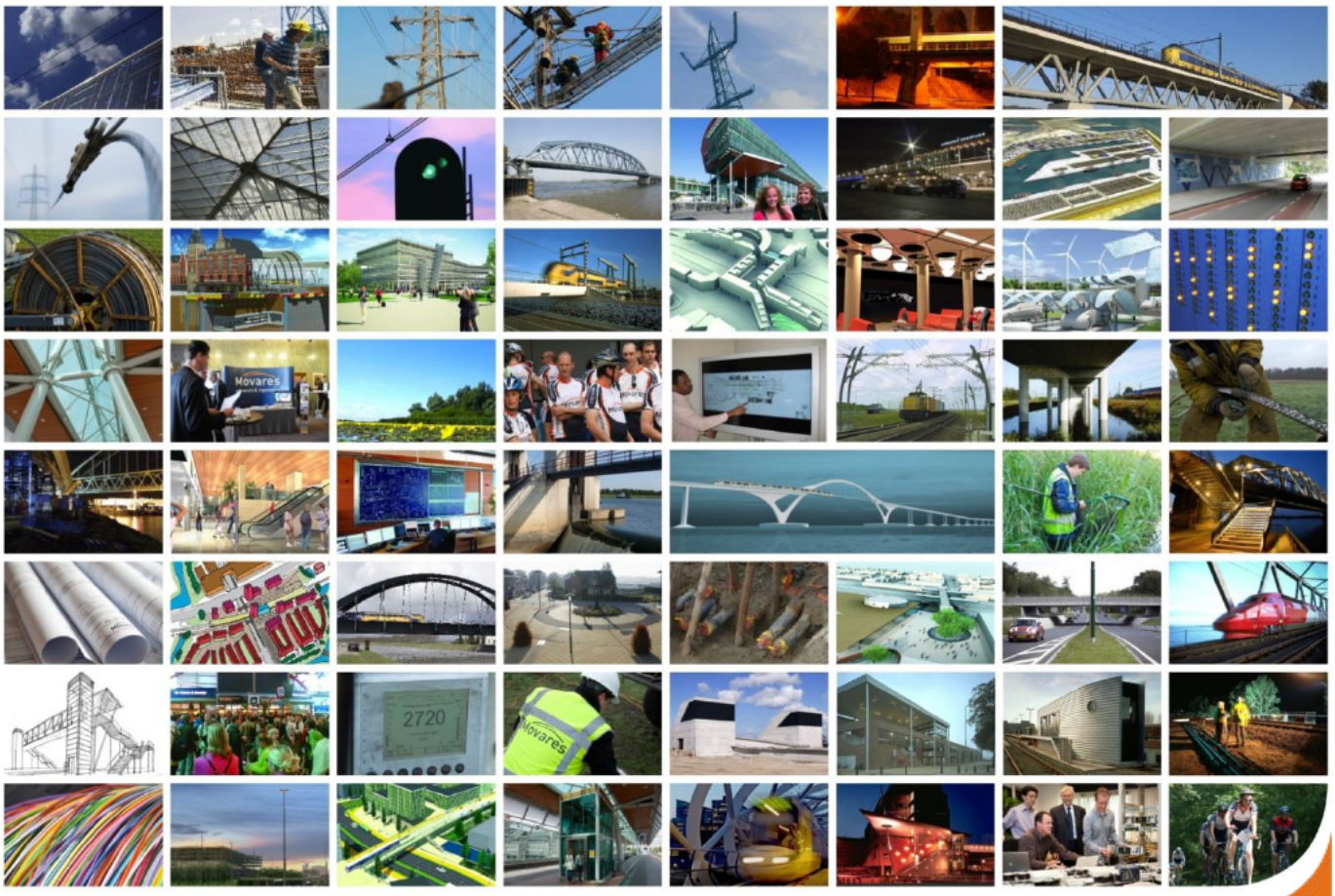
Movares
adviseurs & ingenieurs

Tramremise Havenstraat Museumtram

Studie Bouwblok 4



11 maart 2019 - Versie 3.0

wij verbinden

Autorisatieblad

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	[redacted]	v	11 maart 2019
Gecontroleerd door	[redacted]	v	11 maart 2019
Vrijgegeven door	[redacted]	v	11 maart 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
3.0			

Samenvatting

Ten behoeve van het realiseren van een tramloods in het zogenaamde Blok 4 aan het Havenstraatterrein te Amsterdam is onderzocht of de door de komst van de loods veroorzaakte geluidproductie en trillingen zodanig beheerst kunnen worden dat aan de criteria j en k van de wijzigingsbevoegdheid, zoals opgenomen in het bestemmingsplan Havenstraatterrein, kan worden voldaan.

In deze rapportage zijn de volgende varianten onderzocht:
- Een tramloods als losstaand bouwblok van 500 m2.
- Een tramloods met daarbovenop een aantal lagen woningen.
- Een tramloods onder de hoogbouw van blok 4 en de daarop aansluitende woningen.

Voor deze varianten is tevens bekeken hoeveel trams er maximaal in het gebouw geplaatst kunnen worden en hoeveel trams er geplaatst kunnen worden als er ook rekening gehouden wordt met het opnemen van een aantal wensen van de Electrische Museumtramlijn Amsterdam (ruimte en voorzieningen om aan de trams werkzaamheden te kunnen verrichten).

Uit het onderzoek volgt dat met het treffen van aanvullende geluidsabsorberende voorzieningen en door het treffen van trilling dempende maatregelen aan de constructie aan de in de wijzigingsbevoegdheid gestelde eisen kan worden voldaan.

Inhoudsopgave

Samenvatting **2**

Inleiding **4**
1.1 Algemeen 4
1.2 Aanpak 6
1.3 Leeswijzer 6

2 Uitgangspunten. **8**

3 Constructie en Typologie los bouwblok **10**
3.1 Los bouwblok 10
3.2 Terrein 14
3.3 Minimale en maximale variant 15
3.4 Uitgangspunten bij spoorontwerp 16

4 Constructie en typologie variant met woningen **18**
4.1 Typologie 18
4.2 Aanvullende zaken variant 3 21

5 Bouwfysica binnen **23**
5.1 Binnen 23
5.2 Geluidproductie rijdende tram. 24
5.3 Geluidreducerende maatregelen 25
5.4 Binnen (gebouw met woningen) 26

6 Inpassing omgeving / Bouwfysica buiten **28**

7 Kosten **30**
7.1 Toelichting 30

8 Conclusie **31**

9 Bijlagen **32**

Colofon **33**

Inleiding

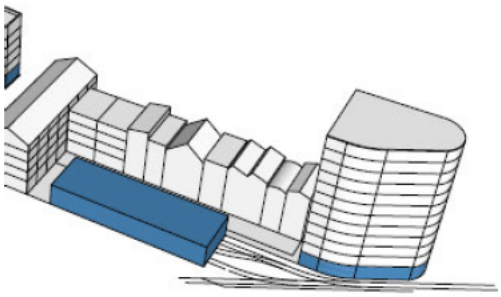
1.1 Algemeen

In het kader van de ontwikkeling van het zogenaamde Havenstraatterrein te Amsterdam wil de gemeente onderzoeken of - en op welke manier - de tramloods voor de EMA (EMA: Electrische Museumtramlijn Amsterdam) in de plannen kan worden ingepast. De tramloods moet een plaats krijgen in het zogenoemde Blok 4.

In 2016 is eerder studie naar de inpassing van een tramremise in bouwblok 4 gedaan. Deze studie betrof de extra kosten die gemoeid zijn met de inpassing van een tramloods onder woningen, met onder de tramloods een parkeergarage. Deze extra kosten betroffen extra constructieve en bouwfysische maatregelen die getroffen moesten worden om de bovengelegen woningen te kunnen laten voldoen aan de eisen die het bouwbesluit stelt aan geluid en trillingen, en eisen op gebied van constructiehoogte en zwaarte om trams onder het gebouw te kunnen plaatsen. In deze studie is ook gekeken hoeveel trams er maximaal in het bouwblok geplaatst zouden kunnen worden.
Deze extra investeringskosten waren zodanig hoog dat de gemeente alternatieven wilt onderzoeken.

