteegsingel

In 2016 zijn de Malie- en Tolsteegsingel heringericht. De weg heeft een nieuwe inrichting gekregen waarbij fietsers en gemotoriseerd verkeer van dezelfde rijbaan gebruik maken. De maximumsnelheid is verlaagd van 50 km/u naar 30 km/u. In de praktijk blijkt dat er harder wordt gereden dan de maximumsnelheid, en de gemeente onderzoekt de mogelijkheden van verkeersdrempels in het streven de rijsnelheid te verlagen. De omwonenden hebben zorgen geuit over trillingshinder ten gevolge van de verkeersdrempels. Naar aanleiding van bewonersavonden heeft de gemeente besloten een aantal locaties, die gunstig lijken gelegen, te laten onderzoeken op mogelijke trillingshinder en trillingsschade.

Uit het theoretisch onderzoek dat door Movares is uitgevoerd kunnen een aantal conclusies worden getrokken:

- Klinkerdrempels zorgen voor een duidelijke toename van de kans op schade als gevolg van trillingen en zijn daarmee niet gewenst.

- Asfaltdrempels zorgen niet voor overschrijdingen van de grenswaarde en leiden daarmee naar alle waarschijnlijkheid niet op een toename van de kans op schade als gevolg van trillingen.

Zie tabel in **bijlage 1**

- Asfaltdrempels leiden naar alle waarschijnlijkheid niet tot schade als gevolg van trillingen maar op de meeste zoeklocaties wel tot een toename van de kans op (voelbare) hinder.

- In het geval er wordt gekozen voor asfaltdrempels met een hoogte van 0.12 meter en een lengte van 1.5 meter dan leidt deze op zoeklocaties M1 naar alle waarschijnlijkheid niet tot een toename van hinder (en schade).

Op de locaties M2 en T2 is er op basis van het onderzoek naar alle waarschijnlijkheid op meerdere adressen een voelbare toename van trillingen. Op deze adressen is voor zover bekend geen sprake van permanente bewoning maar is bijvoorbeeld een kantoor of ander type gebouw gevestigd.

Zie tabel in **bijlage 2**

De gemeente wil graag in overleg met bewoners/ ondernemers die wonen in de nabijheid van zoeklocaties M1, M2 en T2 naar aanleiding van deze uitkomsten en nodigt deze uit voor een informatiebijeenkomst op dinsdag 14 mei a.s.

Voor de precieze locatie van de zoeklocaties zie **bijlage 3**.

Voor de resultaten (inclusief leeswijzer) voor alle afzonderlijke adressen langs dit traject zie **bijlage 4 (resultatentabel in aparte pdf)**

Bijlage 1

Aantal adressen met SBR-A grenswaarde overschrijdingen

SBR-B, dag	weg, huidig	asfaltdrempel	asfaltdrempel	klinkerdrempel	klinkerdrempel
		h=0.12m	h=0.08m	h=0.12m	h=0.08m
		oprit=1.5m	oprit=1.0m	oprit=1.5m	oprit=1.0m
M1	0	0	0	0	1
M2	0	0	0	1	1
M3	0	0	0	5	6
M4	0	0	0	6	6
M5	0	0	0	2	4
T1	0	0	0	3	3
T2	0	0	0	3	4
T3	0	0	0	7	13

Leeswijzer voor interpretatie tabel

Voorbeeld: zoeklocatie M3

Voor zoeklocatie M3 is er in het geval er een klinkerdrempel met een hoogte van 0.12 m en een opritlengte van 1.5m wordt aangebracht op maximaal 5 nabij gelegen adressen sprake van een overschrijding van de grenswaarde voor trillingsschade.

Bijlage 2

Aantal adressen met SBR-B een voelbare toename van trillingen (toename $V_{\max} > 30\%$) per drempel. Tevens is de maximale procentuele toename weergegeven.

	asfaltdrempel		asfaltdrempel	
	h=0.12m, oprit =1.5m		h=0.08m, oprit=1.0m	
	Aantal adressen	Maximale toename	Aantal adressen	Maximale toename
M1	0	0%	0	1%
M2	1	106%	4	215%
M3	5	108%	5	218%
M4	6	99%	7	205%
M5	3	107%	5	216%
T1	24	75%	25	167%
T2	2	78%	3	172%
T3	8	104%	12	211%

Leeswijzer bij interpretatie tabel

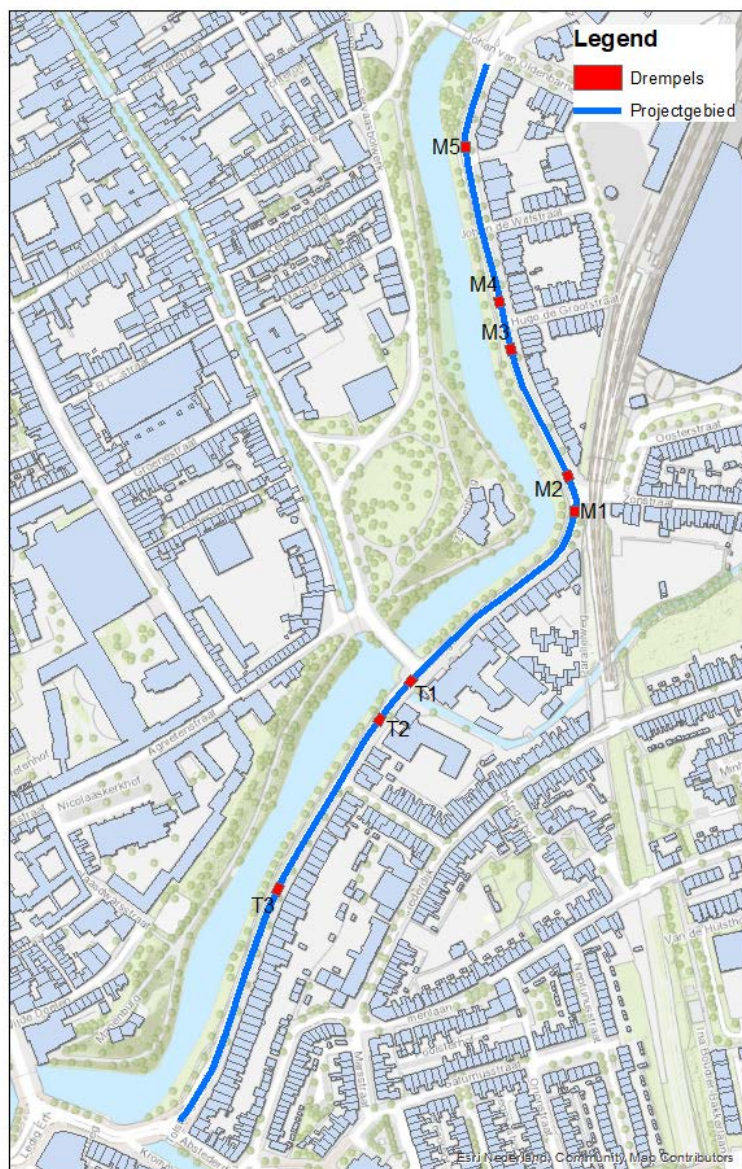
Voorbeeld: zoeklocatie M3

Voor zoeklocatie M3 is er in het geval er een asfaltdrempel met een hoogte van 0.12 m en een opritlengte van 1.5m wordt aangebracht op maximaal 5 nabij gelegen adressen sprake van een voelbare toename van de trillingen.

De maximale procentuele toename van de trillingen bij dit type drempel (op minimaal een van deze adressen) bedraagt maximaal 108%. Een toename van 30% of meer beschouwen we als een voelbare toename.

Bijlage 3

Kaart en toelichting op zoeklocaties



Locatie	Dichtstbijzijnde adres
M1	Maliesingel 65
M2	Maliesingel 60
M3	Maliesingel 57
M4	Tolsteegsingel 45 BS
M5	Maliesingel 42 BS
T1	Maliesingel 79
T2	Tolsteegsingel 2A
T3	Tolsteegsingel 20

Bijlage 4

Leeswijzer bij lezen tabel met resultaten trillingsprognose

Voorbeeldadres: Maliesingel 29

Het adres Maliesingel 29 is gelegen op 11 meter van de weg (Maliesingel). De dichtstbijzijnde 'drempel' is zoeklocatie 'M5'

Er is bij dit adres sprake van een 'gevoelige staat', want het gebouw staat op de monumentenlijst van de gemeente Utrecht. Dit betekent dat er bij de schadebeoordeling strengere grenswaarden van toepassing zijn.

De 'gebouwfactor' waarvan bij deze woning is uitgegaan is 1. Dit betekent dat er geen reductie van het trillingsniveau te verwachten is vanwege grote afmetingen van het gebouw. Indien het gaat om een gebouw met grotere afmetingen dan ligt de waarde lager dan 1.

De 'Vmax' is de maximaal optredende trillingssterkte tijdens een voertuigpassage, en wordt gebruikt voor de toetsing aan streefwaarden voor trillingshinder.

Voor dit adres komt deze variabele in het geval er geen drempel wordt aangebracht ('weg') uit op 0,33. In geval van drempels komen er voor de verschillende type drempels de volgende waarden uit de berekening voor dit adres:

Drempel 1:	0,11
Drempel 2:	0,16
Drempel 3:	0,57
Drempel 4:	0,87

Hoe hoger de 'Vmax' hoe meer hinder van trillingen er optreedt

De 'Vtop' is de maximaal optredende trilsnelheid tijdens een voertuigpassage, en wordt gebruikt voor de toetsing aan grenswaarden voor schade.

Voor dit adres komt deze variabele, in het geval er geen drempel wordt aangebracht ('weg'), uit op 0,22. In geval van drempels komen er voor de verschillende type drempels de volgende waarden uit de berekening voor dit adres:

Drempel 1:	0,07
Drempel 2:	0,11
Drempel 3:	0,38
Drempel 4:	0,58

Hoe hoger de 'Vtop', hoe groter de kans op schade.

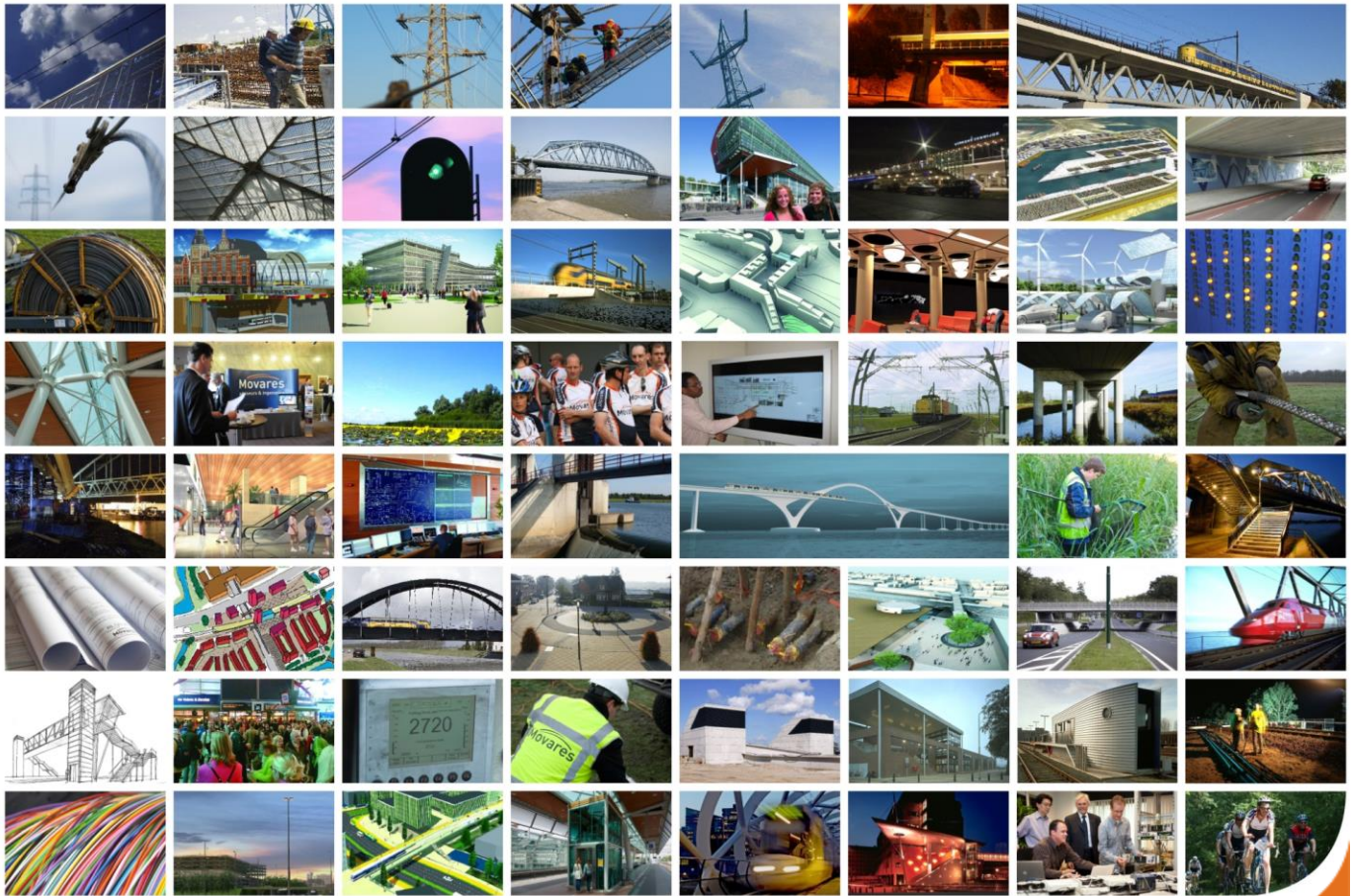
Ten slotte is voor dit adres bij de verschillende type drempels de relatieve toename van de V_{max} en V_{top} berekend ten opzicht van de huidige situatie (zonder drempels). De uitkomsten voor dit adres:

