MIRT-VERKENNING
OV EN WONEN ZEEF 2

EFFECTNOTITIE TRILLINGEN

FEBRUARI 2024

Autorisatieblad

MIRT verkenning OV en Wonen Regio Utrecht, Zeef 2

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Wybo Gardien	V	31-01-2024
Gecontroleerd door	Floris Heuff, Martin Wink	V	02-02-2024
Vrijgegeven door	Richard Savenije	V	05-02-2024

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
1.0	**Effectnotitie trillingen**	**12-12-2023**	**Concept versie opstellen ter oplevering voor review opdrachtgever**
2.0	**Effectnotitie trillingen**	**31-01-2024**	**Definitieve versie na verwerking review**

1 Doel rapportage 4
1.1 Inleiding 4
1.2 Leeswijzer 4
2 Beleidskader en wet- en regelgeving 5
2.1 Beleid 5
3 Onderzoeksmethodiek en scoremethodiek 6
3.1 Onderzoeksmethodiek 6
3.2 Scoringsmethodiek 7
3.2.1 Trillingen 7
3.2.2 Opzet van het onderzoek 7
3.2.3 Trillingscontouren 7
3.2.4 Aantallen gehinderden binnen contour 9
3.2.5 Scoring 10
4 Beoordeling en maatregelen 11
4.1 Hinder exploitatiefase 11
4.2 Hinder/schade in de bouwfase 11
5 Conclusie 13
5.1 Samenvatting resultaten en eindbeoordeling 13
Colofon 14

1 Doel rapportage

1.1 Inleiding

Voorliggend achtergrondrapport betreft de effectenbeoordeling van de MIRT-verkenning OV en Wonen. Deze rapportage beschouwt de optredende effecten van vier verschillende alternatieven en twee sub-alternatieven voor het aspect trillingen en toetst deze aan de vigerende wet- en regelgeving. Voor een uitgebreide beschrijving van de vier verschillende alternatieven en de twee sub-alternatieven (varianten) wordt verwezen naar de bijbehorende oplegnotitie.

Deze rapportage maakt inzichtelijk hoe de alternatieven zich ten opzichte van elkaar verhouden. Dit geeft input om te komen tot een voorkeursalternatief. Tot slot geeft de notitie op hoofdlijnen aan in hoeverre mitigerende en/of compenserende maatregelen nodig en mogelijk zijn.

1.2 Leeswijzer

Deze effectnotitie bestaat uit een beleidskader met bijbehorende wet- en regelgeving, een beschrijving van de onderzoeksmethodiek en scoremethodiek, de beoordeling en mogelijke maatregelen van het aspect trillingen, gevolgd door een conclusie met een samenvatting van de resultaten en een eindbeoordeling over de effecten van het aspect.

2 Beleidskader en wet- en regelgeving

2.1 Beleid

In Nederland is er geen wettelijk beoordelingskader voor het voorkomen van hinder of schade door trillingen. Desondanks is het onderwerp trillingen bij het opstellen van ruimtelijke plannen wel een aandachtspunt. Deze beoordeling vindt zijn grondslag in artikel 3.1 van de Wet ruimtelijke ordening. Hierin staat beschreven dat de zorg voor goede ruimtelijke ordening van belang is en daarvoor is het nodig om mogelijke trillingshinder in kaart te brengen. De SBR-richtlijnen (Stichting Bouwresearch) worden daarvoor bij bijna alle infrastructuurprojecten toegepast, om schade of hinder van trillingen te beoordelen. De richtlijn bestaat uit 3 delen:

- Deel A: Schade aan gebouwen
- Deel B: Hinder voor personen in gebouwen
- Deel C: Verstoring van apparatuur

Voor de MIRT verkenning is uitgegaan uit van deel A, B en C van de SBR-richtlijnen. De delen A (schade) en B (hinder) zijn van toepassing op het gehele onderzoeksgebied. Deel C (verstoring van apparatuur) is aan de orde op het Utrecht Science Park (USP, voorheen De Uithof).

Bij deel B van de SBR richtlijn is er een onderscheid tussen nieuwe, bestaande en gewijzigde situaties. Voor de nieuwe tramlijnen is uitgegaan van een nieuwe situatie volgens de SBR-B richtlijn. Van de varianten, volgen de HOV-bus verbindingen wegen, waarvan in de huidige situatie al trillingen door weggebruik te verwachten zijn. Dit met uitzondering van het USP. Daarom is voor de HOV-verbindingen uitgegaan van een gewijzigde situatie volgens de SBR-B richtlijn.