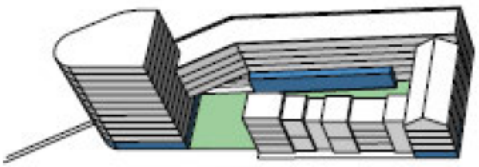
Nu is gevraagd om de kosten in beeld te brengen voor de volgende varianten voor een tramremise:

1. Als los bouwblok van 500 m2 grondoppervlak ingepast in het perceel 'Blok4' (dus géén bovenliggende woningen en ook geen parkeervoorziening onder het bouwblok), met daarbij de volgende varianten:
    a. Ruimte bieden aan het maximaal aantal tramstellen. (3 sporen)
    b. Ruimte bieden aan zowel tramstellen (2 sporen), als ook aan functies die eerder door de EMA zijn opgegeven in het wensprogramma: ruimte voor een werkplaats, een personeelsruimte, een magazijn en een werkkuil.



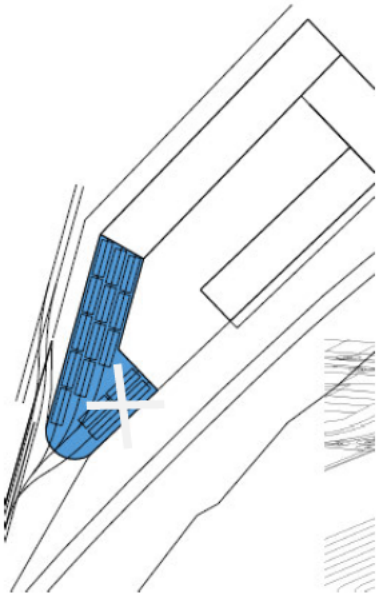
2. Als bouwblok van 500 m2 met daarboven woningen, waarbij eveneens de volgende subvarianten worden beschouwd:
    a. Ruimte bieden aan het maximaal aantal tramstellen. (3 sporen).
    b. Ruimte bieden aan zowel tramstellen (2 sporen) als ook aan functies die eerder door de EMA zijn opgegeven in het wensprogramma:

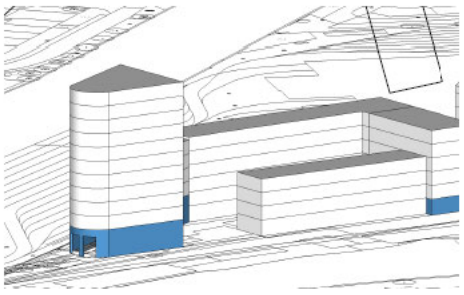
ruimte voor een werkplaats, een personeelsruimte, een magazijn en een werkkuil.



BLOK 4

3. Als bouwblok met daarboven woningen waarbij de tramloods zich voor het belangrijkste deel onder de hoogbouw bevindt en deels onder de daarnaast gelegen woningen. Onder de hoogbouw is ruimte voor nevenfuncties voor de tramloods (magazijn, werkplaats, kantoor).
    a. Bij deze variant hoort ook een maximaal aantal te stallen trams. Omdat er in deze variant maar 13 tramstellen geplaatst kunnen worden geldt hier géén minimaal aantal trams. Dit komt omdat de ruimte rechts op onderstaande afbeelding niet geschikt is om trams te plaatsen. (Als je hier trams plaatst heb je geen ruimte over om trams te plaatsen in de langsrichting van het gebouw. De boogstralen voor de wissels zitten elkaar in de weg; zie illustratie hieronder). Deze ruimte is wel geschikt voor nevenfuncties uit het wensprogramma. Het is dus niet nodig het aantal tramplaatsen te verminderen om nevenruimte te creëren.





Van deze varianten wordt in de volgende studie beschreven wat per variant de randvoorwaarden zijn waaraan moet worden voldaan en wat de investeringskosten voor elk van de varianten zijn.

1.2 Aanpak

Voor dit onderzoek hanteren we de volgende aanpak:

Ruimtelijke inpassing.

- We maken gebruik van de gegevens van de tramstellen die voor de eerdere studie zijn gebruikt. Deze zijn niet gewijzigd.
- We maken een schets van het bouwblok van 500 m2 en tekenen de sporenlayout in zoals deze aftakt van de reguliere tramlijn naar de GVB remise 'Havenstraat'.
- We bepalen de grove constructieve opzet van het gebouw van 500 m2 in drie varianten; één als losstaand bouwblok zonder woningen daarboven; één als bouwblok van 500 m2 mét op de tramloods geplaatste woningen, en één als invulling van de onderste 6 meter van de hoogbouw van blok 4 en deels onder de woningen die aan de noordoostzijde aansluiten aan deze hoogbouw.
- In het blok van 500 m2 tekenen we een sporenlayout voor de variant met het maximaal aantal te plaatsen tramstellen.
- In het blok van 500 m2 tekenen we een sporenlayout voor de variant met plaats voor functionaliteiten uit het wensprogramma zoals dat ook voor de studie in 2016 is gebruikt (personeelsruimte, magazijn, werkplaats, werkkuil), en bepalen hoeveel tramstellen daar optimaal naast zou worden kunnen gestald.
- We bepalen de opzet voor een tramloods die zich in de plint van de hoogbouw en onder de aansluitende woningen bevindt en kijken op welke manier hier een tramloods kan worden vormgegeven.
- In de stedenbouwkundige schets is nog geen rekening gehouden met de plaats voor de constructie van de hoogbouw.

Bouwfysische aspecten van de verschillende varianten:

- We behandelen de bouwfysische aandachtspunten voor de verschillende varianten, met name op het gebied van geluidreductie (lucht- en contactgeluid) en trillingen. We voeren hier geen metingen uit, maar geven wel aan wat de mogelijkheden zijn voor geluid- en trillingsreductie. Dit voeren we uit voor het gebouw.

Belasting van de omliggende gebouwen /omgeving door geluid en trillingen wordt behandeld door LBP Sight

- We doen aanbevelingen voor maatregelen op gebied van trillings- en geluidreductie met betrekking tot het gebouw.
- We nemen deze maatregelen mee in de kostenraming.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt de uitgangspunten die bij deze studie van kracht zijn.

Hoofdstuk 3 en 4 behandelen de constructie en de gebouwtypologie van respectievelijk een tramloods als los bouwblok en een tramloods met woningen daarbovenop en de tramloods onder de woontoren.
Hoofdstuk 5 behandelt de bouwfysica op gebied van geluid en trillingen van de tramloods en welke maatregelen er getroffen moeten worden om zo weinig mogelijk geluid vanuit de tramloods naar de omgeving te laten lekken, en zo min mogelijk trillingen door te geven aan de omgeving.
Hoofdstuk 6 behandelt de omgeving. Hier zal LBP Sight echter het meeste onderzoek in doen.
Hoofdstuk 7 geeft inzage in de kosten.

2 Uitgangspunten.

Voor deze rapportage gelden de volgende uitgangspunten:

- Uw vraag zoals gesteld in ons overleg d.d. 22 januari 2019 en onze daarop gebaseerde offerte d.d. 1 februari 2019.
- De informatie uit de voorgaande door ons uitgevoerde studies van februari en oktober 2016.
- De gegevens van de tramstellen zijn ten opzichte van de hierboven genoemde studies niet veranderd.
- We gebruiken de ondergronden en planologische gegevens zoals door u worden toegeleverd. Door ons worden geen inmetingen op locatie verricht.
- De positie van de woningen op de tramloods wordt aan de hand van de planologische schets ingeschat.
- De positie van de reguliere GVB remise bevindt zich direct ten noorden van bouwblok 4.
- De hoogte van de eerste bouwlaag bedraagt minimaal 4 meter en maximaal 6 meter (wijzigingsbevoegdheid artikel 15.1, sub d, bestemmingsplan Havenstraatterrein).
- De loods historische tramspoorlijn, voor zover niet gelegen onder bebouwing, wordt voorzien van een groen dak (wijzigingsbevoegdheid artikel 15.1, sub e, bestemmingsplan Havenstraatterrein).
- De onderhoudswerkzaamheden vinden inpandig plaats (wijzigingsbevoegdheid artikel 15.1, sub f, bestemmingsplan Havenstraatterrein).
- Buiten de loods, op de gevels en in de aangrenzende woningen mag er geen overschrijding van de grenswaarde van maximaal 58dB(Ldag) optreden.
- In de woningen (verblijfsruimten) in geluidgevoelige objecten is een maximaal geluidniveau ten gevolge van de trams toegestaan van 33dB / 35dB(A). (wijzigingsbevoegdheid artikel 15.1,sub j, bestemmingsplan Havenstraatterrein).
- Er mag geen onevenredig nadelige trillingshinder optreden ter plaatse van geluidgevoelige objecten; conform de SBR richtlijn trillingen: A: Schade aan gebouwen en B: hinder voor personen (wijzigingsbevoegdheid artikel 15.1, sub k bestemmingsplan, Havenstraatterrein).