Drempel 1: 0%
Drempel 2: 0%
Drempel 3: 71%
Drempel 4: 161%

Voor de drempeltypes 1 en 2 is op basis van de berekeningen geen toename van de hinder/schade te verwachten. Voor drempeltype 3 is een toename van V_{max} en V_{top} van 71% te verwachten. De toename van V_{max} en V_{top} zijn gelijk omdat beiden evenredig zijn met het trillingsniveau.

Een V_{max} toename van meer dan 30% is een voelbare toename. Bij drempeltype 3 en 4 zal de toename van trillingen voor de meeste mensen voelbaar zijn.

- 1) Alleen drempels en eigenlijk alleen plateaus waren aangewezen als snelheidsremmers. De plateaus bleken toch bij trillingsonderzoek teveel kans te geven op trillingshinder voor mens en woning waardoor deze zijn afgefallen. Daarbij hebben de directe bewoners zich zondermeer uitgesproken tegen dergelijke maatregelen. Wegversmallingen als 'om en om' regelingen zijn niet inpasbaar gelet de inrichting van de weg met fietsstroken en de kans op klem rijden van fietsers t.h.v. deze maatregelen. Dat is niet passend in deze belangrijke fietsroute. In het geval van de Maliesingel is juist de inrichting een sterk punt. Dat sommige lieden de rijsnelheid niet aanpassen heeft deels te maken met het feit dat doorgaand verkeer nog gebruik maakt van deze route. Overwegend rijdt men gemiddeld ca. 30 km/u maar is de V85 met ca. 38 km/u net te hoog.
- 2) Zie 1
- 3) Het herhalen van A1 borden met daarop 30 km/u zone is een veel gestelde vraag maar wordt niet toegepast omdat het een zone betreft. Zoals landelijk de opzet is worden dergelijke zones niet herhaald, dit om een bordenwoud te voorkomen. De landelijke RVV borden met daarop zone zijn immers juist bedoeld om herhalingsborden niet te hoeven plaatsen. Het toepassen van 30km/u plakaten op de weg wordt veelal niet gedaan omdat dit soort voorzieningen niet lang standhoudt en de SW dergelijke maatregelen niet onderhouden. Verder bestaat de kans bij het wel toestaan, de stad vol komt te liggen met dergelijke maatregelen. Hierdoor kan een rommelig straatbeeld ontstaan. Effecten van dergelijke maatregelen zijn over het algemeen van korte duur.



RM006661

7 mei 2019 - Versie 2.0

Autorisatieblad

Malie- en Tolsteegsingel

Trillingsonderzoek verkeersdrempels

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	2E [REDACTED] (2E [REDACTED])	✓	6-05-2019
Gecontroleerd door	2E [REDACTED]	✓	7-05-2019
Vrijgegeven door	2E [REDACTED]	✓	7-05-2019

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Versie historie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting

Samenvatting

In 2016 zijn de Malie- en Tolsteegsingel heringericht. De weg heeft een nieuwe inrichting gekregen waarbij fietsers en gemotoriseerd verkeer van dezelfde rijbaan gebruik maken. De maximumsnelheid is verlaagd van 50 km/u naar 30 km/u. In de praktijk blijkt dat er harder wordt gereden dan de maximumsnelheid, en de gemeente Utrecht is nu van plan om een lagere rijsnelheid te realiseren met verkeersdrempels.

In dit onderzoek is een aantal locaties waar mogelijk verkeersdrempels kunnen worden toegepast beoordeeld op de aspecten trillingshinder en schade door trillingen.

De uitgevoerde trillingsprognose en beoordeling daarvan heeft geleid tot de volgende conclusies:

- Eigenschappen drempels:
 - Asfaltdrempels leiden tot een aanzienlijk lager trillingsniveau dan klinkerdrempels. Dit blijkt uit praktijkmetingen.
 - Drempels met een lange oprit geven lagere trillingsniveaus dan drempels met een korte oprit.
- Trillingsschade
 - In de huidige situatie zijn er geen adressen met overschrijding van de SBR-A grenswaarde.
 - Bij de toepassing van asfaltdrempels zijn er geen overschrijdingen van de SBR-A grenswaarde.
 - Bij de toepassing van klinkerdrempels treden er overschrijdingen op van de SBR-A grenswaarde. Dit betekent dat trillingsschade niet kan worden uitgesloten.
 - De locaties van klinkerdrempels met het minste aantal adressen met kans op trillingsschade zijn M1 en M2
- Trillingshinder:
 - De drempels met de minste trillingshinder zijn in volgorde (van minder hinderlijk naar hinderlijker):
 1. Asfaltdrempel met een oprit van 1.5 meter
 2. Asfaltdrempel met een oprit van 1.0 meter
 3. Klinkerdrempel met een oprit van 1.5 meter
 4. Klinkerdrempel met een oprit van 1.0 meter
 - De drempellocatie met het kleinste aantal adressen waar een voelbare toename van trillingshinder optreedt is M1

Begrippenlijst

SBR-richtlijn	Door de Stichting BouwResearch opgestelde richtlijn om trillingen te beoordelen. De richtlijn bestaat uit 3 delen: <ul style="list-style-type: none">• Deel A: schade aan gebouwen;• Deel B: hinder voor personen in gebouwen;• Deel C: verstoring van apparatuur.
Huidige situatie	Huidige situatie. Situatie van na de herinrichting van de Malie- en Tolsteegsingel (2016), zonder verkeersdrempels
Plansituatie	Situatie die ontstaat na realisatie van het project, in het planjaar 2030.
V_{\max}	Maximaal optredende trillingssterkte gedurende de meetperiode. De trillingssterkte neemt niet toe bij een groter aantal voertuigen.
V_{per}	Trillingsintensiteit gedurende de dagperiode, avondperiode of nachtperiode. De trillingsintensiteit is te vergelijken met het tijdsgemiddelde van de trillingen, waarbij hoge trillingssterktes zwaarder meetellen dan lagere trillingssterktes. De trillingsintensiteit neemt toe bij een groter aantal voertuigen.
V_{top}	Maximale optredende momentane trillingssnelheid, onafhankelijk van het aantal voertuigen.
Dagperiode	Van 7:00 tot 19:00 uur
Avondperiode	Van 19:00 tot 23:00 uur
Nachtperiode	Van 23:00 tot 7:00 uur

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Begrippenlijst	2
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond van dit rapport	5
1.2 Doel van het onderzoek	5
1.3 Algemeen onderzoekskader	5
1.4 Toegepaste kaders en uitgangspunten	5
1.5 Leeswijzer	5
2 Situatiebeschrijving	6
2.1 Studiegebied	6
2.2 Huidige situatie	7
2.3 Plansituatie	7
2.3.1. <i>Uitgangspunten</i>	7
2.4 Rijweggebruik	8
2.4.1. <i>Snelheid</i>	8
2.4.2. <i>Intensiteit</i>	8
2.5 Bodem	9
3 Beoordelingskader trillingen	10
3.1 Inleiding	10
3.2 Beoordelingskader trillingshinder	10
3.3 Beoordelingskader trillingsschade	10
3.4 Type bouwwerk	10
3.5 Type trillingen	10
3.6 Type meting	10
3.7 Trillingsgevoelige fundering	10
4 Onderzoeksopzet	12
4.1 Inleiding	12
4.2 Model voor trillingsprognose	12
5 Resultaten	14
5.1 Inleiding	14
5.2 Prognose per adres	14
5.3 Schade door trillingen	15
5.4 Trillingshinder in de nachtperiode	15
6 Conclusies een aanbevelingen	17
6.1 Conclusies	17
6.2 Overige overwegingen en aanbevelingen ten aanzien van trillingen	17
Colofon	18

Bijlage I Toelichting SBR richtlijnen

Bijlage II Prognosemodel

Bijlage III Resultaten trillingsprognose per adres plus leeswijzer

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van dit rapport

In 2016 zijn de Malie- en Tolsteegsingel heringericht. De weg heeft een nieuwe inrichting gekregen waarbij fietsers en gemotoriseerd verkeer van dezelfde rijbaan gebruik maken. De maximumsnelheid is verlaagd van 50 km/u naar 30 km/u. In de praktijk blijkt dat er harder wordt gereden dan de maximumsnelheid, en de gemeente onderzoekt de mogelijkheden van verkeersdrempels in het streven de rijsnelheid te verlagen. De omwonenden hebben zorgen geuit over trillingshinder ten gevolge van de verkeersdrempels. Naar aanleiding van bewonersavonden heeft de gemeente besloten een aantal locaties, die gunstig lijken gelegen, te onderzoeken op mogelijke trillingshinder en trillingsschade.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te geven in de trillingssterkte en trillingsschade van een achttal locaties voor vier verschillende verkeersdrempels in de Malie- en Tolsteegsingel.

1.3 Algemeen onderzoekskader

Het projectgebied betreft de Malie- en Tolsteegsingel, en loopt van de kruising van de Maliesingel met de Maliebrug tot aan de kruising van de Tolsteegsingel met de Abstederdijk.