Verder kan er nog sprake zijn van hinder van laagfrequent geluid. Dit is geluid dat ontstaat door dat trillingen in de bodem tot geluidafstraling in gebouwen leidt. Laagfrequent geluid treedt vooral op in de directe omgeving van tunnels. Voor laagfrequent geluid van railverkeer is de GWR-richtlijn de meest gangbare richtlijn (ook wel Methode De Ruiter genoemd).

3 Onderzoeksmethodiek en scoremethodiek

3.1 Onderzoeksmethodiek

Het aspect trillingen is op kwalitatieve wijze onderzocht. Dit betekent dat gebruik is gemaakt van beschikbare kentallen, van waaruit een 'doorvertaling' is gemaakt naar de impact van de varianten op de omgeving. Daarin is onderscheid gemaakt naar trillingen in de realisatiefase (aanleg) en de exploitatiefase (het feitelijk gebruik van de nieuwe infrastructuur).

Schade (SBR-A)

Beperking tot de volgende bouwwerkzaamheden:

- Boortunnel: trillingen tunnelboormachine
- Cut&cover tunnel: trillingen damwanden / heipalen
- Bruggen en bovengrondse civiele constructies (vb. tramkunstwerk op +1): trillingen damwanden / heipalen

Tunnels kunnen zowel worden geboord (boortunnel) als gegraven (cut&cover). Uitgangspunt is dat de tunnels in de alternatieven A en B geboord worden, en dat er alleen bij stations wordt gegraven om de verbinding naar het maaiveld mogelijk te maken. Voor de alternatieven C en D is het uitgangspunt dat de tunnels worden gegraven. Op basis van literatuur en eenvoudige empirische modellen is bepaald tot hoe ver er schade te verwachten is. Op basis daarvan vindt een kwalitatieve vergelijking plaats van de 6 varianten, waarbij ook het aantal nabijgelegen gebouwen/objecten is betrokken.

Hinder (SBR-B)

Dit kan zowel optreden bij de bouwwerkzaamheden als tijdens de exploitatie.

Bouwwerkzaamheden - Gebruik van prognose die ook voor schade is gebruikt om te bepalen tot welke afstand er hinder op kan treden.

Exploitatiefase - Inschatting op basis van literatuur en eerder door Movares uitgevoerde metingen en prognoses per modaliteit en bijbehorende constructie in wat de hindercontour is. Varianten worden hiermee kwalitatief vergeleken, waarbij ook het aantal nabijgelegen gebouwen/voorzieningen is betrokken.

Verstoring van apparatuur (SBR-C)

Verstoring van apparatuur kan zowel optreden bij bouwwerkzaamheden als tijdens de exploitatie. Of er verstoring optreedt, hangt sterk af van de specifieke gevoeligheid van apparatuur die in de omgeving van de infrastructuur staat opgesteld. Hiervoor hanteren we als uitgangspunt het trillingsonderzoek dat is gebruikt voor de ruimtelijke onderbouwing van de Uithoflijn[1].

Bouwwerkzaamheden – Gebruik van prognose die ook voor schade is gebruikt om te bepalen tot welke afstand er verstoring op kan treden.

Tabel 1 Beoordelingskader trillingen

[1] Uithoflijn Inventarisatie Trillingseffecten Uithof Een dynamisch onderzoek, ITC Utrecht, 22 november 2013 – Versie 2.0

Aspect	Criterium	Parameter	Methode
Trillingen	Aantal gebouwen/objecten	Inschatting risico op schade aan gebouwen en hinder voor woningen en gebouwen met gevoelige functies (verpleeghuizen, verzorgingstehuizen en ziekenhuizen) Trillingen in de realisatiefase en gebruiksfase (zie: hinder aanlegfase) dienen beide beschouwd te worden. Verstoring van gevoelige apparatuur	Kwalitatief aangevuld met enkele berekeningen op specifieke locaties waar risico op trillingsschade of ernstige trillingshinder niet uitgesloten kan worden. Onderzoek cf. SRB richtlijn A (2017) en richtlijn B (2006), VC-curven voor gevoelige apparatuur.