Voorbeeld tramstel museumtram

3 Constructie en Typologie los bouwblok

3.1 Los bouwblok

Bij een tramloods die bestaat uit een los bouwblok zijn er een aantal voordelen ten opzichte van een geïntegreerde remise met woningen en/of andere functionaliteiten:

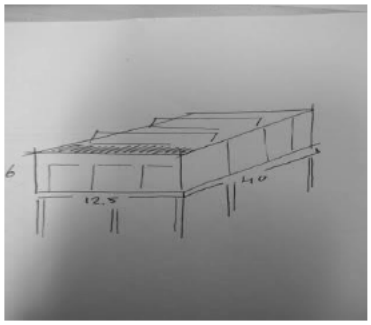
- Er hoeft geen rekening gehouden te worden met belastingen van bovenliggende bebouwing.
- Er hoeft geen rekening gehouden te worden met entree / toegangsvoorzieningen naar bovenliggende bouw / aansluitende geschakelde bebouwing.
- Er hoeft geen rekening gehouden te worden met een onderliggende parkeervoorziening.

Het gebouw wordt constructief als volgt getypeerd:

- Los bouwblok van 12,5 x 40 m (grondoppervlakte van 500 m2)
- Gebouwhoogte ca 6 meter (i.v.m. tramhoogtes)
- Constructie dient passend te worden gemaakt bij de functionaliteit tramloods (tramgewichten, overspanning)
- Constructie dient trillingen niet / zo weinig mogelijk door te geven aan de omgeving. (SBR richtlijn trillingen: A: Schade aan gebouwen en B: hinder voor personen)
- Constructie dient zo min mogelijk geluid (luchtgeluid en contactgeluid) door te geven aan de omgeving. (Activiteitenbesluit, Bouwbesluit, Wet ruimtelijke ordening). Het gebouw moet toegankelijk zijn voor trams en afsluitbaar zijn.
- Gebouw moet te conditioneren zijn (verwarming en luchtbehandeling).
- Gebouw moet voldoen aan eisen op vormgevingsgebied / inpassing.
- Het gebouw moet voorzien worden van een groen dak / sedumdak. Zie wijzigingsbesluit, art. 15.1, sub e, bestemmingsplan Havenstraatterrein.
- Het gebouw moet voldoen aan de wijzigingsbevoegdheid, artikel 15.1, sub j en k, bestemmingsplan Havenstraatterrein.

Dit resulteert in een gebouw met de volgende typologie:

a. Gebouwtype:
    a. Rechthoekige loods
    b. Overspanning 12,5 m, géén tussensteunpunten. Hoogte 6 m.
    c. Betonnen fundering / vloer.
    d. Opbouw staalconstructie.
    e. Wanden bestaande uit prefab elementen.
    f. Ontsluiting voor trams: door middel van overhead deuren.

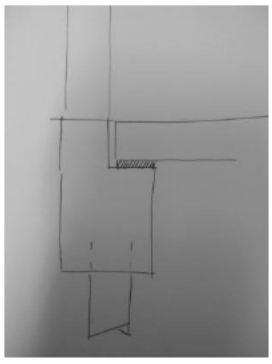


Type losstaande loods van 500 m2

b. Fundering:
Om het gewicht van de trams te kunnen dragen zal een betonvloer noodzakelijk zijn. De wijze van fundering is afhankelijk van de gesteldheid van de bodem ter plaatse. Naar verwachting zal een vloer op palen nodig zijn. Op deze palen kan een balken rooster worden gestort. Op dit rooster kan de gebouwconstructie verder worden opgebouwd.

- Trillingsreductie ondergrond: De betonvloer opleggen op rubber platen op de randbalken / kolomkransen ter plaatse van de heipalen. Deze oplegplaten hebben een zeer lange levensduur en behoeven in deze toepassing niet nagesteld te worden.

- *Noot 1: Een vloer die flexibel op randbalken opligt geeft minder trillingen door aan de omgeving dan een vloer die op staal is gefundeerd / rechtstreeks op zand is gestort.*
- *Noot 2: De remise wordt beschouwd als stallingsgebouw waar ook onderhoudswerkzaamheden aan de trams kunnen worden gedaan. Vanwege vloeistofdichtheid en thermische isolatie wordt gekozen voor een betonvloer in plaats van doorlopende bestrating. Tevens kunnen in de betonvloer de rails nauwkeuriger en beter worden ingelegd in een rubber inlage. Dit levert een kwalitatieve goede vloer op die ook haaks op de sporen overrijdbaar is.*


Losse oplegging vloer op fundering

c. Vloer:

Het gebouw heeft een betonnen vloer waarin de spoorstaven zijn ingegoten. Ingegoten spoor is noodzakelijk om een vlakke vloer te krijgen die ook haaks op de sporen overrijdbaar / overloopbaar is.

- Om zoveel mogelijk geluid van tramwielen te reduceren moeten de spoorstaven in rubber worden ingegoten.

d. Kolommen:
Omdat er geen bovenliggende bebouwing gedragen moet worden ligt een constructie in de vorm van een staalskelet voor de hand. Dit is ook vanuit kostentechnisch oogpunt een voor de hand liggende keuze. De kolommen worden op de randbalken bevestigd ter plaatse van de funderingspalen. Er kan gekozen worden tussen stalen kokerprofielen of standaard HE profielen. Met het oog op de belasting van een sedumdak en de gewenste vrije overspanning zullen de stalen kolommen redelijk zwaar zijn. (Indicatie HE 300).

e. Wandelementen:
De wandelementen hebben een belangrijke functie in het reduceren van geluidoverlast voor de omgeving. Naast thermische isolatie en het plaatselijk toetreden van daglicht moet er bij de wandkeuze gelet worden op geluidabsorptie. Voor het wegvangen van de lagere frequenties van luchtgeluid dienen de wanden een bepaalde zwaarte te hebben. Aanvullende absorberende voorzieningen dienen aan de binnenzijde van de wandelementen worden opgenomen / toegevoegd, zodat zoveel mogelijk luchtgeluid over een grote frequentiebandbreedte wordt geabsorbeerd. Zie verder in deze rapportage.
Mogelijkheden: Sandwich wandelementen, Beton / lichtbeton

f. Dakconstructie en dakelementen:
Het dak dient een sedumlaag / begroeiing te kunnen dragen.
De liggers dienen een overspanning te hebben van 12,5m.
De dakplaten zullen geïsoleerd moeten worden om zoveel mogelijk geluid en trillingen te absorberen.
Het dak moet bij voorkeur een functie vervullen in daglichttoetreding zodat er minder gevelopeningen nodig zijn die bij onzorgvuldige uitvoering een geluidlek vormen. De dakliggers kunnen zware stalen profielbalken zijn of vakwerk liggers van staal. De dakplaten dienen dezelfde opbouw te hebben als de wanden: lichtbeton of zwaar geïsoleerde stalen profielelementen.

g. Tramplaatsing en tramhandling binnen.
Bij de tramloods is er – evenals bij de eerdere studies vanuit gegaan dat er geen bovenleiding het gebouw in loopt. De volgende argumenten liggen daaronder:

- Veiligheid
- Kosten
- Geluidreductie

  - Het naar binnen brengen van de bovenleiding vraagt extra veiligheidsvoorzieningen aan het gebouw, zeker wanneer een

stalen constructie wordt gebruikt. Ook zal de hoogte van het gebouw inpandig minimaal 6 meter dienen te bedragen.
- Het aanleggen van bovenleiding is duur en dient ook separaat in het gebouw in- en uitgeschakeld te kunnen worden.
- Bij de toegangsdeuren dienen extra voorzieningen aangebracht te worden om de bovenleiding van buiten naar binnen te geleiden. Ook dit is een kostenverhogende post.
- Het doorleiden van de bovenleiding door de gevel / toegangsdeuren is een belangrijk geluidslek.

h. Additionele voorzieningen binnen.
- Om luchtgeluid te reduceren dient aan de binnenzijde van de loods aanvullende absorberende beplating te worden aangebracht. Dit kan op de volgende manieren:
  - door middel van houtwolcement elementen of elementen van ander absorberend materiaal die door middel van staalkabels aan de dakconstructie worden opgehangen.
  - Aanbrengen van aanvullende absorberende beplating op de binnenzijde van de wanden (Mavopreen, Merford o.g.) deze beplating heeft een verstrooiende en absorberende werking voor geluidgolven.
  - Alle ventilatievoorzieningen uitvoeren in de vorm van een labyrinthconstructie. (suskasten).
  - Gebruik van geluidarme gereedschappen en apparatuur.
  - In las- en metaalbewerkingsruimten aanbrengen van extra geluidabsorbtie en afsluiten van de overige ruimten.



Geludabsorberende Baffles aan dakconstructie



Geluidabsorberende wandelementen

3.2 Terrein

De toegang voor trams richting de tramloods wordt gerealiseerd door middel van een wissel dat wordt opgenomen in het spoor wat naar de GVB remise Havenstraat voert. Dit aftakkende spoor wordt verderop meer in de richting van de remise nogmaals gesplitst in twee of drie sporen. (afhankelijk van de variant van de loods waarin het maximale aantal trams of een minder aantal trams een plaats moet krijgen).

Vanaf de aftakking van het GVB spoor dient de EMA zelf te zorgen voor tractie van de trams, omdat vanaf dat punt er geen bovenleiding meer beschikbaar is. In de eerdere studie is gebruik gemaakt van een elektrisch trekvoertuig.
Aandachtspunt bij het buiten rangeren van de trams is het wielgeluid in de wissels en bogen.
Het spoor buiten kan eveneens door middel van rubber blokken vastgezet worden op de ondergrond, zodanig dat het overrijdbaar is en het terrein multifunctioneel kan worden gebruikt.



Voorbeeld van een elektro- trekker (Spijkstaal)

3.3 Minimale en maximale variant

Voor de eisen / randvoorwaarden die aan het gebouw worden gesteld bij de keuze voor een vrijstaande loods als remise maakt het in grote lijnen niet uit of er voor een tramloods wordt gekozen met een maximaal aantal op te stellen trams of voor een tramloods met ook ruimte voor delen uit het wensprogramma. De hoofdopzet van het gebouw blijft hetzelfde.

Echter op onderdelen zijn er wel aandachtspunten:

- Wanneer er een werkplaats / onderhoudsput wordt opgenomen zal dit extra geluid opleveren.
- Werk- en personeelsruimten zullen daglichttoetreding door de gevel vereisen. Dit zijn potentiële geluidlekken en vragen extra uitvoeringsaandacht.

Maatregelen om dit geluid te weren:

- Isoleren van geluidproducerende werktuigen en werkzaamheden in een aparte afsluitbare ruimte.
- Geluidarm gereedschap gebruiken.
- Ramen en Ventilatievoorzieningen voorzien van suskasten. (ventilatie door middel van labyrinth).

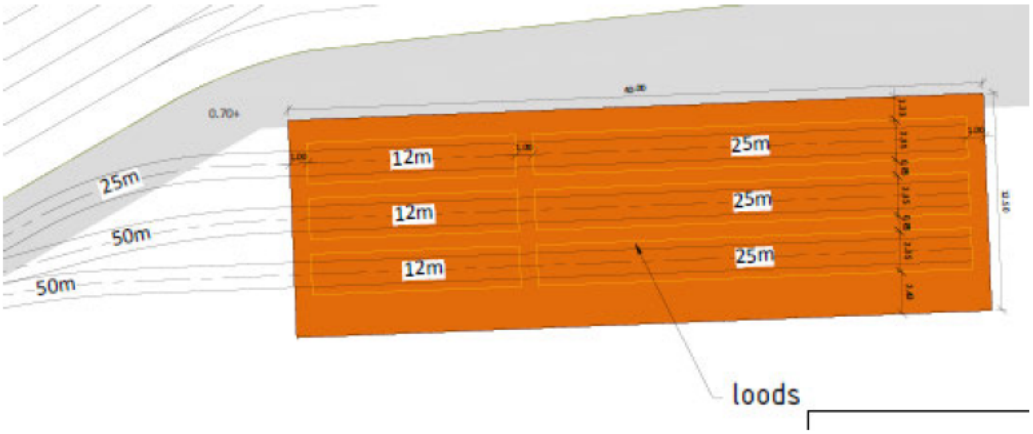
Deze maatregelen zijn in de kosten meegenomen.

Geluiden die de meeste overlast opleveren zijn:

- het slaan van staal op staal
- slijpwerkzaamheden

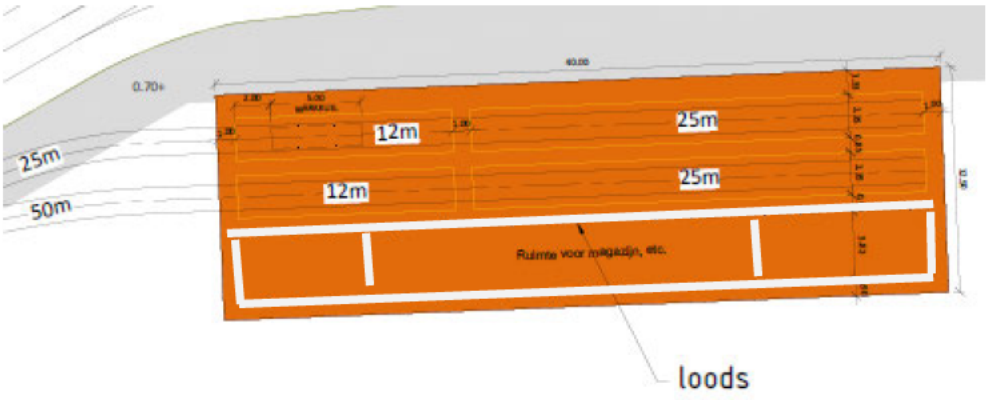
Deze werkzaamheden zullen niet op deze locatie moeten worden uitgevoerd. (Bij voorkeur dienen juist deze werkzaamheden in een reguliere GVB remise uitgevoerd te worden).
Dit moet via een maatwerkvoorschrift Activiteitenbesluit worden geregeld. Maatwerkvoorschriften kunnen pas vastgelegd worden als sprake is van een gemelde activiteit. Dus pas bij de melding Activiteitenbesluit die tramorganisaties voor ingebruikname van de tramloods moeten doen.

Capaciteit
In een bouwblok van 500 m2 kan in de maximale variant (3 sporen) ruimte worden geboden aan 15 tramstellen. Met kan dan rondom redelijk goed bij de trams voor bijvoorbeeld inspectie en bewassing. Verbreding van het gebouw met ca 2,5 m. vergroot de capaciteit tot 20 tramstellen. (4 sporen). De vrije overspanning wordt hierdoor wel groter. Dit is in deze rapportage echter niet beschouwd.



Maximale variant: 3 x 3 en 3 x 2 = 15 tramstellen.