1.4 Toegepaste kaders en uitgangspunten

De voorspelde trillingsniveaus worden beoordeeld op de aspecten *hinder voor personen* en *schade aan gebouwen*. De beoordeling van *hinder voor personen* gebeurt aan de hand van de SBR-B richtlijn, en de beoordeling van *schade aan gebouwen* aan de hand van de SBR-A richtlijn

1.5 Leeswijzer

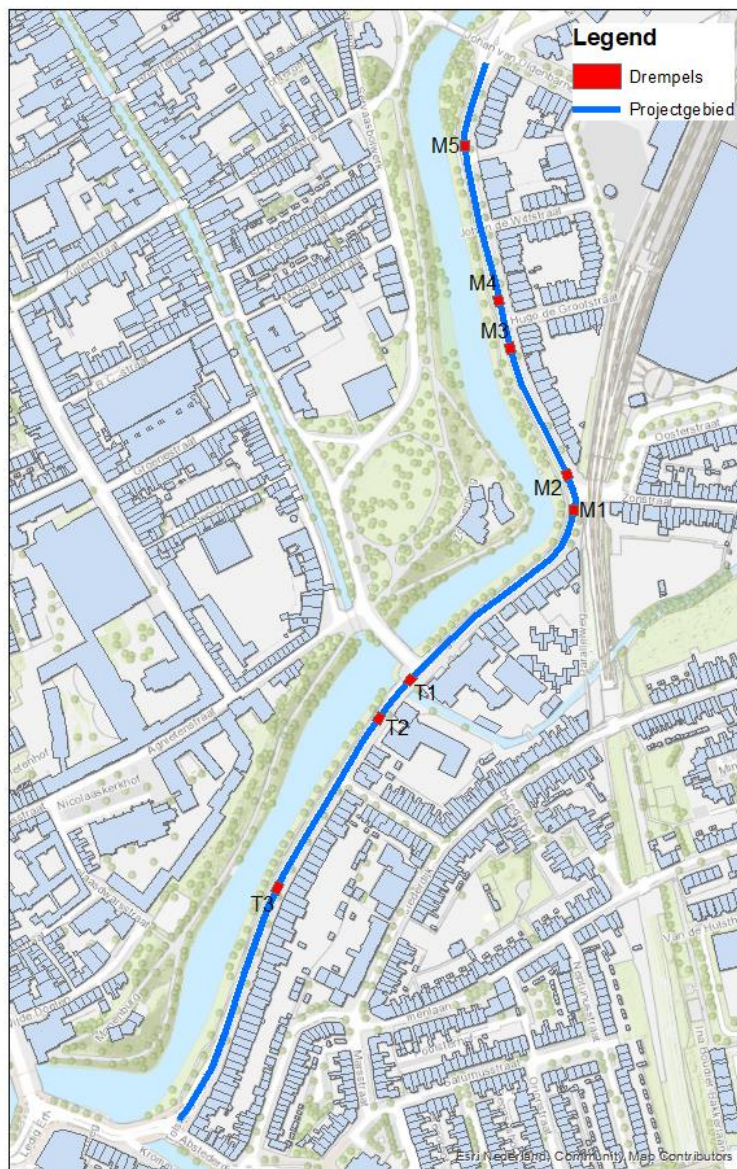
Hoofdstuk 2 bevat de situatiebeschrijving en de uitgangspunten van het onderzoek. In hoofdstuk 3 staat het beoordelingskader en de onderzoeksopzet is beschreven in hoofdstuk 4 is de onderzoeksopzet beschreven. De resultaten staan in hoofdstuk 5, en het rapport eindigt met de conclusies in hoofdstuk 6.

2 Situatiebeschrijving

2.1 Studiegebied

Het studiegebied is weergegeven in Figuur 2-1. Hierin zijn verkeersdrempels mogelijk op de volgende locaties:

Locatie	Omschrijving	Dichtstbijzijnde adres
M1	Tussen de toekomstige aansluiting van de Oosterspoorbaan en de Zonstraat.	Maliesingel 65
M2	Ten noorden van de Zonstraat	Maliesingel 60
M3	Ten zuiden van de Hugo de Grootstraat	Maliesingel 57
M4	Ten noorden van de Hugo de Grootstraat	Tolsteegsingel 45 BS
M5	Ten noorden van Uitweg	Maliesingel 42 BS
T1	Tussen Abstederbrug en de Minstroom	Maliesingel 79
T2	Voor Tolsteegsingel 2A	Tolsteegsingel 2A
T3	Voor Tolsteegsingel 20	Tolsteegsingel 20



Figuur 2-1 Projectgebied met mogelijke locaties voor verkeersdrempels

2.2 Huidige situatie

In 2016 zijn de Malie- en Tolsteegsingel heringericht. De weg heeft een nieuwe inrichting gekregen waarbij fietsers en gemotoriseerd verkeer van dezelfde rijbaan gebruik maken. De maximumsnelheid is verlaagd van 50 km/u naar 30 km/u.

De fietsstroken zijn uitgevoerd in rood asfalt, en het middelste gedeelte van de weg is uitgevoerd in klinkers in keperverband.

2.3 Plansituatie

In de plansituatie komen er mogelijk verkeersdrempels in de Malie- en Tolsteegsingel. Buiten de drempels vinden er geen wijzigingen plaats.

2.3.1. Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten zijn van toepassing:

- DO Plankaart Maliesingel – Tolsteegsingel, definitief ontwerp, plattegrond, Gemeente Utrecht, Projectnummer 330.0020.18, 29 oktober 2015

- Casusbeschrijving onderzoek trillingen bij aanbrengen plateaus op Malie- en Tolsteegsingel, geleverd in e-mail van [2E] aan [2E] dd 24-01-2019
- Planlocaties Tolsteegsingel en Maliesingel, geleverd in e-mail van [2E] aan [2E] dd 24-01-2019
- Rapport “Bespreking van en toelichting op bij het rapport gevoegde berekening met nummer 72.701”, 27-7-2017, Vifeb, dossiernummer 170.330.008, 27-7-2017
- We beschouwen voor de toekomstige situatie 4 typen drempels:
 - Klinkers met een hoogte van 0.12 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1,50 meter
 - Klinkers met een hoogte van 0.08 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1.00 meter
 - Asfalt met een hoogte van 0.12 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1,50 meter
 - Asfalt met een hoogte van 0.08 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1.00 meter
- Gegevens over bodem afkomstig uit het dinoloket:
 - Sonderingen S31H01050, S31H01051, S31H01267, S31H01269
 - Boringen B31H2919, B31H3022, B31H3051, B31H3050, B31H1676, B31H2029, B31H0256, B31H1675, B31H234, B31H0297

2.4 Rijweggebruik

De weg is zo ingericht, dat auto's en vrachtwagens vooral over de klinkerstrook in het midden van de weg rijden. Als 2 voertuigen elkaar passeren, dan wijken ze uit over de asfaltfietsstroken, en rijden dan vlak langs de rand van de weg.

2.4.1. Snelheid

De maximum toegestane snelheid op de Malie- en Tolsteegsingel is 30 km/uur. Uit metingen bij verkeerstellingen is gebleken dat er op de Malie- en Tolsteegsingel regelmatig te hard wordt gereden (zie Tabel 2-1).

Tabel 2-1 Bij verkeerstellingen gemeten rijksnelheden (van 29-11-2018 tot 13-12-2018). V85-waarde is de snelheid die in 85% van de gevallen niet wordt overschreden.

Locatie	Richting Noord		Richting Zuid	
	Gemiddeld	V85	Gemiddeld	V85
Tolsteegsingel tussen Abstederdijk en Looierstraat	33	43	35	45
Maliesingel tussen Zonstraat en H. de Grootstraat	34	45	36	47

De maximumsituatie blijft 30 km/uur in de plansituatie. In de plansituatie worden (mogelijk) verkeersdrempels toegepast, waarvan verwacht mag worden dat die in de praktijk tot een snelheidsverlaging leiden.

2.4.2. Intensiteit

De gemeente Utrecht heeft verkeerstellingen laten uitvoeren van 29-11-2018 tot 13-12-2018. Een samenvatting van deze cijfers is opgenomen in Tabel 2-2. Vooral het zware vrachtverkeer zal tot voelbare trillingen leiden in de woningen langs de Malie- en

Tolsteegsingel. Uit de verkeerscijfers blijkt dat er zwaar vrachtverkeer rijdt in de dag-avond- en nachtperiode. Het zware verkeer blijft beperkt tot maximaal enkele voertuigpassages per uur.

Tabel 2-2 Samenvatting verkeerstellingen Malie- en Tolsteegsingel (voertuigen per uur)

Locatie	periode	Richting Noord			Richting Zuid		
		licht	Mzw	Zw	licht	Mzw	Zw
Tolsteegsingel tussen Abstederdijk en Looierstraat	dag	109.6	2.4	1.0	141.6	4.0	1.5
	avond	62.3	1.3	0.6	78.2	2.2	0.8
	nacht	13.9	0.3	0.1	16.1	0.5	0.2
Maliesingel tussen Zonstraat en H. de Grootstraat	dag	111.7	2.4	1.0	170.6	3.7	1.6
	avond	55.0	1.2	0.5	84.1	1.8	0.8
	nacht	10.4	0.2	0.1	16.6	0.4	0.2

Licht: Licht verkeer (2 assen, asafstand < 3,7 meter)

Mzw: Middelzwaar verkeer (2 assen, asafstand > 3,7 meter)

Zw: Zwaar verkeer (3 of meer assen)

2.5 Bodem

De bodem langs de Malie- en Tolsteegsingel is overwegend zandig, maar in de bovenste meters komt op verschillende locaties ook klei voor. Op korte afstand kunnen er grote variaties optreden, waardoor het op basis van het beschikbare grondonderzoek niet goed mogelijk is om per drempellocatie de bodemsamenstelling vast te stellen.

3 Beoordelingskader trillingen

3.1 Inleiding

Wegverkeer kan aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen leiden tot hinder of schade. In dit trillingsonderzoek worden deze twee aspecten van trillingen beschouwd. De gehanteerde beoordelingsmethodiek voor zowel trillingshinder als trillingsschade wordt in dit hoofdstuk nader toegelicht.

3.2 Beoordelingskader trillingsschade

In dit onderzoek wordt er getoetst aan de SBR-A richtlijn (2017), zie Bijlage I. De SBR richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen.

De aanpak in de SBR A-richtlijn is als volgt: de gemeten trillingssnelheid wordt gecorrigeerd voor het aantal meetpunten (type meting). De te hanteren grenswaarden worden bepaald aan de hand van het type gebouw, trillingsbron en de gevoeligheid van de fundering in combinatie met de dominante frequentie van de meting. Vervolgens worden de rekenwaarden van de gemeten grootheden getoetst aan deze grenswaarden.

3.3 Beoordelingskader trillingshinder

Voor de beoordeling van de trillingssterkte is de SBR-B richtlijn het uitgangspunt. In Bijlage I staat een toelichting op deze richtlijn.

3.4 Type bouwwerk

De panden aan de Malie- en Tolsteegsingel hebben een draagconstructie van metselwerk, en worden voor de schadebeoordeling ingedeeld in categorie 2. Uit de monumentenlijst van de gemeente Utrecht blijkt dat een groot aantal panden aan de Malie- en Tolsteegsingel monumenten zijn. Dit betekent dat deze panden in de SBR-A beoordeling worden ingedeeld als trillingsgevoelig.

3.5 Type trillingen

Verkeerstrillingen worden voor de schadebeoordeling ingedeeld als “herhaald kortdurende trillingen”. Hierbij behoort een veiligheidsfactor 1,5. Verder blijkt uit metingen dat verkeerstrillingen van vrachtverkeer vaak tot laagfrequente trillingen leiden (ca. 5-15 Hz). Dit betekent dat de maatgevende grenswaarden voor frequenties ≤ 10 Hz van toepassing zijn.

3.6 Type meting

De grenswaarde is o.a. afhankelijk van het type meting, in Tabel 3-1 zijn voor een categorie 2 gebouw en voor een trillingsgevoelig categorie 2 gebouw de bijhorende grenswaarden weergegeven, uitgaande van een frequentie ≤ 10 Hz en herhaald kortdurende trillingen.

Tabel 3-1 Grenswaarden SBR-A richtlijn, Categorie 2. Het type meting (indicatief) is verwerkt in de grenswaarde ten behoeve van de vergelijking met de trillingsprognose.

SBR-A GRENSWAARDE [MM/S]	
Categorie 2	Categorie 2 gevoelig (monument)
Indicatief	Indicatief
2.1	1.2

3.7 Trillingsgevoelige fundering

De grenswaarde is ook afhankelijk van de trillingsgevoeligheid van de fundering. Vanwege het bouwjaar en de overwegend zandige grondslag gaan we er van uit dat alle panden aan de Malie- en Tolsteegsingel op staal gefundeerd zijn (fundering zonder

heipalen), en daarmee een trillingsgevoelige fundering hebben. De grenswaarden voor de constructie zijn echter maatgevend, en deze worden toegepast in de beoordeling.