3.2 Scoringsmethodiek

3.2.1 Trillingen

De alternatieven voor de tram- en busverbindingen hebben effect op trillingen in de directe omgeving van de nieuwe tram- en busverbindingen. Zowel tijdens de bouwfase als tijdens de exploitatiefase zijn er trillingen te verwachten. Tijdens de exploitatiefase is alleen gekeken naar hinder van trillingen en verstoring van apparatuur door trillingen, en is er geen schade te verwachten. Voor de bouwfase is schade door trillingen, hinder van trillingen en verstoring van apparatuur door trillingen beschouwd.

3.2.2 Opzet van het onderzoek

De opzet van het onderzoek is erop gericht om de verschillende alternatieven te kunnen vergelijken op het aspect trillingen. Exacte details van het ontwerp van de verschillende varianten zijn in dit stadium nog niet bekend. Op basis van eerder uitgevoerde trillingsmetingen, trillingsprognoses en expert judgement, is per modaliteit en type baan of constructie een contourafstand voor hinder en schade bepaald. Uit de contourafstand en de ligging van de varianten volgt hoeveel gebouwen en verblijfsobjecten er binnen de contour liggen. Aan de hand van deze aantallen zijn de varianten vergeleken. Vertrekpunt bij de analyses zijn de bestaande bebouwingsplots (GIS-databestanden).

3.2.3 Trillingscontouren

De gehanteerde contourafstanden voor trillingshinder in de exploitatiefase staan in Tabel 2. In

Met opmerkingen [MW1]: Er is meer onderscheid nodig; niet alleen voor de alternatieven, maar ook voor de bouwstenen van de alternatieven:
- Merwedelijn tussen Utrecht CS en Nieuwegein
- Papendorplijn tussen Utrecht CS en Papendorp/Nieuwegein
- Busmaatregelen A12, Waterlinieweg en USP
- Tram 22 (Koningsweg / Laan van Maarschalkerweerd).

Zie ook andere effectnotities als voorbeeld.
We moeten dus meer nauwkeurig weten waar de issues zitten. Is dit vb. binnen USP langs het noordwestcluster en verder niet in A / C etc.

Tabel 3 en

Tabel 4 zijn de contourafstanden voor hinder en schade tijdens de bouwfase opgenomen. In de bouwfase zijn alleen tram- en buslijnen beschouwd op een viaduct, brug of tunnel. In Tabel 5 staan de contourafstanden voor gevoelige apparatuur in de exploitatiefase en in Tabel 6 voor de bouwfase. Er is vanuit gegaan dat er geen trillingsgevoelige activiteiten, zoals heien en het intrillen van damwanden, wordt ondernomen tijdens de aanleg van een tram- of busbaan op maaiveld. Daarom wordt tijdens de bouwfase van tram- of busbaan op maaiveld geen schade of hinder verwacht.

Tabel 2. Contourafstanden voor hinder van trillingen in de exploitatiefase

Modaliteit	**Baan of constructie**	**Contour-afstand [m]**	**onderbouwing**
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	10	Op basis van verschillende trillingsmetingen, vooral langs buslijnen in Utrecht, SBR-B streefwaarden gewijzigde situatie
Tram- lage intensiteit (0-16 trams/uur)	maaiveld	15	Op basis van prognose trillingen trams Uithoflijn, geschaald met meetresultaten trams Uithoflijn
Trams remiseritten	Maaiveld	15	Remiseritten zijn tramritten met een lage intensiteit. De contourafstand wordt dan bepaald door de maximaal optredende trillingen.
Tram hoge intensiteit (>16 trams/uur)	maaiveld	20	Op basis van prognose trillingen trams Uithoflijn, geschaald met meetresultaten trams Uithoflijn
Tram	viaduct (niveau +1) brug	20	Op basis van “worst case” prognose trillingen trams viaduct Pelikaanstraat Utrecht
Tram	tunnel	10	Bij trams in een tunnel zijn de te verwachten trillingen lager dan de SBR-B streefwaarden, maar is er mogelijk nog wel sprake van hinder van laagfrequent geluid.