In een bouwblok mét ruimte voor nevenfuncties zijn 10 tramstellen te plaatsen. Ook hier geldt dat een verbreding met ca 2,5 m ruimte biedt aan 15 tramstellen én ruimte voor werkplaats / magazijn e.d.
De lengte van 40 m is in beide gevallen aan de krappe kant. Eén of twee meter extra zou de bruikbaarheid van de remise vergroten.
De ruimte voor magazijnen en werkplaatsen is niet nader uitgewerkt.



Minimale variant 2 x 3 en 2 x 2 = 10 tramstellen

3.4 Uitgangspunten bij spoorontwerp

ontwerpbeschrijving

Op tekening C30-AKN-AU-1900014 (bijlage) zijn twee varianten weergegeven van de sporenlayout in de remise voor de museumtram. Beide gaan uit van:

- Aansluiten op bestaand toeleidend spoor;
- Aansluiten op het bestaande GVB emplacement Havenstraat;
- Zoveel mogelijk de wegverharding volgen;
- Spoorafstand ca 3,20m.

Er is een variant "2-sporen". Eén van de twee sporen is voorzien van een werkkuil. Naast de sporen is nog ruimte voor magazijnruimte en/of opslag van gereedschappen. Deze variant biedt de mogelijkheid tot het uitvoeren van onderhoud- en reparatiewerkzaamheden.
Er is een variant "3-sporen". Hier is geen werkkuil voorzien. De vrije ruimte voor opslag is veel beperkter in deze variant. De hoofdfunctie betreft hier het opstellen. Per spoor kan één tram van 12 meter en één tram van 25 meter worden op gesteld, of drie trams van 12m.

Kenmerken ontwerp:

Spoorconstructie:
In de loods is uitgegaan van ingegoten spoor. Deze constructie is wat duurder, maar heeft als voordeel dat het de invloed van trillingen en geluid op de omgeving sterk reduceert.
Buiten de loods is uitgegaan van een overrijdbare constructie met onderbed beton en bovenbed beton met asfalt als toplaag. Dit sluit aan bij de wegverharding waar het spoor deels in ligt.
De overrijdbare constructies wordt in groefrail uitgevoerd.
Wissels:
Wissels zijn uitgevoerd als groefrailwissel met een tongbeweging Rh=50m.
Bij de variant "2-sporen" zijn drie enkele wissels toegepast.
Bij de variant "3-sporen" zijn twee enkele wissels toegepast en twee verstrengelde wissels. De afstand tussen de voorkant van de tongen bedraagt 4,5m zoals standaard bij GVB toegepast.
Bovenleiding:
Bovenleiding is niet nodig, uitgangspunt is dat een tram met een trekkracht wordt verplaatst tussen het doorgaande spoor en de remise.
Beveiliging:
Er zijn geen maatregelen op gebied van beveiliging nodig.

4 Constructie en typologie variant met woningen

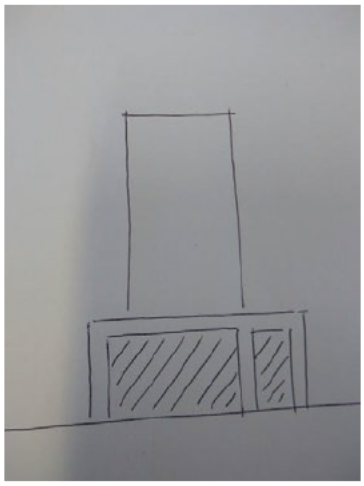
Bij een tramloods die geïntegreerd wordt met woningen zijn er de volgende aandachtspunten:

- Bij het plaatsen van woningen op de tramloods gelden de meeste punten zoals deze ook zijn behandeld in de rapportage van 2016. (In 2016 is de variant onderzocht waarbij de maaiveldverdieping ingericht werd als tramremise). Deze maaiveldverdieping had een hoogte van ca 6 m. de tramloods vormde een constructieve eenheid met de bovengelegen bebouwing en een onderliggende parkeergarage.
- Bij de hier te beschouwen variant bestaat de tramloods uit het bouwblok van 500 m2 wat overbouwd wordt door woningen.
- De ligging binnen blok 4 is anders dan bij de studie uit 2016. De remise wordt overbouwd door een strook woningen in plaats van hiermee geheel geïntegreerd te zijn.
- Er kan worden gekozen voor het constructief koppelen van de woningen en de tramloods, óf er kan worden gekozen voor het constructief loshouden van de tramloods en de woningen.
- De twee varianten (een maximaal aantal trams of minder trams maar wel zaken uit het wensprogramma) maken voor de inhoud en het constructieprincipe van de tramloods niet uit.
- Er hoeft ook in deze variant geen rekening gehouden te worden met een onderliggende parkeervoorzieningen.

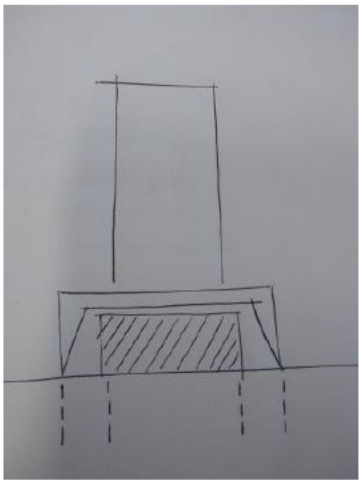
4.1 Typologie

Het gebouw wordt constructief als volgt getypeerd:

- Bouwvolume voor de tramloods 12,5 x 40 m (grondoppervlakte van 500 m2)
- Inwendige hoogte tramloods min 5.75 m.(i.v.m. tramhoogtes)
- De constructie dient passend te worden gemaakt bij de functionaliteit remise (tramgewichten, overspanning) én de bovenliggende bebouwing.
- De constructie dient trillingen niet / zo weinig mogelijk door te geven aan de omgeving. (eis / regelgeving) én aan de bovenliggende bebouwing.
- De constructie dient zo min mogelijk geluid (luchtgeluid en contactgeluid) door te geven aan de omgeving en de bovenliggende bebouwing. (eis / regelgeving)
- Het gebouw moet toegankelijk zijn voor trams en afsluitbaar zijn.
- Het gebouw moet te conditioneren zijn (verwarming en luchtbehandeling).
- Het gebouw moet voldoen aan eisen op vormgevingsgebied / inpassing gebouw en moet voldoen aan het bouwbesluit.
- Toegangsportalen voor bovenliggende woningen moeten worden meegenomen.



Eén constructie



Losgehouden constructie

Voor de verdere beschouwing van een gebouw met woningen kunnen we kiezen voor het constructief koppelen van de woningen aan de tramloods of voor het constructief loshouden van de tramloods en de woningen.
Vanuit het oogpunt van zoveel mogelijk geluid- en trillingreductie is de variant waarbij de woningen de tramloods overkluizen (dus daar los van staan) het meest gewenst. Nadeel is dat de constructie aanzienlijk duurder wordt. (overspanning draagstructuur woningen is groot).
De variant met woningen direct op de tramloods is goedkoper, maar vraagt expliciet aandacht voor geluid- en trillingsreductie. Deze variant is in iets gewijzigde vorm ook behandeld in de studie van Movares van 2016.
We gaan er daarbij vanuit dat de draagconstructie van de woningen wordt geplaatst op de loods (daar dus deel van uit maakt).