4 Onderzoeksopzet

4.1 Inleiding

De aanpak bestaat uit een trillingsprognose op basis van empirische relaties die Movares heeft vastgesteld aan de hand van trillingsmetingen die in het verleden zijn uitgevoerd. Het gaat om de volgende metingen:

- trillingsmetingen in woningen langs buslijnen in Utrecht;
- metingen langs wegen bij verschillende snelheden voor effect van het verhogen of verlagen van de rijsnelheid;
- metingen bij verschillende typen verkeersdrempels voor de invloed van drempels (de drempeltoeslag);
- metingen op verschillende afstanden van de weg voor het effect van het uitdempen van de trillingen met de afstand (afstandseffect).

De prognose gebeurt voor acht door de gemeente voorgestelde locaties. Per locatie worden de berekende trillingen getoetst aan de SBR-B en SBR-A richtlijn.

Er zijn geen trillingsmetingen langs de Malie- en Tolsteegsingel beschikbaar. Daarom zijn meetresultaten bij andere woningen gebruikt, waar is gemeten op verdiepingvloeren. Ook is er gemeten op vloeren die vergelijkbaar zijn met de vloeren langs de Malie- en Tolsteegsingel, namelijk houten vloeren.

De berekening betreft een “best guess” prognose. Dit houdt in dat de uitgangspunten voor de prognose zo realistisch mogelijk zijn ingeschat. In werkelijkheid kunnen de trillingsniveaus hierdoor lager of hoger zijn. Desondanks kan de “best guess” prognose goed worden gebruikt om de verschillende drempellocaties met elkaar te vergelijken. Bij de toepassing van een “worst case scenario” (ongunstige uitgangspunten), gaan de invloedsgebieden van de verkeersdrempels elkaar meer overlappen, en wordt het onderscheid tussen het trillingseffect van de verschillende drempellocaties minder duidelijk.

4.2 Model voor trillingsprognose

De relatie tussen de afstand tot de rijbaan en de trillingssterkte wordt bepaald met de Barkan vergelijking, die de afname van de trillingssterkte met de afstand beschrijft. De Barkan vergelijking is algemeen toepasbaar voor de berekening van de afname van het trillingsniveau met de afstand tot een trillingsbron. Deze vergelijking heeft de volgende vorm:

$$V_{max}(r) = V_{max}(r_0) \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \cdot e^{-\alpha(r-r_0)}$$

waarin:

V_{max}	de effectieve trilsnelheid in een gebouw op afstand r ,
r	de afstand tot de as van de rijbaan,
r_0	de referentieafstand,
n	parameter die de geometrische spreiding beschrijft,
α	parameter die de demping in de bodem beschrijft.

De trillingssterkte is verder nog afhankelijk van onder meer het type gebouw, het type wegdek, het type drempel en de rijsnelheid. In Bijlage II staat beschreven hoe deze

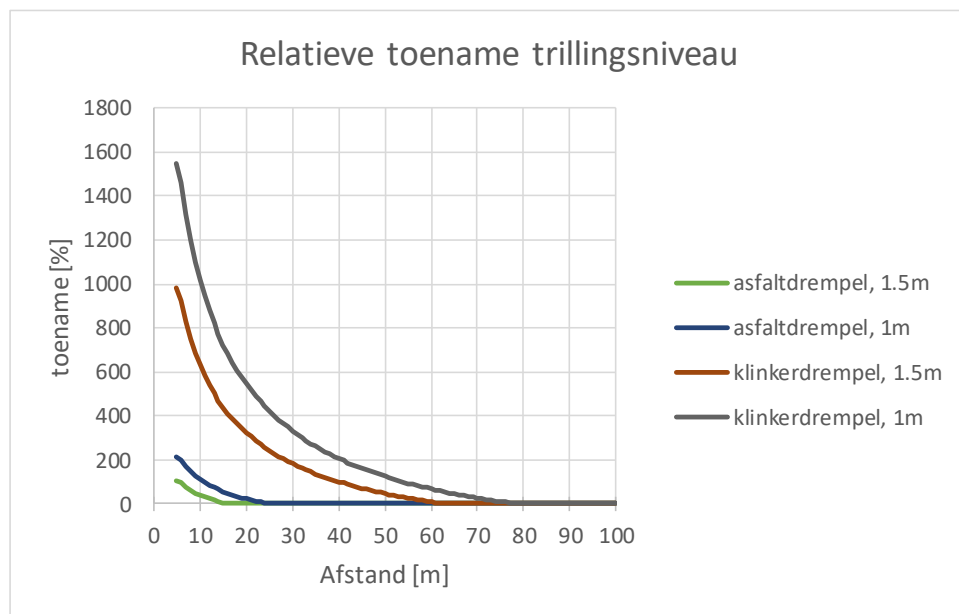
aspecten in het prognosemodel zijn verwerkt. Het prognosemodel is deels gebaseerde op gegevens van metingen, en deels op basis van theoretische modellen.

5 Resultaten

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de resultaten van de trillingsprognose. In paragraaf 5.2 staat een trillingsprognose per adres voor de dichtstbijzijnde drempel. Om de verschillende opties voor de drempels tegen elkaar af te kunnen wegen, is in paragraaf 5.3 per drempel het aantal adressen met overschrijdingen van grenswaarden voor schade aangegeven, en in paragraaf 5.4 het aantal adressen met een voelbare toename van trillingen.

In Figuur 5-1 is te zien welke relatieve toename van de trillingssterkte het prognosemodel geeft, afhankelijk van de afstand tot de drempel. Hierbij is uitgegaan van een afstand van 6 meter tot de huidige weg omdat woningen langs de Malie- en Tolsteegsingel vaak ongeveer op die afstand van de weg liggen. De figuur is als volgt te lezen: in een woning die op 6 meter afstand van de weg ligt, en waar op een afstand van 20 meter een nieuwe klinkerdrempel met een oprit van 1m komt, neemt het trillingsniveau met ca. 550% toe. Vooral de klinkerdrempels kunnen tot op een grote afstand van de drempel tot een toename leiden.



Figuur 5-1 Relatieve toename van de trillingssterkte en de trilsnelheid, afhankelijk van de afstand van de afstand tot de drempel

5.2 Prognose per adres

Voor de adressen binnen een afstand van 100 meter vanaf de mogelijke verkeersdrempels is een trillingsprognose gemaakt. Het resultaat van deze prognose staat in Bijlage III. Per adres is de afstand tot de dichtstbijzijnde drempel bepaald, en de afstand tot de weg. Vervolgens is per adres de trillingssterkte V_{\max} en de trilsnelheid V_{top} berekend voor de verschillende drempelopties. Verder is de relatieve toename van de trillingssterkte ten gevolge van de verkeersdrempel gegeven. Indien het appartementengebouw betreft, dan zijn voor alle adressen binnen het gebouw dezelfde waarden van toepassing.

5.3 Schade door trillingen

In Tabel 5-1 is te zien hoeveel overschrijdingen van de SBR-A grenswaarde er optreden bij de verschillende drempellocaties. In de huidige situatie en bij de asfaltdrempels zijn er geen overschrijdingen van de grenswaarde. Bij de klinkerdrempels treden er wel overschrijdingen van de SBR-A grenswaarde op. Dit betekent dat trillingsschade niet kan worden uitgesloten als de drempels uitgevoerd worden in klinkers, terwijl er bij asfaltdrempels geen overschrijdingen worden verwacht.

Tabel 5-1 Aantal adressen met SBR-A grenswaarde overschrijdingen

	weg, huidig	asfaltdrempel	asfaltdrempel	klinkerdrempel	klinkerdrempel
		h=0.12m	h=0.08m	h=0.12m	h=0.08m
		oprit=1.5m	oprit=1.0m	oprit=1.5m	oprit=1.0m
M1	0	0	0	0	1
M2	0	0	0	1	1
M3	0	0	0	5	6
M4	0	0	0	6	6
M5	0	0	0	2	4
T1	0	0	0	22	22
T2	0	0	0	3	4
T3	0	0	0	7	13

5.4 Trillingshinder

Om de hinder door trillingen van de verschillende drempels te beoordelen en te vergelijken, beschouwen we per drempel het aantal adressen waar een voelbare toename van trillingen optreedt door de aanleg van de drempel. In de tabel in Bijlage III is per adres gegeven hoe groot de toename is. Een toename van 30% of meer beschouwen we als een voelbare toename. Uit de voorgaande paragraaf (5.3) blijkt dat schade door trillingen niet kan worden uitgesloten als de verkeersdrempels worden uitgevoerd als klinkerdrempel. Omdat schade door trillingen voorkomen dient te worden, worden de klinkerdrempels verder buiten beschouwing gelaten.

In Tabel 5-2 is per drempel het aantal adressen weergegeven waarvoor een voelbare toename van trillingen wordt voorspeld. De drempellocatie met de minste toename is M1. Hier is geen voelbare toename van trillingen voorspeld. Bij de overige drempellocaties zijn er één of meer adressen met een voelbare toename van trillingen voorspeld.

Tabel 5-2 Aantal adressen met SBR-B een voelbare toename van trillingen (toename $V_{\max} > 30\%$) per drempel. Tevens is de maximale procentuele toename weergegeven.

	asfaltdrempel		asfaltdrempel	
	h=0.12m, oprit =1.5m		h=0.08m, oprit=1.0m	
	Aantal adressen	Maximale toename	Aantal adressen	Maximale toename
M1	0	0%	0	1%
M2	1	106%	4	215%
M3	5	108%	5	218%
M4	6	99%	7	205%
M5	3	107%	5	216%
T1	24	75%	25	167%
T2	2	78%	3	172%
T3	8	104%	12	211%

Voorbeeld interpretatie Tabel 5-2

Voor zoeklocatie M3 is er in het geval er een asfaltdrempel met een hoogte van 0.12 m en een opritlengte van 1.5m wordt aangebracht op maximaal 5 nabij gelegen adressen sprake van een voelbare toename van de trillingen.

De maximale procentuele toename van de trillingen bij dit type drempel (op minimaal een van deze adressen) bedraagt maximaal 108%. Een toename van 30% of meer beschouwen we als een voelbare toename.

6 Conclusies een aanbevelingen

6.1 Conclusies

Ten aanzien van de afweging tussen de verschillende opties voor verkeersdrempels in de Malie- en Tolsteegsingel zijn uit de trillingsprognose de volgende conclusies van toepassing, op basis van een prognosemodel:

- Eigenschappen drempels:
 - Asfaltdrempels leiden tot een aanzienlijk lager trillingsniveau dan klinkerdrempels. Dit blijkt uit praktijkmetingen.
 - Drempels met een lange oprit geven lagere trillingsniveaus dan drempels met een korte oprit.
- Trillingsschade
 - In de huidige situatie zijn er geen adressen met overschrijding van de SBR-A grenswaarde.
 - Bij de toepassing van asfaltdrempels zijn er geen overschrijdingen van de SBR-A grenswaarde.
 - Bij de toepassing van klinkerdrempels treden er overschrijdingen op van de SBR-A grenswaarde. Dit betekent dat trillingsschade niet kan worden uitgesloten.
 - De locaties van klinkerdrempels met het minste aantal adressen met kans op trillingsschade zijn M1 en M2
- Trillingshinder:
 - De drempels met de minste trillingshinder zijn in volgorde (van minder hinderlijk naar hinderlijker):
 1. Asfaltdrempel met een oprit van 1.5 meter
 2. Asfaltdrempel met een oprit van 1.0 meter
 3. Klinkerdrempel met een oprit van 1.5 meter
 4. Klinkerdrempel met een oprit van 1.0 meter
 - De drempellocatie met het kleinste aantal adressen waar een voelbare toename van trillingshinder optreedt is M1

6.2 Overige overwegingen en aanbevelingen ten aanzien van trillingen

Ten aanzien van trillingen kunnen nog de volgende overwegingen meespelen voor de locatiekeuze van de drempels:

- Drempels op een slappe ondergrond (bijvoorbeeld klei) blijken vaker tot klachten te leiden dan drempels op een stevige ondergrond (zand). Uit het grondonderzoek blijkt dat de bodemopbouw in de bovenste meters sterke variaties vertoont.
- Als er bij drempels overgangen ontstaan tussen verschillende typen wegdekverharding (asfalt en klinkers), dan is het van belang dat deze zo wordt uitgevoerd dat de klinkers niet harder zakken dan het asfalt. Stootplaten kunnen hierbij zettingsverschillen reduceren.