Tabel 3. Contourafstanden voor hinder van trillingen in de bouwfase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	onderbouwing
Tram	geboorde tunnel	20	Op basis van gemeten trillingen Heinenoordtunnel boortunnel
Tram, bus, fietspad	cut&cover/ verdiept (niveau -1)	100	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het intrillen van 20m lange damwanden
Bus	Half verdiept	57	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het intrillen van 10m lange damwanden
Tram, bus	viaduct (niveau +1) brug	34	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 20m lange palen

Tabel 4. Contourafstanden voor schade van trillingen in de bouwfase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	onderbouwing
Tram	geboorde tunnel	geen	Op basis van gemeten trillingen Heinenoordtunnel boortunnel is geen schade te verwachten
Tram, bus, fietspad	cut&cover/ verdiept (niveau -1)	33	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het intrillen van 20m lange damwanden
Bus	Half verdiept	12	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het intrillen van 10m lange damwanden
Tram, bus	viaduct (niveau +1) brug	38	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen

Tabel 5. Contourafstanden voor verstoring van apparatuur in de exploitatiefase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Criterium en vloer	onderbouwing
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	40	VC-C, funderingsniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	90	VC-C, vloerniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	90	VC-D, funderingsniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	190	VC-D, vloerniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	190	VC-E, funderingsniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bussen (HOV-baan)	maaiveld	310	VC-E, vloerniveau	Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”

Tabel 6. Contourafstanden voor verstoring van apparatuur in de bouwfase

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Criterium en vloer	onderbouwing
Bus	viaduct (niveau +1) brug	800	VC-C, funderingsniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	viaduct (niveau +1) brug	900	VC-C, vloerniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	viaduct (niveau +1) brug	1000	VC-D, funderingsniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	viaduct (niveau +1) brug	1100	VC-D, vloerniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”

Modaliteit	Baan of constructie	Contour-afstand [m]	Criterium en vloer	onderbouwing
Bus	viaduct (niveau +1) brug	1100	VC-E, funderingsniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”
Bus	viaduct (niveau +1) brug	1200	VC-E, vloerniveau	Op basis van CUR166 trillingsprognose voor het heien van 25m lange palen Trillingsonderzoek ruimtelijke onderbouwing Uithoflijn, “worst case”

3.2.4 Aantallen gehinderden binnen contour

Met de BAG-gegevens over het aantal verblijfsobjecten per pand, is voor de verschillende varianten het aantal verblijfsobjecten bepaald, waar mogelijk sprake is van trillingshinder. Voor schade is gekeken naar het aantal gebouwen binnen de schadecontour. Bij verstoring van apparatuur is bepaald in welke gebouwen met trillingsgevoelige apparatuur verstoring kan optreden. Deze aantallen zijn opgenomen in Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11.

Tabel 7. Aantal verblijfsobjecten binnen hindercontour in exploitatiefase

Alternatief	Merwedelijn tram	SUNIJLJIN/ Papendorplijn tram	Tram 22/ Uithoflijn tram	Busmaat-regelen A12 / Waterlinieweg / USP	Totaal
A	1233	269	912	0	2414
A1	1272	269	912	0	2453
B	1160	215	916	0	2291
C	568	182	914	0	1664
D	626	216	912	0	1754
D2	1082	216	912	0	2210

Tabel 8.gebouwen met verstoring gevoelige apparatuur in exploitatiefase

Alternatief	Aantal gebouwen HOV bus USP	omschrijving
A	3	Vening Meineszgebouw B (NanoSIMS, VC-E), Ornstein (div. VC-D), Caroline Bleekergebouw (VC-C)
A1	3	Vening Meineszgebouw B (NanoSIMS, VC-E), Ornstein (div. VC-D), Caroline Bleekergebouw (VC-C)
B	0	
C	3	Vening Meineszgebouw B (NanoSIMS, VC-E), Ornstein (div. VC-D), Caroline Bleekergebouw (VC-C)
D	0	
D2	0	

Tabel 9. Aantal verblijfsobjecten binnen hindercontour in bouwfase

Alternatief	Merwedelijn tram	SUNIJLJIN/ Papendorplijn tram	Tram 22/ Uithoflijn tram	Bus, A12	Bus, Waterlinie-weg	Bus, USP	Totaal
A	2136	0	0	0	91	0	2233
A1	2261	0	0	0	91	6	2358
B	1145	0	4	0	0	6	1149
C	2620	1157	4	0	114	0	3895
D	2405	0	5	0	114	0	2524
D2	2154	0	5	0	114	0	2273

Tabel 10. Aantal gebouwen binnen schadecontour in bouwfase

Alternatief	Merwedelijn tram	SUNIJLJIN/ Papendorplijn tram	Tram 22/ Uithoflijn tram	Bus, A12	Bus, Waterlinie-weg	Bus, USP	Totaal
A	18	0	0	0	16	0	34
A1	18	0	0	0	16	0	34
B	30	0	1	0	0	0	31
C	107	6	8	0	37	6	164
D	103	2	8	0	37	0	150
D2	101	2	8	0	37	0	148