De met woningen gecombineerde remise wordt gekenmerkt door de volgende typologie:

i. Gebouwtype:
    a. Rechthoekige loods als plint onder een iets smaller woningblok
    b. Overspanning ca 9 m en zijbeuk van 3,5 m. (Tussensteunpunten of tussenwand is mogelijk en vanuit constructief oogpunt en indelingsoogpunt aannemelijk). Vrije hoogte remise inwendig 5.75 m.
    c. Betonnen fundering / vloer.
    d. Opbouw betonconstructie.
    e. Wanden bestaande uit prefab elementen gevat tussen betonnen dragende elementen / kolommen.
    f. Ontsluiting voor trams: door middel van goed sluitende overhead deuren.

j. Fundering:
Zware betonfundering gecombineerd t.b.v. tramloods en woongebouwen. Betonvloer tramloods met rubber blokken opgelegd op palen en rooster van draagbalken. Aard en diepte van de fundering is afhankelijk van de gesteldheid van de bodem ter plaatse. De kolommen dragen een zware betonnen verdiepingsvloer die het plafond vormt van de tramloods en tevens de funderingsplaat is voor de woningen.

k. Vloer:
Het tramloods gedeelte heeft een betonnen vloer waarin de spoorstaven zijn ingegoten. De betonvloer is een breedplaatvloer die van randbalk naar randbalk overspant en trillingsarm opligt op de randbalken. De afstortlaag bevat de spoorstaven, die aanvullend in rubber zijn gegoten. De vloer mag nergens gekoppeld zijn aan de kolommen / constructie die de bovenliggende woningen draagt.

l. Kolommen:
De fundering draagt de kolommen. Deze staan in de lengte van het gebouw op een redelijke hart- op hart afstand om de constructieafmetingen niet te groot te maken. Te denken valt aan 5 meter, wat mogelijk overeenkomt met de beukbreedte van bovenliggende woningen. In de breedte adviseren we de tramloods niet overspanningsvrij te maken maar op te delen in een veld van 9 en 3,5 m. Dit tevens om reden van het beperken van de constructiehoogte. In een vak van 3,5 meter kan nog een tramspoor gelegd worden. (Profiel vrije ruimte tram ca 3,1 m). of kunnen nevenfuncties gerealiseerd worden.
Stabiliteitswanden kunnen in lijn met de kolommen worden geplaatst.

m. Wandelementen:
De wandelementen van de tramloods hebben een belangrijke functie in het reduceren van geluidoverlast voor de omgeving. Naast thermische isolatie en het plaatselijk toetreden van daglicht moet er bij de wandkeuze gelet worden op geluidabsorptie. Voor het wegvangen van de lagere frequenties van luchtgeluid dienen de wanden een bepaalde zwaarte te hebben. Aanvullende absorberende voorzieningen moeten aan de binnenzijde van de wandelementen worden opgenomen / worden toegevoegd, zodat zoveel mogelijk luchtgeluid over een grote frequentiebandbreedte wordt geabsorbeerd. Zie verder in deze rapportage.
Mogelijkheden: ook voor een remise gecombineerd met een gebouw kan worden gekozen voor Sandwich wandelementen, Beton / lichtbeton, maar ook – om aan te sluiten aan de woningbouw- voor metselwerk met een betonnen of kalkzandsteen binnenblad.

n. Dakconstructie en dakelementen:
De dakconstructie van de tramloods vormt tevens de fundatieplaat van de woningen. Dit zal een zware betonplaat worden. Hierop kunnen de woningen worden gebouwd. De onderste woonlaag bij voorkeur op een extra- los van de zware betonvloer liggende- zwevende – betonvloer aanbrengen.

Om nog meer geluid vanuit de tramloods te reduceren helpt een verend opgehangen plafond de lagere- en middenfrequenties te dempen.

o. Tramplaatsing en tramhandling binnen.
Bij de tramloods is er - evenals bij de eerdere studies- vanuit gegaan dat er geen bovenleiding het gebouw in loopt. De volgende argumenten liggen daaronder:
    - Veiligheid
    - Kosten
    - Geluidreductie
  - Het naar binnen brengen van de bovenleiding vraagt extra veiligheidsvoorzieningen aan het gebouw, zeker wanneer een stalen constructie wordt gebruikt. Ook zal de hoogte van het gebouw inpandig minimaal 6 meter dienen te bedragen.
  - Het aanleggen van bovenleiding is duur en dient ook separaat in het gebouw in- en uitgeschakeld te kunnen worden.
  - Bij de toegangsdeuren dienen extra voorzieningen aangebracht te worden om de bovenleiding van buiten naar binnen te geleiden of te onderbreken. Ook dit is een kostenverhogende post.
  - Het doorleiden van de bovenleiding door de gevel / toegangsdeuren is een belangrijk geluidslek.

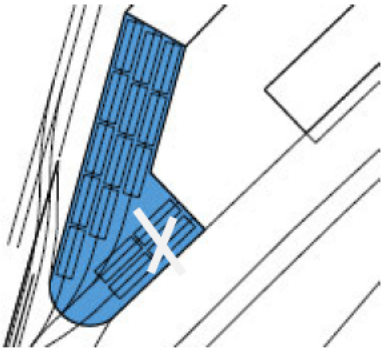
p. Terrein
De toegang voor trams richting de remise wordt gerealiseerd door middel van een wissel dat wordt opgenomen in het spoor wat naar de GVB remise Havenstraat voert. Dit aftakkende spoor wordt verderop meer in de richting van de remise nogmaals gesplitst in twee of drie sporen. (afhankelijk van de variant van de loods waarin het maximale aantal trams of een minder aantal trams een plaats moet krijgen).

Vanaf de aftakking van het GVB spoor dient de museumtrammaatschappij zelf te zorgen voor tractie van de trams, omdat vanaf dat punt er geen bovenleiding meer beschikbaar is. In de eerdere studie is gebruik gemaakt van een elektrisch trekvoertuig.

Aandachtpunt bij het buiten rangeren van de trams is het wielgeluid in de wissels en bogen.
Wij adviseren het spoor buiten door middel van rubber blokken vast te zetten op de ondergrond.

4.2 Aanvullende zaken variant 3

Voor variant 3 gelden op hoofdlijnen dezelfde uitgangspunten als voor een tramloods met daarop geplaatste woningen. Hierbij de volgende opmerkingen:



Constructief:

- De inpandige hoogte van de eerste bouwlaag dient minimaal 5,75 meter te bedragen.
- Dragende wanden en kolommen moeten een plaats krijgen.
- Verkeersruimten t.b.v. de ontsluiting van de bovenliggende woningen dienen een plaats te krijgen in de plattegrond.
- De onder punt twee behandelde punten gelden eveneens voor dit gebouw. (vloeropleggingen, gebruik absorberende materialen en dergelijke)

Indeling

- Wij kiezen voor maximaal twee doorbrekingen / overhead deuren als toegang voor de trams.
- Plaatsing van trams in één richting (de meest lange opstelling in bovenstaande afbeelding) in verband met de organisatie van wissels en de bruikbaarheid van de tramopstelling.
- In de variant onder het woonblok zullen maximaal 13 tramstellen geplaatst kunnen worden.

5 Bouwfysica binnen

5.1 Binnen

Algemeen: Het reduceren van geluid door middel van toepassen van aanvullende voorzieningen kan goed worden berekend. Regelgeving op gebied van geluid en met name trillingen is beperkt. In veel gevallen wordt de SBR richtlijn aangehouden: SBR, paragraaf 'trillingen': A: Schade aan gebouwen en B: hinder voor personen.
Dit geldt met name voor buiten het gebouw. Dit wordt verder behandeld door LBP Sight.

Bron"Trillingen.com: wetgeving":

> ***"Richtlijnen inzake trillingen***
>
> *Er zijn nog weinig wettelijke kaders voor trillingen doch er zijn wel enkele goede richtlijnen die momenteel worden gehanteerd door de Nederlandse overheid. Voor trillingen wordt vanwege bouw- en sloopactiviteiten etc. vrijwel altijd aansluiting gezocht aan de SBR-richtlijnen. Voor trillingen op de werkplek of aan machines, lagers etc. meestal de ISO-normen".*

Beperken trillingshinder.

In deze rapportage wordt de trillingshinder bestreden door algemene maatregelen te treffen zonder daar verder uitputtend aan te rekenen:

- loshouden van constructieve onderdelen.
- opleggingen en contacten zoveel mogelijk flexibel uitvoeren door middel van dempende materialen.