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Utrecht

2E

2E

2E

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur: Waterbouw, Geotechniek en Dynamica

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon

2E

Ondertekenaar

2E

2E

Projectnummer RM006661

Kenmerk D79-WGA-KA-1900019

© 2019, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I Toelichting SBR richtlijnen

De SBR richtlijnen voor trillingen bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen
- Deel C: verstoring van apparatuur

SBR Richtlijn deel A (schade aan gebouwen)

De SBR richtlijn (2017) beschrijft hoe specifieke grenswaarden kunnen worden vastgesteld om trillingssnelheden in gebouwen te toetsen op schade. Als de grenswaarden worden overschreden, is de kans op schade door trillingen groter dan 1%.

De rekenwaarden, en bijbehorende grenswaarden voor trillingen, ter beoordeling van schade worden volgens SBR A-richtlijn (2017) vastgesteld op basis van vier beoordelingscriteria: gebouwclassificatie, type trillingsbron, type meting en trillingsgevoelige fundering.

Type bouwwerk

Gebouwclassificatie omvat het type bouwwerk, de bouwkundige staat, en of het pand wel of niet een monumentale status heeft. Deze classificatie vindt plaats op basis van het bouwjaar en gebouwkenmerken, volgend uit de bij de woning behorende BAG-gegevens en de gemeentelijke monumentenlijst.

Er worden drie verschillende typen bouwwerken onderscheiden:

- *Categorie 1:*
In goede staat verkerende onderdelen van een draagconstructie indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout en draagconstructies van bouwwerken die geen gebouw zijn en bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.
- *Categorie 2:*
In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk; in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brossen steenachtige materialen.
- *Categorie 2 (gevoelig):*
Onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde. In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of onderdelen daarvan.

Type trillingen

De SBR-A onderscheidt drie verschillende typen trillingsbronnen. Elk type trillingsbron geeft een bepaalde veiligheidsfactor.

- *Incidentele kortdurende trillingen:*
Bronnen die incidenteel voorkomende kortdurende trillingen veroorzaken ten gevolge van een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering dat er geen rekening behoeft te worden gehouden met vermoeiingseffecten van constructiematerialen. Voorbeelden van dit type trillingen zijn explosies en botsingen. De veiligheidsfactor voor dit type trilling is 1.0.
- *Herhalende kortdurende trillingen:*
Bronnen die herhaalde kortdurende belastingen veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden bronnen verstaan die zodanig vaak voorkomen dat met vermoeiingseffecten in materialen rekening moet worden gehouden. Heiwerkzaamheden, treinen en verkeer vallen bijvoorbeeld binnen deze categorie. De veiligheidsfactor voor dit type trilling is 1.5.
- *Continue trillingen:*
Bronnen die continue trillingen veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld. Resonanties en / of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een gebouw kunnen optreden. Voorbeelden van dit type trillingen zijn machines met roterende onderdelen, vibratoren of verdichtingswerk d.m.v. trilwalsen. De veiligheidsfactor voor dit type trilling is 2.5.

Type meting

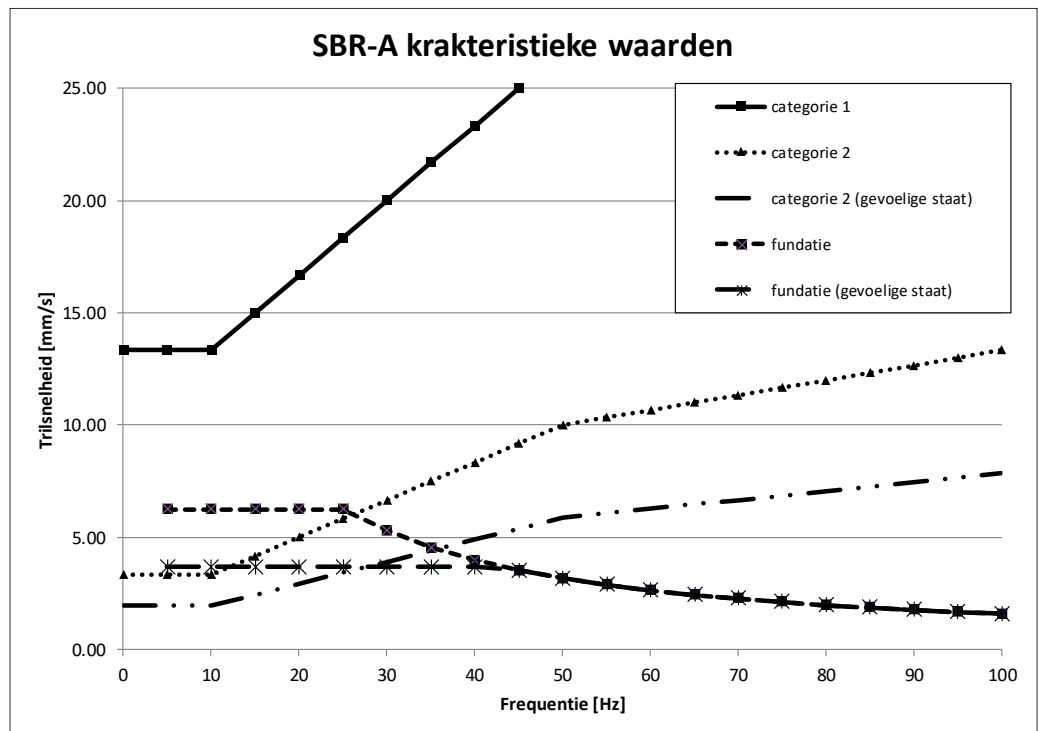
Het type meting bepaald mede de toe te passen veiligheidsfactor.

- *Indicatieve meting:*
Bij een indicatieve meting wordt op één meetpunt in drie richtingen gemeten. Dit meetpunt wordt gemonteerd op een stijf punt aan de fundering. De gekozen horizontale richtingen worden zoveel mogelijk parallel gehouden aan de hoofdassen van het gebouw. De veiligheidsfactor is 1.6.
- *Beperkte meting:*
Bij een beperkte meting wordt op twee meetpunten gemeten. Hierbij is het eerste meetpunt op dezelfde wijze en locatie geplaatst als het meetpunt voor een indicatieve meting. Het tweede meetpunt bevindt zich bovenin op een stijf punt van de draagconstructie van het gebouw, en meet in twee horizontale richtingen parallel aan de hoofdassen van het gebouw. De veiligheidsfactor is 1.4. Bij een trillingsgevoelige fundering wordt er bij een beperkte meting een extra meetpunt op een stijf punt van de fundering toegevoegd.
- *Uitgebreide meting:*
Bij een uitgebreide meting dient een groter aantal meetpunten te worden gemeten, als aanvulling op de beperkte meting (een uitgebreide beschrijving is in de SBR trillingsrichtlijn deel A gegeven). De veiligheidsfactor is 1.0.

Trillingsgevoelige fundering

Voor een trillingsgevoelige fundering is een aanvullende beoordeling nodig, waardoor de grenswaarden bij hogere frequenties lager komen te liggen. Bij de frequenties die optreden bij wegverkeer, zullen de grenswaarden voor de trillingsgevoelige fundering echter niet maatgevend zijn.

De grenswaarden voor trillingssnelheden voor de verschillende typen gebouwen zijn weergegeven in Figuur I-1. Deze grenswaarden zijn afhankelijk van de dominante frequentie van de gemeten trilling.



Figuur I-1 Grenswaarden uit SBR A-richtlijn voor een uitgebreide meting bij herhaald kortdurende trillingen.

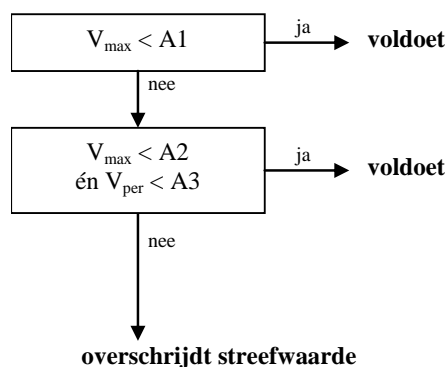
SBR Richtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

Voor de beoordeling van de trillingssterkte is de SBR-B richtlijn het uitgangspunt. In onderstaand tabel staan de uitgangspunten voor dit onderzoek, nodig voor het bepalen van de streefwaarden.

Item	Indeling	Motivatie
Gebouwfunctie	Wonen / Kantoren / Bijeenkomsten *	Langs de Malie- en Tolsteegsingel staan zowel woningen als kantoren / bijeenkomstgebouwen
Trillingsvorm	Herhaald voorkomende trillingen, gedurende lange tijd	Wegverkeer valt onder herhaald voorkomende trillingen
Bestaande, gewijzigde of nieuwe situatie	Nieuwe situatie	Nabij de verkeersdrempels is er sprake van een nieuwe situatie, omdat het om nieuwe verkeersdrempels gaat.

* Kantoren, bijeenkomstgebouwen en scholen zijn ingedeeld als gebruiksfunctie "kantoor", omdat de streefwaarden voor deze gebruiksfuncties gelijk zijn.

Voor het beoordelen van de waarde V_{\max} moet onderstaand schema worden doorlopen. Wanneer de gemeten waarde lager uitvalt dan A1, voldoet de locatie. Wanneer dit niet het geval is, kan via een tweede mogelijkheid de locatie alsnog voldoen. De gemeten V_{\max} moet dan lager zijn dan A2, waarbij tevens de gemeten V_{per} lager is dan de opgegeven A3 waarde. De interpretatie staat schematisch weergegeven in Figuur I-1.



Figuur I-1 Stroomschema interpretatie toetsingswaarden A1, A2 en A3

In Tabel I-1 zijn de streefwaarden A1, A2 en A3 uit de SBR-B richtlijn opgenomen voor nieuwe situaties omdat de SBR-B richtlijn een nieuwe verkeersdrempel voorschrijft als een nieuwe situatie.

Tabel I-1 Streefwaarden voor nieuwe situaties, gearceerde waarden zijn van toepassing bij de Malie- en Tolsteegsingel

toetsingswaarden nieuwe situatie, herhaald voorkomende trillingen						
gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
2. Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
3. Kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
4. Bijeenkomsten	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

Omdat er zowel overdag als 's nachts verkeer rijdt, is bij de gebouwfunctie “wonen” de A2-waarde in de nacht maatgevend.

Bijlage II Prognosemodel

De relatie tussen de afstand tot de rijbaan en de trillingssterkte wordt bepaald met de Barkan vergelijking, die de afname van de trillingssterkte met de afstand beschrijft. De Barkan vergelijking is algemeen toepasbaar voor de berekening van de afname van het trillingsniveau met de afstand tot een trillingsbron. Deze vergelijking heeft de volgende vorm:

$$V_{max}(r) = V_{max}(r_0) \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^n \cdot e^{-\alpha(r-r_0)}$$

waarin:

V_{max}	de effectieve trilsnelheid in een gebouw op afstand r ,
r	de afstand tot de as van de rijbaan,
r_0	de referentieafstand,
n	parameter die de geometrische spreiding beschrijft,
α	parameter die de demping in de bodem beschrijft.

De trillingssterkte is verder afhankelijk van de rijksnelheid, het type wegdek, het type en de geometrie van de drempel en het gebouw. Deze aspecten zijn verwerkt in het prognosemodel. Voor een aantal van deze aspecten is uitgegaan van gegevens van metingen, en voor een aantal aspecten is uitgegaan van theoretische modellen.

