

VOORLOPIG ONTWERP LEIDEN



Project

RijnGouweLijn Oost Nieuw spoor VO

Opdrachtgever

Projectbureau RijnGouweLijn

Leiden

Contactpersoon

de heer R. van Essen

Projectnummer

RGL-NWC05094

Projectfase

VO

Type rapport

Randvoorwaarden en Uitgangspunten

Kenmerk

9422-U-Rap-01-B

Aantal bladzijden

62

Aantal bijlagen

2 (16 bladzijden)

Datum

9 mei 2006

Status

Eindconcept

Auteur

M. van Deventer

Acc. intern door

R. Koudijs

Vrijgegeven door

Th. van Otterdijk

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
2.	Sporen voor de Rijn Gouwe Lijn.....	6
2.1.	Introductie.....	6
2.2.	Eisen.....	7
2.2.1.	De dwingende eisen zijn:	7
2.2.2.	Kwaliteitseisen bestaan uit:	7
2.2.3.	Inrichtingseisen:.....	7
2.3.	Uit het PvE naar voren komende keuzes	7
2.3.1.	A - Bedding van de sporen (zowel straatspoor, grasbaan als ballastbed).....	8
2.3.2.	B - Keuze: waar groefrail en waar vignolarail?.....	13
2.3.3.	C – Speciale spoorconstructies	14
2.3.4.	D - Uitvoering overwegen bij eigen banen	17
2.3.5.	E - Wijze van fundering van het spoor al dan niet met trillingsisolatie	17
2.3.6.	F - Wijze van zwerfstroom isolatie.....	20
2.3.7.	G - Ligging en aantal wissels	21
2.4.	In PvE ontbrekende zaken	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
2.4.1.	Bogen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
2.4.2.	Niet in PvE opgenomen eisen, die van belang zijn voor een zo eenvoudig mogelijke opzet van de tramlijn.....	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
3.	Opsomming Randvoorwaarden en Uitgangspunten	25
3.1.	Railsoort algemeen toe te passen.....	25
3.2.	Eisen PvE	25
3.2.1.	De dwingende eisen zijn:	25
3.2.2.	Kwaliteitseisen bestaan uit:	25
3.2.3.	Inrichtingseisen:.....	25
3.3.	Keuzevelden.....	25
3.3.1.	A - Bedding van de sporen (zowel straatspoor, grasbaan als ballastbed).....	25
3.3.2.	B - Keuze: waar groefrail en waar vignolarail?.....	25
3.3.3.	C – Speciale spoorconstructies	26
3.3.4.	D - Uitvoering overwegen bij eigen banen	26
3.3.5.	E - Wijze van fundering van het spoor al dan niet met trillingsisolatie	26
3.3.6.	F - Wijze van zwerfstroom isolatie.....	27
3.3.7.	G - Ligging en aantal wissels	27
3.4.	Bijkomende zaken, niet in PvE geregeld.....	27
4.	Samenvattend voorstel:.....	29
4.1.	Railprofiel en uitvoering rail	29
4.2.	Wissels	29
4.2.1.	Algemeen	29
4.2.2.	Op locatie	29
4.3.	Fundering	30
4.4.	Verharding.....	30
4.5.	Alignement.....	30
5.	Randvoorwaarden en uitgangspunten Tractievoeding op ON en W.....	31
5.1.	Functie van de tractievoorzieningen	31
5.2.	Principe van de tractievoorzieningen	32
5.2.1.	Spanning	32

5.2.2. Voedingsmogelijkheden	33
5.2.3. Moderne voeding – voorstel voor RGL	33
5.2.4. Inrichting onderstation	34
5.2.5. Bovenleidingen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
5.2.6. Vragen, opties en voorstel uit hoofdstuk 2.2.5	49
5.2.7. Het voorgestelde bovenleidingbeeld	52
5.3. Eisen aan het materieel.....	52
6. Opsomming van de Randvoorwaarden Bovenleiding	53
6.1. Functie tractievoorzieningen	53
6.2. Principe tractievoorzieningen	53
6.2.1. Tractiespanning	53
6.2.2. Voedingsmogelijkheden	53
6.2.3. Moderne voeding.....	53
6.2.4. Inrichting onderstations	53
6.2.5. Bovenleidingen	54
6.3. Opsomming van de bovenleidinggerelateerde eisen aan het materieel.....	57