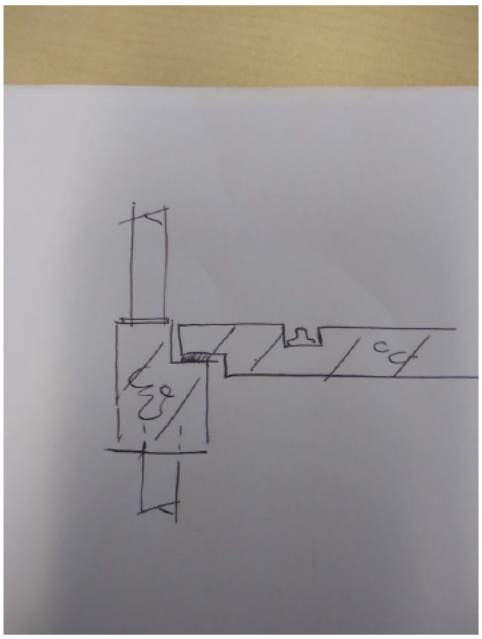
Dit wordt voor de remise als volgt ingevuld:

- Ingegoten spoorstaaf opnemen op rubber inlage.
- Contactvrije vloer (opleggen met rubber blokken op funderingspalen / balkenrooster).
- Bij bovenliggende woningen een zwevende vloer toe passen voor de aan de remise aansluitende bouwlaag.

Beperken geluidhinder

- Ingegoten staaf met rubber inlage. Wielgeluid én trillingen vanuit de wielen worden niet direct doorgegeven aan de constructie.
- Bochtgeluid beperken (toepassen van een zo groot mogelijke straal van de rail, een goede inregeling van het spoor en regelmatig smeren van het spoor).
- Spoorstaafonderbrekingen niet- of zo min mogelijk toepassen.
- Toepassen absorberende materialen aan de binnenzijde van het gebouw.
- Detaillering van wand en plafondconstructies (zwaarte, aansluitingen, los van vaste constructiedelen).
- Luchtgeluid: absorberende materialen toepassen.

- Contactgeluid: ingegoten sporen en flexibele opleggingen vloeren (geldt tevens voor trillingsbeperking).



Losse oplegging vloer – fundering en ingegoten spoor

5.2 Geluidproductie rijdende tram.

Trams produceren bij een snelheid van ca 15 km/u (wat rond blok 4 vaak zal voorkomen) geluid van tussen de 45 en 60 dB(A), gemeten op ongeveer 7,5 meter van hart spoor. Het overgrote deel van dit geluid wordt veroorzaakt door de wielen.
Hier zijn diverse studies naar gedaan. O.a. door Leefmilieu Brussel, DGMR en CROW.
In de loods zal de geluidproductie eerder 45 dB(A) bedragen omdat daar de snelheid van 20 km/h niet wordt gehaald. Daar mag worden uitgegaan van stapvoets verplaatsen van de trams met 5 km/h. Hier zijn echter geen meetgegevens van.

(Bron: Rapportage leefmilieu.Brussel.eu):

1. ***Bronnen van lawaai bij metro en tram.***
In veel opzichten zijn de mechanismen en de bronnen van het lawaai veroorzaakt door trams en metro's dezelfde als bij treinen (zie fiche 29). De verschillen ten opzichte van de trein zijn de volgende:

- *er zijn meer variaties in de spoorbaanconstructie;*
- *de sporen liggen dichter bij de huizen: meer problemen met trillingen;*
- *de rijsnelheden zijn gemiddeld lager.*

Bij snelheden van 40 km/u varieert het maximale geluidsniveau, gemeten op 7,5 m van het midden van de spoorbaan, tussen 70 en 80 dB(A). Dit is zeer gelijkaardig aan de gemeten geluidsniveaus van personentreinen aan dezelfde snelheid en op dezelfde afstand.
Zoals bij treinen is ook hier het contact wiel-rail *de belangrijkste bron van lawaaiproductie.*

DGMR:

Reductie van geluid en trillingen
Vlakke spoorstaven en gladde wielen beperken de opwekking van rolgeluid en zijn uitermate van belang. Het verschil in geluidemissie van een tram op zeer ruwe en op zeer goed geslepen spoorstaven kan 10 dB(A) zijn. Een effectief onderhoud door middel van slijpen is dan ook van wezenlijk belang.
*'De frequentie van circa **540 Hz** is een sterk dominerende frequentie bij booggeluid van trams`*

Voor de tramloods in blok 4: wij gaan er vanuit dat de trams over het toegangsspoor max **15 km/u** rijden. In de tramloods gaan we uit van stapvoets verplaatsen van de trams. De rijsnelheid heeft een belagrijke invloed op de geluidsproductie

Meetresultaten klassieke tram bij 15 km/u gemeten op 7,5 m van het spoor. (ter plaatse van de gevel van de remise, binnenzijde) (CROW)

Type spoorbaan		**Meetresultaat Lmax**
Spoor op ballast recht		56,0 dB(A)
Spoor balast bocht		59,5 dB(A)
Spoor ballast met gras		53,5 dB(A)
Spoor op sintelbaan		54,0 dB(A)
Spoor ingegoten		**45-50 dB(A)**

Dat betekent dat we de **45**-50 dB(A) zoveel mogelijk weg moeten vangen door aanvullende voorzieningen in het gebouw. Gezien de snelheid in de tramloods gaan we aan de **onderzijde** van de meetresultaten zitten

5.3 Geluidreducerende maatregelen

Toepassen absorberende wandpanelen (luchtgeluid).

- Merford, Mavopreen etc: In de midden en hoge frequenties 250Hz- 3000 Hz absorberen deze producten veel geluid. De meest hinderlijke frequentie van tramgeluid is om en nabij de 550 Hz. Wanneer de hoeveelheid absorberend materiaal wordt afgestemd op het gebruik van de remise zal in samenwerking met de wandconstructie (normale sandwichpanelen) en een goede kierafdichting **tot 50dB(A)** worden gereduceerd. (Meting aan de buitenzijde van de tramloods).

(Noot 1.: Er is bekeken of het mogelijk is de gewenste reductie te realiseren. Dat kan. Is is niet gerekend aan hoeveel materiaal dan toegepast zou moeten worden. Dat behoort niet tot deze opgave, maar kan aanvullend worden uitgevoerd.Geluidabsorptie en reductie is altijd een samenstel van maatregelen wat van kracht moet zijn. (materialen, kierdichting, ventilatievoozieningen enz). Een ruimte bekleden en de deur open laten staan werkt niet…
Noot 2: Van een veelheid van materialen bestaan er tabellen die per materiaal de absorbptiecoëfficiënt aangeven. Hier moet bij het ontwerp ven de remise rekening mee worden gehouden.

Toepassen Absorptie Baffles (luchtgeluid)

- Baffles van bijvoorbeeld houtwolcementplaat zijn een soort hangende schermen aan het plafond. Afhankelijk van de hoeveelheid te plaatsen baffles reduceren deze voorzieningen de nagalm in de hal. Omdat de hal uit voornamenlijk harde materialen is opgetrokken (beton, harde wandmaterialen) is het nodig geluidgolven en reflecties zoveel mogelijk te verstrooien. Zij werken aanvullend op de wandbekleding met absorberend materiaal. *(Noot: Ook hier is niet gerekend aan het aantal benodigde baffles)*

Kierdichtingen (luchtgeluid)

- Deuren en ramen dienen goede kierdichting te hebben. Aansluitingen bij voorkeur dubbel uitgevoerd met rubberen aanslag. Geluidgolven kunnen de deur / het raam niet passeren.

Uitvoering spoor in gebouw (contactgeluid)

- Geen naden in de rail: gelaste en geslepen verbindingen. Railwielen bonken dan niet over de verbinding.
- Zo min mogelijk bogen. Als deze er zijn: zo groot mogelijke straal, zorgvuldige parallelle uitvoering en regelmatig smeren van de rail.
- Beperken wissels en spooroverlopen. (eveneens bonkende wielen).
- Rail in rubber inlage ingieten in de vloer, waardoor demping wordt gerealiseerd.
- Vloer : deze draagt het gewicht van de trams en de dynamische belasting. Een losse oplegging van de vloer zorgt naast de demping van de rail voor extra demping.