De gehanteerde modelparameters zijn “best guess”, zodat een zo goed mogelijke inschatting wordt gegeven van de situatie met verkeersdrempels.

Rijksnelheid

De trillingssterkte wordt in de prognose evenredig verondersteld met de rijksnelheid van de vrachtwagens (trillingen nemen dus lineair toe met de rijksnelheid).

Huidige situatie

Op basis van metingen op verschillende locaties in Utrecht van Movares uit het verleden worden langs Malie- en Tolsteegsingel de volgende representatieve Barkan parameters aangehouden, uitgaande van een gemiddelde snelheid van ca. 35 km/uur. De metingen zijn uitgevoerd op locaties die maatgevend zijn voor trillingshinder in gebouwen, zoals op een verdiepingsvloer. De prognose die gebaseerd is op deze metingen, is daarom representatief voor trillingshinder in gebouwen.

Deze prognose is van toepassing op asfaltwegen. De speciale constructie van de Malie- en Tolsteegsingel heeft ook klinkers in het midden. Het is niet bekend hoe een dergelijke wegconstructie zich gedraagt wat betreft trillingen. We gaan voor de huidige situatie uit van een asfaltweg. Door uit te gaan van asfalt, wordt de huidige situatie niet overschat, waardoor de vergelijking tussen de toekomstige situatie en de huidige situatie niet snel te gunstig uitvallen in het voordeel van verkeersdrempels. De vergelijking van de toekomstige situatie ten opzichte van de huidige situatie kan daarom worden gezien als een “worst case scenario”.

	$V_{max}(r_0)$	r_0	n	α
Malie- en Tolsteegsingel	0.44	5	0.2	0.02

Voor de gebouwen langs de Malie- en Tolsteegsingel is de maatgevende rekenafstand r tot de weg as aangenomen.

We merken op dat trillingen van wegverkeer zeer sterk afhankelijk zijn van de kwaliteit van het wegdek. Bij oneffenheden in het wegdek kan de trillingssterkte aanzienlijk toenemen. In de prognose gaan we uit van een gemiddeld (asfalt) wegdek. Door de aanwezigheid van klinkers, is de prognose van de huidige situatie een ondergrens. Door voor de huidige situatie uit te gaan van een ondergrens, zal de vergelijking met de toekomstige situatie met verkeersdrempels niet te gunstig uitvallen in het voordeel van de verkeersdrempels.

Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie zijn er verkeersdrempels aanwezig. We gaan er vanuit dat door de snelheidsremmende werking van de verkeersdrempels de gemiddelde snelheid omlaag gaat naar 30 km/uur. In de huidige situatie is de gemiddelde snelheid ca. 35 km/uur. Uitgaande van een lineair verband, neemt de trillingssterkte hierdoor af met een factor $30/35=0.86$. Uit metingen bij wegverkeer blijkt dat de relatie tussen de trillingssterkte en de rijsnelheid ongeveer lineair is.

Asfaltdrempels

Movares heeft binnen een intern onderzoek met metingen een drempelfactor van een asfaltweg voor buspassages bepaald. De gemiddelde snelheid van de gemeten bussen bedroeg 28 km/uur, en is daarmee vergelijkbaar met de rijsnelheid op de Malie- en Tolsteegsingel in de toekomstige situatie (maximaal 30 km/uur). De meting leidt tot een drempelfactor is gelijk aan 2 voor de dominante frequentie van 10 Hz.

De gemeten drempel heeft een hoogteverschil van 10 centimeter over een lengte van 1,5 meter. Met een dynamische simulatie is bepaald hoe de uitgeoefende krachten van een vrachtwagen zich bij de drempelgeometrieën van de Malie- en Tolsteegsingel verhouden tot de drempel waarbij metingen zijn verricht binnen het frequentiegebied van 5-15 Hz. Voor alle drempels is uitgegaan van een sinusvormige oprit. Uit de simulatie blijkt dat vooral de lengte van de oprit bepalend is voor de uitgeoefende kracht.

Dit geeft de volgende verhoudingen:

lengte oprit	lengte plateau	hoogte	factor t.o.v. meting
1	4.8	0.08	1.8
1.5	4.8	0.12	1.2

De drempelfactor is gemeten op een referentieafstand van $r_0=5$ meter. Verder is een drempel te beschouwen als een puntbron, wat leidt tot een waarde $n=0.5$ in de Barkan vergelijking voor de relatie tussen de afstand tot de drempel en de trillingssterkte.

Malie- en Tolsteegsingel asfaltdrempel	$V_{max}(r_0)$	r_0	n	α
Oprit 1.5 m, hoogte 0.12 m	0.94	5	0.5	0.02
Oprit 1.0 m,	1.43	5	0.5	0.02

hoogte 0.08 m				
---------------	--	--	--	--

Klinkerdrempels

De klinkerdrempel bevindt zich tussen asfalt. Net als voor de asfaltdrempels, geldt voor de klinkerdrempels dat Movares binnen een intern onderzoek met metingen een drempelfactor van een asfaltweg voor buspassages is bepaald. De gemiddelde snelheid van de bussen bedroeg 28 km/uur, en is daarmee vergelijkbaar met de rijnsnelheid op de Malie- en Tolsteegsingel in de toekomstige situatie (maximaal 30 km/uur). De drempelfactor is gelijk aan 10.5 voor de dominante frequentie van 10 Hz.

De drempelfactor is gemeten op een referentieafstand van $r_0=5$ meter. Verder is een drempel te beschouwen als een puntbron, wat leidt tot een waarde $n=0.5$ in de Barkan vergelijking voor de relatie tussen de afstand tot de drempel en de trillingssterkte.

Malie- en Tolsteegsingel klinkerdrempel	$V_{max}(r_0)$	r_0	n	α
Oprit 1.5 m, hoogte 0.12 m	4.93	5	0.5	0.02
Oprit 1.0 m, hoogte 0.08 m	7.40	5	0.5	0.02

Gebouw

Grote gebouwen laten vanwege hun afmetingen en zware fundering trillingen minder sterk door dan kleinere gebouwen. Bij grote gebouwen gaat het om bijvoorbeeld hoogbouw, en gebouwen waarbij de afmetingen in horizontale richting $\gg 10$ meter zijn. Voor grote gebouwen wordt aangehouden dat de trillingssterkte een factor 0.6 is van de trillingssterkte van kleinere gebouwen.

Bepaling trillingsintensiteit over beoordelingsperiode v_{per}

De verkeersintensiteit van het vrachtverkeer op de Malie- en Tolsteegsingel is dermate laag, dat voor de beoordeling van de hinderbeleving alleen de maximale trillingssterkte V_{max} van belang is. De trillingssterkte van gewone personenauto's is ten opzichte van de trillingssterkte van vrachtverkeer zo laag, dat passages van personenauto's voor de hinderbeleving niet relevant zijn.

Onderzoek naar trillingsschade

Voor de beoordeling van schade door trillingen is de maximale trilsnelheid V_{top} op de constructie van belang. We gaan er vanuit dat de trillingssterkte op de constructie (funderingsniveau) een factor 3 lager is dan op de vloer waarvoor de trillingshinderprognose is uitgevoerd. Verder gaan we er vanuit dat de maximale trilsnelheid V_{top} een factor 2 hoger is dan de waarde V_{max} . Deze verhoudingen komt voort uit uitgevoerde metingen langs wegen en in vergelijkbare woningen.

Bijlage III Resultaten trillingsprognose per adres plus leeswijzer

Leeswijzer bij lezen tabel met resultaten trillingsprognose

Voorbeeldadres: Maliesingel 29

Het adres Maliesingel 29 is gelegen op 11 meter van de weg (Maliesingel). De dichtstbijzijnde 'drempel' is zoeklocatie 'M5'

Er is bij dit adres sprake van een 'gevoelige staat', want het gebouw staat op de monumentenlijst van de gemeente Utrecht. Dit betekent dat er bij de schadebeoordeling strengere grenswaarden van toepassing zijn.

De 'gebouwfactor' waarvan bij deze woning is uitgegaan is 1. Dit betekent dat er geen reductie van het trillingsniveau te verwachten is vanwege grote afmetingen van het gebouw. Indien het gaat om een gebouw met grotere afmetingen dan ligt de waarde lager dan 1.

De 'Vmax' is de maximaal optredende trillingssterkte tijdens een voertuigpassage, en wordt gebruikt voor de toetsing aan streefwaarden voor trillingshinder.

Voor dit adres komt deze variabele in het geval er geen drempel wordt aangebracht ('weg') uit op 0,33. In geval van drempels komen er voor de verschillende type drempels de volgende waarden uit de berekening voor dit adres:

Drempel 1: 0,11
Drempel 2: 0,16
Drempel 3: 0,57
Drempel 4: 0,87

Hoe hoger de 'Vmax' hoe meer hinder van trillingen er optreedt

De 'Vtop' is de maximaal optredende trilsnelheid tijdens een voertuigpassage, en wordt gebruikt voor de toetsing aan grenswaarden voor schade.

Voor dit adres komt deze variabele, in het geval er geen drempel wordt aangebracht ('weg'), uit op 0,22. In geval van drempels komen er voor de verschillende type drempels de volgende waarden uit de berekening voor dit adres:

Drempel 1: 0,07
Drempel 2: 0,11
Drempel 3: 0,38
Drempel 4: 0,58

Hoe hoger de 'Vtop', hoe groter de kans op schade.

Ten slotte is voor dit adres bij de verschillende type drempels de relatieve toename van de V_{max} en V_{top} berekend ten opzicht van de huidige situatie (zonder drempels). De uitkomsten voor dit adres:

Drempel 1: 0%
Drempel 2: 0%
Drempel 3: 71%
Drempel 4: 161%

Voor de drempeltypes 1 en 2 is op basis van de berekeningen geen toename van de hinder/schade te verwachten. Voor drempeltype 3 is een toename van V_{max} en V_{top} van 71% te verwachten. De toename van V_{max} en V_{top} zijn gelijk omdat beiden evenredig zijn met het trillingsniveau.

Een V_{max} toename van meer dan 30% is een voelbare toename. Bij drempeltype 3 en 4 zal de toename van trillingen voor de meeste mensen voelbaar zijn.