Tabel 11.gebouwen met verstoring gevoelige apparatuur in bouwfase

Alternatief	Aantal gebouwen HOV-bus USP	omschrijving
A	Ca. 10	Vrijwel alle gebouwen met gevoelige apparatuur in het USP (VC-C of gevoeliger)
A1	Ca. 10	Vrijwel alle gebouwen met gevoelige apparatuur in het USP (VC-C of gevoeliger)
B		
C	Ca. 10	Vrijwel alle gebouwen met gevoelige apparatuur in het USP (VC-C of gevoeliger)
D		
D2		

3.2.5 Scoring

In Tabel 12 is de scoringsmethodiek voor het onderdeel trillingen opgenomen.

Tabel 12. Scoringsmethodiek t.b.v. effectrapportage

Score	Verklaring	Kwalitatief
++	Zeer positieve effecten	Sterke afname
+	Positieve effecten	Beperkte afname
0	Geen of geringe effecten	Geen tot zeer beperkte toe-/afname
-	Negatieve effecten	Beperkte toename
--	Zeer negatieve effecten	Sterke toename

De volgende aantallen zijn aangehouden in de kwalitatieve beoordeling. De aantallen zijn gekozen zodat er onderscheid zichtbaar is tussen varianten.

	Beoordeling hinder	Beoordeling schade	Beoordeling verstoring
Sterkte afname/ toename	>1000 verblijfsobjecten	>50 panden	>5 panden
Beperkte afname /toename	100 – 1000 verblijfsobjecten	10 – 50 panden	1-5 panden
Geen of gering	<100 verblijfsobjecten	<10 panden	0

4 Beoordeling en maatregelen

4.1 Hinder exploitatiefase

De hinder van trillingen tijdens de exploitatiefase is samengevat in onderstaande tabel. Hinder voor personen is vooral te verwachten ten gevolge van tramverkeer, vooral langs de Merwedelijn. Bij alternatieven A en B treedt de hinder op zowel langs tunnels als langs sporen op maaiveld. In de alternatieven C en D is de meeste hinder te verwachten langs sporen op maaiveld. De busverbindingen leiden alleen op het USP tot hinder in de vorm van verstoring van apparatuur. Schade door trillingen is niet te verwachten tijdens de exploitatiefase.

Tabel 13. Beoordeling alternatieven op het aspect trillingen tijdens de exploitatiefase

Alternatief	Hinder Merwedelijn	Hinder Tram22	Hinder SUNIJ / Papendorp-lijn	Hinder bus-verbinding-en	Verstoring gevoelige apparatuur
A	--	-	-*	0	-
A1	--	-	-*	0	-
B	--	-	-	0	0
C	-	-	-	0	-
D	--	-	-	0	0
D2	--	-	-	0	0

* remiseritten

Mitigerende maatregelen

In de beoordeling zijn er geen maatregelen genomen om trillingen te beperken, en de beoordeling valt daardoor in eerste opzicht negatief uit. Voor de exploitatiefase zijn er maatregelen mogelijk die de hinder kunnen beperken of wegnemen. Hieronder staat een aantal mogelijke maatregelen die zijn te overwegen om trillingen (significant) te (kunnen) reduceren.

- Tram: aangepaste onderlegplaatjes of een “floating slab track”. De effectiviteit van deze maatregelen dient nader te worden onderzocht. We verwachten dat de hinder volledig verdwijnt op plaatsen waar floating slab track wordt toegepast. Deze maatregelen zijn zowel mogelijk op maaiveld als in een tunnel.
- Bus: een goede wegfundering, waardoor de weg steeds vlak blijft en het vermijden van het gebruik van drempels en putten in de busroutes. De hinder van de busroutes betreft verstoring van gevoelige apparatuur. Het effect van deze maatregelen dient nader te worden onderzocht. Met deze maatregelen verwachten we dat er verstoring blijft bestaan bij de meest gevoelige apparatuur
- Tracé-optimalisatie van nieuwe tram- en buslijnen waardoor ze verder van de bebouwing komen te liggen.

4.2 Hinder/schade in de bouwfase

De hinder van trillingen tijdens de bouwfase is samengevat in onderstaande tabel. Hinder voor personen is vooral te verwachten ten gevolge van tramverkeer. De busverbindingen leiden alleen op het USP tot hinder in de vorm van verstoring van apparatuur.