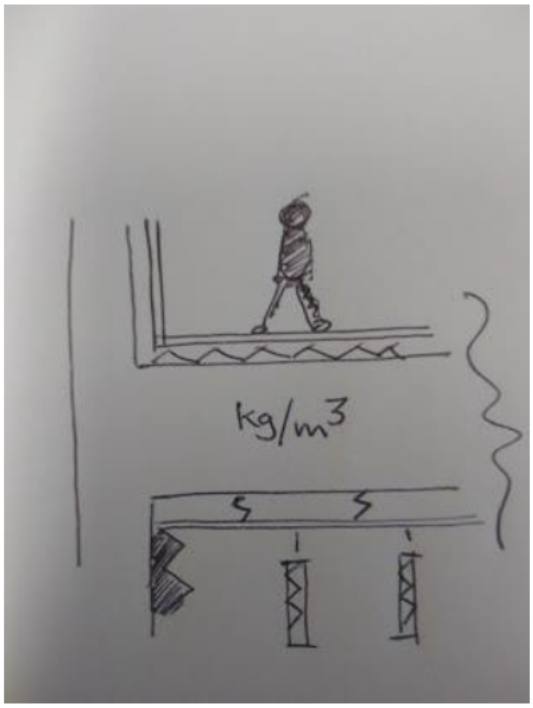
DGMR:

'Stootgeluid kan men beperken door vlakke plaatsen en andere onrondheden op het loopvlak van wiel en discontinuïteiten van het loopvlak van de spoorstaaf te voorkomen of te beperken'.

5.4 Binnen (gebouw met woningen)

Wanneer er woningen op de tramloods geplaatst worden gelden eveneens de maatregelen zoals beschreven onder 5.3.
Hierbij gelden de volgende aanvullende maatregelen ten opzichte van een alleenstaande loods:

- Zware verdiepingsvloer. (isoleert en absorbeert vooral de lage frequenties).
- Onderbreken kolom- begane grond vloer: Geeft minder trillingen door, beperkt contactgeluid.
- Verend opgehangen plafond. Absorbeert midden- en middellage frequenties.
- Een zwevende vloer kan helpen het geluidniveau in de woning laag te houden echter als maatregel tegen tramgeluid helpt de maatregel nauwelijks.



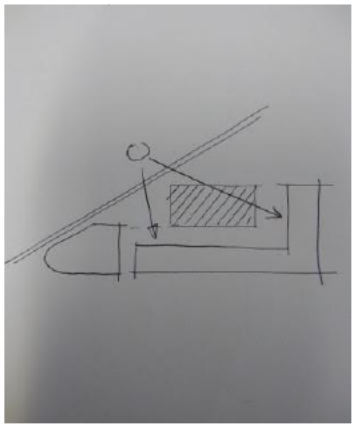
Voorzieningen bij tramloods en woningen als één constructie

6 Inpassing omgeving / Bouwfysica buiten

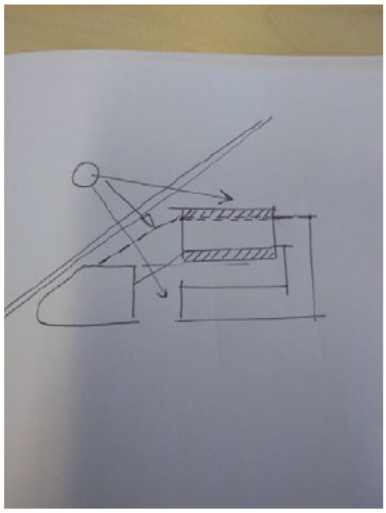
Geluidbelasting op de gevels van blok 4: bij het loodsontwerp is de opgave dat er zoveel mogelijk geluid 'binnen' blijft. Dit geldt zowel voor een losstaande loods als bij een loods met woningen daarboven.

De belasting op de gevels van blok 4 is met dus met name afkomstig van de wissels en sporen die naar de tramloods toe leiden, Het geluid ín de tramloods dient zoveel mogelijk in het gebouw zelf te blijven. Het geluid buiten de tramloods, wat de gevels van blok 4 belast, dient zo veel mogelijk te worden beperkt. Dit kan – naast afspraken over tijdsintervallen waarbinnen de tramlijn gebruikt wordt- worden bereikt door:

- Beperken booggeluid
- Beperken spoorstaafovergangen
- Beperken van geluidlekkage via openstaande overheaddeuren: De deuren dienen zoveel mogelijk gesloten houden te worden.



Geluidbelasting bij losstaande loods



Geluidbelasting bij woningen op de remise

7 Kosten

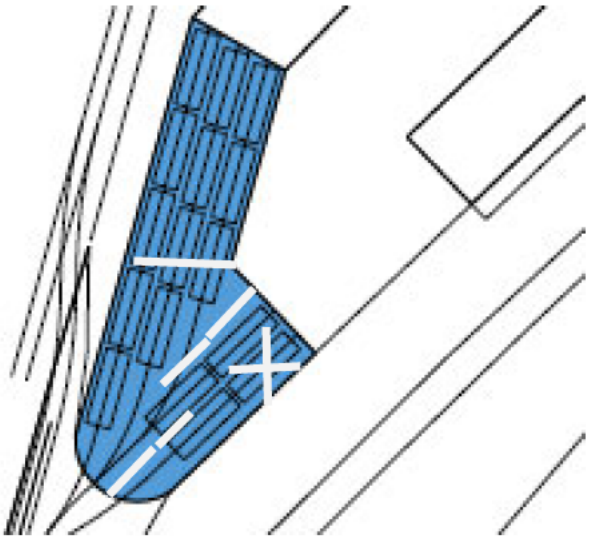
Voor een overzicht van de kosten: zie de bijlagen.

De kosten zijn geraamd op investeringsniveau.

7.1 Toelichting

Een vrijstaande loods is het goedkoopst (wanneer we puur de tramloods beschouwen). Een loods met daarboven woningen is maar iets duurder.
Verschillen zitten bijvoorbeeld in (variant met woningen erboven) in de kosten van een zwaardere fundering en betonnen verdiepingsvloer als dak, die echter weer voor een deel weggestreept kunnen worden tegen het groene dak bij de vrijstaande loods.

Variant 3 zal duurder zijn vanwege de complexere spoorsituatie en de minder handige vorm binnenin het gebouw en de funderingssituatie. Er zal een overkluizing over de tramopstelling gemaakt moeten worden om de toren te kunnen dragen en ook op andere plaatsen in de plattegrond zullen steunpunten noodzakelijk zijn.
Deze variant is vanwege deze onbekende factoren nog niet geheel doorgerekend maar globaal beschouwd en de kosten zijn ingeschat.



Fundering / dragende wanden toren nog niet bekend.

8 Conclusie

Binnen in de tramloods kunnen maatregelen getroffen worden om geluid en trillingen zodanig te beperken dat de overlast voor de woningen in de directe omgeving binnen de in de uitgangspunten gestelde niveaus blijft. Dit geldt zowel voor een vrijstaande loods als voor een tramloods die overbouwd wordt met woningen.

De extra geluidproductie door trams en onderhoudswerkzaamheden (wielen en rail) kan door toepassingen binnen het gebouw en door voorzieningen aan de gebouwschil geabsorbeerd worden door het toepassen van extra absorberend materiaal.
Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat dit geldt bij gesloten deuren van de loods.

Buiten het gebouw vraagt wissel en booggeluid extra aandacht. Ook dit is te reduceren door uitvoeringsmaatregelen: geen voegen in de spoorconstructie, juiste boogdetaillering en rubber opleggingen van het spoor.

Trillingen ten gevolge van tramverkeer binnen het gebouw worden gereduceerd door flexibele oplegging van de rijvloer op de ondergrond / funderingsbalken en door het flexibel bevestigen van de spoorstaven aan de betonnen ondergrond.

Geluid en trillingen buiten het gebouw zijn beschouwd in de studie van LBP Sight

9 Bijlagen

1. *Kostenoverzicht Tramloodsvarianten*
2. *Tekening loods met 3 en met 2 sporen*

Colofon

Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam
	[redacted]
Versie opdrachtgever	3.0
Uitgave	Movares Nederland B.V.
	Utrecht
Telefoon	06-[redacted]
Ondertekenaar	[redacted]
	Projectleider
Projectnummer	RM006653
Kenmerk	2HX0000002

© 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.