Verklaring naamgeving drempels

- Drempel 1:
Asfalt met een hoogte van 0.12 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1,50 meter
- Drempel 2:
Asfalt met een hoogte van 0.08 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1.00 meter
- Drempel 3:
Klinkers met een hoogte van 0.12 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1,50 meter
- Drempel 4:
Klinkers met een hoogte van 0.08 m, bovenplateau 4.8 meter en op- en afritten van 1.00 meter

Straatnaam	Huisnr+toev		afstand [m]				Vmax					Vtop					Relatieve toename				
			Drempel	weg	drempel	gevoelige staat	gebouw-factor	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4
Maliesingel	29		M5	11	53	ja	1	0.33	0.11	0.16	0.57	0.87	0.22	0.07	0.11	0.38	0.58	0%	0%	71%	161%
Maliesingel	30		M5	9	47	nee	1	0.37	0.13	0.20	0.68	1.04	0.25	0.09	0.13	0.45	0.69	0%	0%	84%	180%
Maliesingel	30		M5	7	45	nee	1	0.39	0.14	0.21	0.71	1.08	0.26	0.09	0.14	0.47	0.72	0%	0%	80%	175%
Maliesingel	30	A	M5	8	45	nee	1	0.38	0.14	0.21	0.71	1.08	0.25	0.09	0.14	0.47	0.72	0%	0%	88%	187%
Maliesingel	30	B	M5	9	45	nee	1	0.36	0.14	0.21	0.71	1.08	0.24	0.09	0.14	0.47	0.72	0%	0%	96%	200%
Maliesingel	31		M5	7	37	nee	1	0.40	0.18	0.27	0.94	1.43	0.27	0.12	0.18	0.62	0.95	0%	0%	133%	256%
Maliesingel	32		M5	7	29	nee	1	0.40	0.24	0.36	1.24	1.89	0.27	0.16	0.24	0.82	1.26	0%	0%	207%	368%
Maliesingel	33		M5	7	22	nee	1	0.41	0.32	0.48	1.66	2.53	0.27	0.21	0.32	1.10	1.69	0%	18%	307%	522%
Maliesingel	34		M5	6	17	nee	1	0.41	0.38	0.58	2.01	3.07	0.28	0.26	0.39	1.34	2.05	0%	42%	387%	643%
Maliesingel	34	A	M5	6	16	nee	1	0.42	0.42	0.64	2.19	3.34	0.28	0.28	0.42	1.46	2.23	0%	53%	426%	703%
Maliesingel	35		M5	5	8	nee	1	0.44	0.69	1.05	3.61	5.51	0.29	0.46	0.70	2.41	3.68	58%	141%	729%	1166%
Maliesingel	36		M5	5	5	nee	1	0.44	0.90	1.38	4.74	7.24	0.29	0.60	0.92	3.16	4.82	107%	216%	985%	1557%
Maliesingel	38		M5	6	11	nee	1	0.42	0.55	0.84	2.88	4.40	0.28	0.37	0.56	1.92	2.93	32%	102%	594%	959%
Maliesingel	40		M5	9	26	nee	1	0.36	0.27	0.40	1.39	2.13	0.24	0.18	0.27	0.93	1.42	0%	13%	289%	493%
Maliesingel	41		M5	10	42	nee	1	0.36	0.15	0.23	0.79	1.20	0.24	0.10	0.15	0.53	0.80	0%	0%	122%	239%
Maliesingel	42		M5	10	50	nee	1	0.35	0.12	0.18	0.61	0.94	0.24	0.08	0.12	0.41	0.62	0%	0%	74%	165%
Maliesingel	42		M5	10	49	nee	1	0.35	0.12	0.19	0.64	0.98	0.23	0.08	0.12	0.43	0.65	0%	0%	81%	177%
Maliesingel	43		M4	11	42	nee	1	0.34	0.15	0.23	0.78	1.19	0.22	0.10	0.15	0.52	0.79	0%	0%	132%	255%
Maliesingel	43		M4	11	44	nee	1	0.33	0.14	0.22	0.74	1.14	0.22	0.09	0.14	0.50	0.76	0%	0%	123%	240%
Maliesingel	44		M4	7	36	nee	1	0.39	0.18	0.28	0.96	1.47	0.26	0.12	0.19	0.64	0.98	0%	0%	146%	276%
Maliesingel	44		M4	7	35	nee	1	0.39	0.19	0.29	1.01	1.54	0.26	0.13	0.20	0.67	1.02	0%	0%	157%	293%
Maliesingel	45		M4	7	28	nee	1	0.39	0.24	0.37	1.27	1.94	0.26	0.16	0.25	0.85	1.30	0%	0%	222%	392%
Maliesingel	45		M4	7	30	nee	1	0.39	0.23	0.35	1.21	1.85	0.26	0.15	0.23	0.81	1.23	0%	0%	207%	368%
Maliesingel	46		M4	6	18	ja	1	0.43	0.38	0.58	1.98	3.02	0.28	0.25	0.38	1.32	2.01	0%	35%	363%	607%
Maliesingel	46		M4	6	16	ja	1	0.43	0.40	0.62	2.12	3.23	0.29	0.27	0.41	1.41	2.15	0%	44%	394%	654%
Maliesingel	47		M4	7	10	nee	1	0.41	0.60	0.92	3.17	4.85	0.27	0.40	0.62	2.12	3.23	48%	127%	679%	1090%
Maliesingel	48		M4	7	8	nee	1	0.41	0.67	1.02	3.51	5.36	0.27	0.45	0.68	2.34	3.58	64%	151%	762%	1217%
Maliesingel	48		M4	7	7	nee	1	0.41	0.72	1.09	3.76	5.75	0.27	0.48	0.73	2.51	3.83	76%	169%	824%	1311%
Maliesingel	49		M4	7	6	nee	1	0.41	0.79	1.20	4.14	6.31	0.27	0.53	0.80	2.76	4.21	93%	195%	916%	1451%
Maliesingel	49		M4	7	6	nee	1	0.41	0.79	1.20	4.14	6.32	0.27	0.53	0.80	2.76	4.21	94%	196%	917%	1453%
Maliesingel	50		M4	7	6	nee	1	0.41	0.79	1.20	4.12	6.30	0.27	0.52	0.80	2.75	4.20	93%	195%	915%	1450%
Maliesingel	50		M4	7	7	nee	1	0.41	0.76	1.16	3.99	6.09	0.27	0.51	0.77	2.66	4.06	87%	186%	883%	1401%
Maliesingel	51		M3	5	8	nee	1	0.44	0.70	1.06	3.65	5.57	0.30	0.46	0.71	2.43	3.71	57%	140%	724%	1159%
Maliesingel	52		M3	5	6	nee	1	0.44	0.79	1.20	4.13	6.30	0.29	0.52	0.80	2.75	4.20	78%	172%	836%	1329%
Maliesingel	53		M3	5	5	nee	1	0.44	0.91	1.40	4.80	7.33	0.29	0.61	0.93	3.20	4.89	108%	218%	995%	1571%
Maliesingel	54		M3	5	5	nee	1	0.44	0.90	1.38	4.75	7.25	0.29	0.60	0.92	3.16	4.83	107%	215%	984%	1555%
Maliesingel	55		M3	6	9	ja	1	0.43	0.62	0.94	3.24	4.95	0.28	0.41	0.63	2.16	3.30	45%	122%	663%	1065%
Maliesingel	56		M3	5	19	ja	1	0.43	0.35	0.53	1.82	2.79	0.29	0.23	0.35	1.22	1.86	0%	22%	321%	543%
Maliesingel	57		M3	6	35	nee	1	0.42	0.19	0.29	0.99	1.51	0.28	0.13	0.19	0.66	1.01	0%	0%	137%	262%
Maliesingel	58		M3	6	43	nee	1	0.43	0.15	0.22	0.77	1.18	0.28	0.10	0.15	0.51	0.78	0%	0%	81%	176%
Maliesingel	59		M2	6	46	nee	1	0.42	0.13	0.20	0.70	1.07	0.28	0.09	0.14	0.47	0.71	0%	0%	65%	153%
Maliesingel	60		M2	6	40	ja	1	0.42	0.16	0.24	0.84	1.28	0.28	0.11	0.16	0.56	0.86	0%	0%	99%	204%
Maliesingel	61		M2	6	34	ja	1	0.43	0.20	0.30	1.03	1.57	0.28	0.13	0.20	0.69	1.05	0%	0%	140%	267%
Maliesingel	62		M2	5	28	ja	1	0.43	0.24	0.37	1.26	1.93	0.29	0.16	0.24	0.84	1.29	0%	0%	192%	346%
Maliesingel	63		M2	5	22	ja	1	0.43	0.31	0.47	1.63	2.48	0.29	0.21	0.32	1.08	1.66	0%	10%	277%	475%
Maliesingel	64		M2	5	5	ja	1	0.44	0.87	1.33	4.58	6.99	0.29	0.58	0.89	3.05	4.66	99%	204%	944%	1494%

Straatnaam	Huisnr+toev		afstand [m]					Vmax					Vtop					Relatieve toename			
			Drempel	weg	drempel	gevoelige staat	gebouw-factor	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4
Maliesingel	65		M1	6	25	ja	1	0.42	0.28	0.43	1.46	2.23	0.28	0.19	0.28	0.98	1.49	0%	1%	248%	432%
Maliesingel	66		M1	7	34	nee	1	0.40	0.20	0.30	1.03	1.57	0.27	0.13	0.20	0.68	1.05	0%	0%	155%	289%
Maliesingel	67		M1	6	38	nee	1	0.42	0.17	0.26	0.90	1.38	0.28	0.11	0.18	0.60	0.92	0%	0%	116%	230%
Maliesingel	68		M1	6	42	nee	1	0.42	0.15	0.23	0.79	1.20	0.28	0.10	0.15	0.52	0.80	0%	0%	86%	184%
Maliesingel	69		M1	6	50	ja	1	0.42	0.12	0.18	0.61	0.93	0.28	0.08	0.12	0.41	0.62	0%	0%	44%	120%
Maliesingel	70		M1	5	55	ja	1	0.44	0.10	0.16	0.53	0.82	0.29	0.07	0.10	0.36	0.54	0%	0%	23%	87%
Maliesingel	71		M1	5	60	ja	1	0.44	0.09	0.14	0.47	0.71	0.29	0.06	0.09	0.31	0.47	0%	0%	6%	62%
Maliesingel	72		M1	5	68	ja	1	0.43	0.07	0.11	0.36	0.56	0.29	0.05	0.07	0.24	0.37	0%	0%	0%	28%
Maliesingel	73		M1	5	73	ja	1	0.43	0.06	0.09	0.32	0.49	0.29	0.04	0.06	0.21	0.32	0%	0%	0%	12%
Maliesingel	73	A	M1	6	75	ja	1	0.43	0.06	0.09	0.31	0.47	0.29	0.04	0.06	0.20	0.31	0%	0%	0%	9%
Maliesingel	74		M1	5	85	ja	1	0.44	0.05	0.07	0.24	0.36	0.29	0.03	0.05	0.16	0.24	0%	0%	0%	0%
Maliesingel	74	A	T1	5	80	ja	1	0.44	0.05	0.08	0.27	0.41	0.29	0.03	0.05	0.18	0.27	0%	0%	0%	0%
Maliesingel	74	B	T1	38	94	nee	1	0.15	0.04	0.05	0.19	0.28	0.10	0.02	0.04	0.12	0.19	0%	0%	22%	87%
Maliesingel	74	C	M1	44	95	nee	1	0.13	0.03	0.05	0.18	0.28	0.09	0.02	0.03	0.12	0.18	0%	0%	38%	110%
Maliesingel	74	D	M1	50	95	nee	1	0.11	0.03	0.05	0.18	0.27	0.08	0.02	0.03	0.12	0.18	0%	0%	57%	140%
Maliesingel	74	E	M1	57	96	nee	1	0.10	0.03	0.05	0.18	0.27	0.06	0.02	0.03	0.12	0.18	0%	0%	83%	180%
Maliesingel	74	L	T1	46	84	nee	1	0.12	0.05	0.07	0.24	0.37	0.08	0.03	0.05	0.16	0.24	0%	0%	93%	195%
Maliesingel	75		T1	5	76	ja	1	0.44	0.06	0.09	0.30	0.46	0.29	0.04	0.06	0.20	0.31	0%	0%	0%	5%
Maliesingel	76		T1	5	61	ja	1	0.43	0.09	0.13	0.45	0.69	0.29	0.06	0.09	0.30	0.46	0%	0%	4%	60%
Maliesingel	79		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	80		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	81		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	82		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	83		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	84		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	85		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	86		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	87		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	88		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	89		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	90		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	91		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	92		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	93		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	94		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	95		T1	9	9	nee	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	96		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	97		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	98		T1	9	9	nee	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	99		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	100		T1	9	9	ja	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	101		T1	9	9	nee	0.6	0.22	0.39	0.59	2.05	3.12	0.15	0.26	0.40	1.36	2.08	75%	167%	818%	1301%
Maliesingel	103		T1	10	9	nee	1	0.35	0.62	0.94	3.24	4.95	0.24	0.41	0.63	2.16	3.30	74%	166%	816%	1298%
Tolsteegsingel	2		T1	4	13	ja	1	0.48	0.49	0.74	2.56	3.91	0.32	0.33	0.50	1.71	2.61	2%	56%	437%	720%
Tolsteegsingel	2		T2	6	7	ja	1	0.42	0.73	1.12	3.84	5.86	0.28	0.49	0.74	2.56	3.90	72%	163%	806%	1283%
Tolsteegsingel	2	A	T2	9	8	ja	0.6	0.22	0.39	0.60	2.07	3.15	0.15	0.26	0.40	1.38	2.10	78%	172%	836%	1330%