Tabel 14 hinder voor personen en verstoring van apparatuur tijdens de bouwfase

Alternatief	Hinder Merwedelijn	Hinder Tram22	Hinder SUNIJ / Papendorp-lijn	Hinder bus-verbinding-en Waterlinieweg /USP	Verstoring gevoelige apparatuur
A	--	0	0	0	--
A1	--	0	0	0	--
B	--	0	0	0	0
C	--	0	--	-	--
D	--	0	0	-	0
D2	--	0	0	-	0

In de onderstaande tabel is de schade aan gebouwen door trillingen samengevat. De schade kan vooral ontstaan bij de aanleg van ondergrondse stations en onderdoorgangen bij de Merwedelijn, en bij de aanleg van nieuwe kunstwerken bij de Waterlinieweg.

Tabel 15 schade tijdens de bouwfase

Alternatief	Schade Merwedelijn	Schade Tram22	Schade SUNIJ / Papendorp-lijn	Schade bus-verbinding-en Waterliniew eg /USP
A	-	0	0	-
A1	-	0	0	-
B	-	0	0	0
C	--	0	0	-
D	--	0	0	-
D2	--	0	0	-

Mitigerende maatregelen

Tijdens de bouwfase zijn de volgende maatregelen mogelijk om de hinder en schade van trillingen te beperken.

- Viaducten en bruggen: geboorde palen in plaats van heipalen;
- Cut&cover tunnels en verdiepte ligging: damwanden drukken in plaats van trillen, palen boren in plaats van heien, palen boren in plaats van heien, tunnel boren in plaats van graven;
- Gevoelige apparatuur: overleg met beheerders apparatuur om werkzaamheden af te stemmen.

Met deze maatregelen is het mogelijk om de schade aan gebouwen door trillingen grotendeels weg te nemen, en verandert de beoordeling van negatief naar neutraal. Mogelijk blijft er bij de toepassing van deze maatregelen nog hinder door verstoring van gevoelige apparatuur bestaan, bijvoorbeeld doordat die apparatuur minder vaak gebruikt kan worden tijdens de bouwwerkzaamheden.

5 Conclusie

5.1 Samenvatting resultaten en eindbeoordeling

In Tabel 16 zijn de meest onderscheidende effecten samengevat. In de gebruiksfase is er vooral hinder te verwachten langs de Merwedelijn tramverbinding, en is er verstoring van apparatuur mogelijk op het USP in de varianten met een nieuwe busverbinding lans de A27. De hinder langs de Merwedelijn treedt vooral op langs spoor op maaiveld in de directe nabijheid van woningen.

Tijdens de bouwfase is er vooral en hinder en schade te verwachten bij de aanleg van de Merwedelijn en de nieuwe kunstwerken van de Waterlinieweg (variant C, D en D2). Verstoring van gevoelige apparatuur is mogelijk in de varianten met een nieuwe busverbinding langs de A27 (varianten A, A1 en C).

Tabel 16 Samenvatting van meest onderscheidende effecten

	Hinder gebruiksfase		Bouwfase					
Alternatief	Tram Merwede-lijn	Bus Verstoring gevoelige apparatuur USP	Hinder Merwede-lijn	Schade Merwede-lijn	Hinder SUNIJ / Papendorplijn	Hinder bus-verbinding-en Waterlinie-weg /USP	Verstoring gevoelige apparatuur	Schade bus-verbinding-en Waterlinie-weg /USP
A	--	-	--	-	0	0	--	-
A1	--	-	--	-	0	0	--	-
B	--	0	--	-	0	0	0	0
C	-	-	--	--	--	-	--	-
D	-	0	--	--	0	-	0	-
D2	--	0	--	--	0	-	0	-

Maatregelen in de exploitatiefase

- Tram: aangepaste onderlegplaatjes of een “floating slab track”;
- Bus: een goede wegfundering, waardoor de weg steeds vlak blijft en het vermijden van het gebruik van drempels en putten in de busroutes.

Maatregelen bouwfase

- Viaducten en bruggen: geboorde palen in plaats van heipalen;
- Cut&cover tunnels en verdiepte ligging: damwanden drukken in plaats van trillen, palen boren in plaats van heien, tunnel boren in plaats van graven;
- Gevoelige apparatuur: overleg met beheerders apparatuur om werkzaamheden af te stemmen.

Colofon

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Uitgave	Movares Nederland B.V.
Ondertekenaar	Richard Savenije
Projectnummer	MN004535
Kenmerk	-
Versie	2.0
Datum	05-02-2024

© 2024, 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.