Straatnaam	Huisnr+toev			afstand [m]				Vmax					Vtop					Relatieve toename			
			Drempel	weg	drempel	gevoelige staat	gebouw-factor	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4
Tolsteegsingel	3		T2	5	16	nee	1	0.44	0.42	0.64	2.18	3.34	0.30	0.28	0.42	1.46	2.22	0%	43%	393%	653%
Tolsteegsingel	4		T2	8	24	nee	1	0.38	0.29	0.44	1.52	2.32	0.25	0.19	0.30	1.02	1.55	0%	18%	304%	517%
Tolsteegsingel	5		T2	6	31	nee	1	0.42	0.22	0.33	1.13	1.73	0.28	0.14	0.22	0.75	1.15	0%	0%	168%	309%
Tolsteegsingel	5	A	T2	10	32	nee	1	0.35	0.21	0.32	1.09	1.66	0.23	0.14	0.21	0.72	1.11	0%	0%	215%	381%
Tolsteegsingel	5	B	T2	12	33	nee	1	0.33	0.20	0.31	1.07	1.64	0.22	0.14	0.21	0.72	1.09	0%	0%	229%	403%
Tolsteegsingel	5	C	T2	13	33	nee	1	0.31	0.20	0.31	1.05	1.61	0.21	0.13	0.20	0.70	1.07	0%	0%	241%	421%
Tolsteegsingel	5	D	T2	15	34	nee	1	0.29	0.20	0.30	1.03	1.57	0.19	0.13	0.20	0.68	1.05	0%	3%	253%	440%
Tolsteegsingel	6		T2	8	38	nee	1	0.37	0.17	0.26	0.90	1.37	0.25	0.11	0.17	0.60	0.91	0%	0%	140%	266%
Tolsteegsingel	6		T2	8	39	nee	1	0.37	0.16	0.25	0.86	1.31	0.25	0.11	0.17	0.57	0.87	0%	0%	129%	250%
Tolsteegsingel	7		T2	6	57	nee	1	0.41	0.10	0.15	0.50	0.76	0.28	0.06	0.10	0.33	0.51	0%	0%	20%	84%
Tolsteegsingel	8		T2	6	64	nee	1	0.41	0.08	0.12	0.41	0.63	0.27	0.05	0.08	0.28	0.42	0%	0%	1%	55%
Tolsteegsingel	8		T2	6	64	nee	1	0.41	0.08	0.12	0.41	0.63	0.27	0.05	0.08	0.28	0.42	0%	0%	1%	55%
Tolsteegsingel	9		T2	6	70	nee	1	0.41	0.07	0.10	0.35	0.54	0.27	0.04	0.07	0.23	0.36	0%	0%	0%	30%
Tolsteegsingel	10		T3	6	61	ja	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0%	0%	0%	0%
Tolsteegsingel	11		T3	6	56	ja	1	0.42	0.10	0.15	0.52	0.80	0.28	0.07	0.10	0.35	0.53	0%	0%	24%	89%
Tolsteegsingel	12		T3	6	46	nee	1	0.42	0.13	0.20	0.70	1.07	0.28	0.09	0.14	0.47	0.71	0%	0%	68%	156%
Tolsteegsingel	12		T3	6	46	nee	1	0.42	0.13	0.20	0.70	1.07	0.28	0.09	0.14	0.47	0.71	0%	0%	68%	156%
Tolsteegsingel	13		T3	6	39	nee	1	0.42	0.16	0.25	0.87	1.32	0.28	0.11	0.17	0.58	0.88	0%	0%	104%	212%
Tolsteegsingel	13		T3	6	39	nee	1	0.42	0.16	0.25	0.87	1.32	0.28	0.11	0.17	0.58	0.88	0%	0%	104%	212%
Tolsteegsingel	14		T3	7	33	nee	1	0.41	0.20	0.31	1.06	1.62	0.27	0.13	0.21	0.71	1.08	0%	0%	161%	299%
Tolsteegsingel	15		T3	7	26	nee	1	0.41	0.26	0.39	1.36	2.07	0.27	0.17	0.26	0.90	1.38	0%	0%	232%	407%
Tolsteegsingel	16		T3	7	21	nee	1	0.41	0.33	0.50	1.72	2.63	0.27	0.22	0.33	1.15	1.75	0%	23%	323%	545%
Tolsteegsingel	17		T3	7	14	nee	1	0.40	0.46	0.71	2.43	3.71	0.27	0.31	0.47	1.62	2.48	14%	75%	501%	817%
Tolsteegsingel	18		T3	7	8	nee	1	0.40	0.68	1.03	3.55	5.41	0.27	0.45	0.69	2.36	3.61	67%	155%	776%	1238%
Tolsteegsingel	18		T3	7	8	nee	1	0.40	0.68	1.04	3.56	5.44	0.27	0.45	0.69	2.38	3.63	68%	156%	781%	1245%
Tolsteegsingel	19		T3	6	6	nee	1	0.41	0.82	1.25	4.29	6.55	0.28	0.54	0.83	2.86	4.37	98%	202%	937%	1484%
Tolsteegsingel	20		T3	6	6	nee	1	0.42	0.85	1.30	4.48	6.84	0.28	0.57	0.87	2.99	4.56	102%	209%	961%	1521%
Tolsteegsingel	20		T3	6	5	nee	1	0.42	0.86	1.32	4.53	6.92	0.28	0.58	0.88	3.02	4.61	104%	211%	969%	1532%
Tolsteegsingel	21		T3	6	6	nee	1	0.43	0.83	1.27	4.37	6.67	0.28	0.56	0.85	2.91	4.45	95%	198%	924%	1463%
Tolsteegsingel	21		T3	6	6	nee	1	0.42	0.82	1.24	4.28	6.53	0.28	0.54	0.83	2.85	4.36	94%	196%	918%	1455%
Tolsteegsingel	22		T3	6	11	nee	1	0.42	0.55	0.85	2.91	4.44	0.28	0.37	0.56	1.94	2.96	31%	100%	588%	950%
Tolsteegsingel	22		T3	6	11	nee	1	0.43	0.55	0.85	2.91	4.44	0.29	0.37	0.56	1.94	2.96	29%	97%	578%	935%
Tolsteegsingel	23		T3	6	17	nee	1	0.42	0.39	0.59	2.03	3.11	0.28	0.26	0.39	1.36	2.07	0%	42%	387%	643%
Tolsteegsingel	23	A	T3	6	17	nee	1	0.42	0.39	0.59	2.03	3.10	0.28	0.26	0.39	1.35	2.07	0%	39%	378%	630%
Tolsteegsingel	24		T3	6	24	ja	1	0.42	0.29	0.44	1.51	2.30	0.28	0.19	0.29	1.01	1.54	0%	5%	263%	454%
Tolsteegsingel	24	A	T3	6	23	ja	1	0.42	0.29	0.45	1.54	2.35	0.28	0.20	0.30	1.03	1.57	0%	8%	271%	466%
Tolsteegsingel	24	B	T3	6	24	ja	1	0.42	0.29	0.44	1.51	2.30	0.28	0.19	0.29	1.01	1.54	0%	5%	263%	454%
Tolsteegsingel	25		T3	6	30	nee	1	0.42	0.23	0.35	1.19	1.81	0.28	0.15	0.23	0.79	1.21	0%	0%	186%	337%
Tolsteegsingel	25		T3	6	31	nee	1	0.41	0.22	0.34	1.16	1.77	0.28	0.15	0.23	0.77	1.18	0%	0%	180%	328%
Tolsteegsingel	26		T3	6	38	nee	1	0.42	0.17	0.26	0.91	1.39	0.28	0.12	0.18	0.61	0.93	0%	0%	119%	234%
Tolsteegsingel	27		T3	6	46	ja	1	0.42	0.13	0.20	0.70	1.07	0.28	0.09	0.14	0.47	0.71	0%	0%	68%	156%
Tolsteegsingel	27		T3	6	45	ja	1	0.41	0.14	0.21	0.73	1.11	0.28	0.09	0.14	0.49	0.74	0%	0%	76%	169%
Tolsteegsingel	28		T3	6	54	ja	1	0.41	0.10	0.16	0.55	0.83	0.28	0.07	0.11	0.36	0.56	0%	0%	32%	101%
Tolsteegsingel	28		T3	6	53	ja	1	0.41	0.11	0.17	0.57	0.87	0.28	0.07	0.11	0.38	0.58	0%	0%	37%	110%
Tolsteegsingel	29		T3	7	61	ja	1	0.39	0.09	0.13	0.45	0.69	0.26	0.06	0.09	0.30	0.46	0%	0%	14%	74%
Tolsteegsingel	29		T3	7	60	ja	1	0.39	0.09	0.14	0.47	0.71	0.26	0.06	0.09	0.31	0.48	0%	0%	19%	81%

Straatnaam	Huisnr+toev		afstand [m]				Vmax					Vtop					Relatieve toename			
		Drempel	weg	drempel	gevoelige staat	gebouw-factor	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	weg	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4	drempel1	drempel2	drempel3	drempel4
Tolsteegsingel	30	T3	7	66	ja	1	0.39	0.07	0.11	0.39	0.59	0.26	0.05	0.07	0.26	0.39	0%	0%	0%	50%
Tolsteegsingel	30	T3	7	68	ja	1	0.39	0.07	0.11	0.37	0.57	0.26	0.05	0.07	0.25	0.38	0%	0%	0%	44%
Tolsteegsingel	31	T3	7	74	ja	1	0.40	0.06	0.09	0.32	0.49	0.26	0.04	0.06	0.21	0.32	0%	0%	0%	23%
Tolsteegsingel	31	T3	7	75	ja	1	0.40	0.06	0.09	0.31	0.47	0.26	0.04	0.06	0.20	0.31	0%	0%	0%	18%
Tolsteegsingel	32	T3	6	82	ja	1	0.42	0.05	0.07	0.25	0.39	0.28	0.03	0.05	0.17	0.26	0%	0%	0%	0%
Tolsteegsingel	32	T3	6	80	ja	1	0.42	0.05	0.08	0.26	0.40	0.28	0.03	0.05	0.18	0.27	0%	0%	0%	0%
Tolsteegsingel	33	T3	6	87	ja	1	0.42	0.04	0.06	0.22	0.34	0.28	0.03	0.04	0.15	0.22	0%	0%	0%	0%
Tolsteegsingel	33	T3	6	89	ja	1	0.42	0.04	0.06	0.21	0.33	0.28	0.03	0.04	0.14	0.22	0%	0%	0%	0%
Tolsteegsingel	34	T3	6	95	ja	1	0.43	0.03	0.05	0.18	0.28	0.29	0.02	0.04	0.12	0.18	0%	0%	0%	0%

From: "[REDACTED]" <[REDACTED]@utrecht.nl>
Sent: Thu, 9 May 2019 13:24:25 +0200
To: [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>; [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>; [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>
Cc: "[REDACTED]" <[REDACTED]@utrecht.nl>; [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>; [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>; [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>; [REDACTED] <[REDACTED]@utrecht.nl>
Subject: Rapportage onderzoek naar trilingen als gevolg van eventuele drempels o[Malie- en Tolsteegsingel
Attachments: D79-WGA-KA-1900019_v2.0.pdf, Samenvatting uitkomsten onderzoek mogelijke trilingen drempels
Malie- e....pdf

Dag Allen,
Hierbij de definitieve rapportage van dit onderzoek plus publieksvriendelijke samenvatting/ toelichting. Dinsdag a.s. hebben we een informatie met omwonenden van de locaties waarop we het aanbrengen van een drempel overwogen.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]

Projectmanager

T [REDACTED]
[REDACTED]@utrecht.nl

www.utrecht.nl/

Gemeente Utrecht

Interne Bedrijven

Projectmanagementbureau

Maandag tot en met vrijdag



Gemeente Utrecht