Bijlage I Verzameldocument PvE RGL in relatie tot de sporen

Bijlage II Verzameldocument PvE RGL in relatie tot bovenleidingen en energie voorziening

Tekeningen:

- 2.2 Sporenplan “Overzicht sporenplan”tek. Nr. 9422-U-TEK-01 blad 01, versie B d.d. 9 mei 2006;
- 3.1 Tractie “overzicht stroomvoorziening” tek. Nr. 9431-U-TEK-01 blad 01 versie B d.d. 9 mei 2006.

1. Inleiding

In dit document worden de Randvoorwaarden en Uitgangspunten verzameld en opgesteld voor wat betreft de sporen en de bovenleiding van de RijnGouweLijn, tracédeel ON. Behandeld worden de railprofielen, de spoorfundering mede in relatie met beperken trillingen en geluid, de verharding tussen de sporen, begroeiing tussen de sporen, wissels, spooralignment, bovenleidingen en de voeding daarvan, alsmede alle aspecten die daarbij komen kijken. Tevens is er aandacht voor bijzondere constructies. Per onderdeel wordt aangegeven welke uitwerking wordt verwerkt in het voorontwerp. Wanneer er meerdere oplossingen mogelijk zijn worden de voor-, en nadelen omschreven en afgewogen waarna een voorstel tot uitwerking van een bepaalde oplossing wordt gedaan.

Er is steeds gebruik gemaakt van het PvE. Daar waar het PvE geen uitspraak doet, is een voorstel geformuleerd voor het PvE. Aan de hand van deze rapportage worden de aanvullingen/aanpassingen op het PvE besproken met het projectenbureau RGL en na aanleiding van dat overleg worden de voorstellen tot wijziging van het PvE verder uitgewerkt en ingediend.

Bij de diverse punten is wanneer nodig een beoordeling gemaakt aan de hand van een viertal punten:

- Kosten
- Duurzaamheid
- Gebruik-/ onderhoud
- Uiterlijk

De toegekende waarden zijn 1 (onbelangrijk), 2 (neutraal) en 3 (zeer belangrijk). Elke variant (A, B, C, etc.) wordt per punt beoordeeld. De hoogste totaal score geeft de gewenste variant. Er is de mogelijkheid opengelaten om in een later stadium één of enkele aspecten zwaarder te laten wegen.

voorbeeld van de tabel:

Criteria	gewicht	A	B	C	D	E	F
Kosten	1						
Duurzaamheid	1						
Gebruik-/ onderhoud	1						
Uiterlijk	1						
Totaal							

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden alle mogelijke aspecten in de keuze voor railprofielen, wissels, beddingen en verhardingen besproken. Vragen aan het Projectbureau RGL worden geformuleerd en opties verzameld. Voor elk onderdeel of aspect wordt een voorstel gedaan voor de meest waarschijnlijke keuze – waar mogelijk in lijn met het PvE.

In hoofdstuk 3 worden de Randvoorwaarden en Uitgangspunten voortkomende uit hoofdstuk 2 opgesomd, alsmede de vragen en de opties. In hoofdstuk 4 wordt aan de hand van de geformuleerde voorstellen in hoofdstuk 2 (en 3) een compleet voorstel geformuleerd, aan de hand waarvan de railconstructie kan worden ontworpen. Afgesloten wordt met een overzicht van alle punten uit het PvE aangaande het spoorontwerp (bijlage I).

In hoofdstuk 5 wordt aan de hand van een schetsvoorstel de functies van de bovenleiding, de principes van de tractievoorziening en alle mogelijkheden voor de rijdraadopanging, de uitvoering van de onderstations, alsmede de specifieke voedingsmogelijkheden (in samenhang met remstroomrecuperatie) beschreven en toebedeeld aan locaties en trajecten van de Rijn Gouwe Lijn.

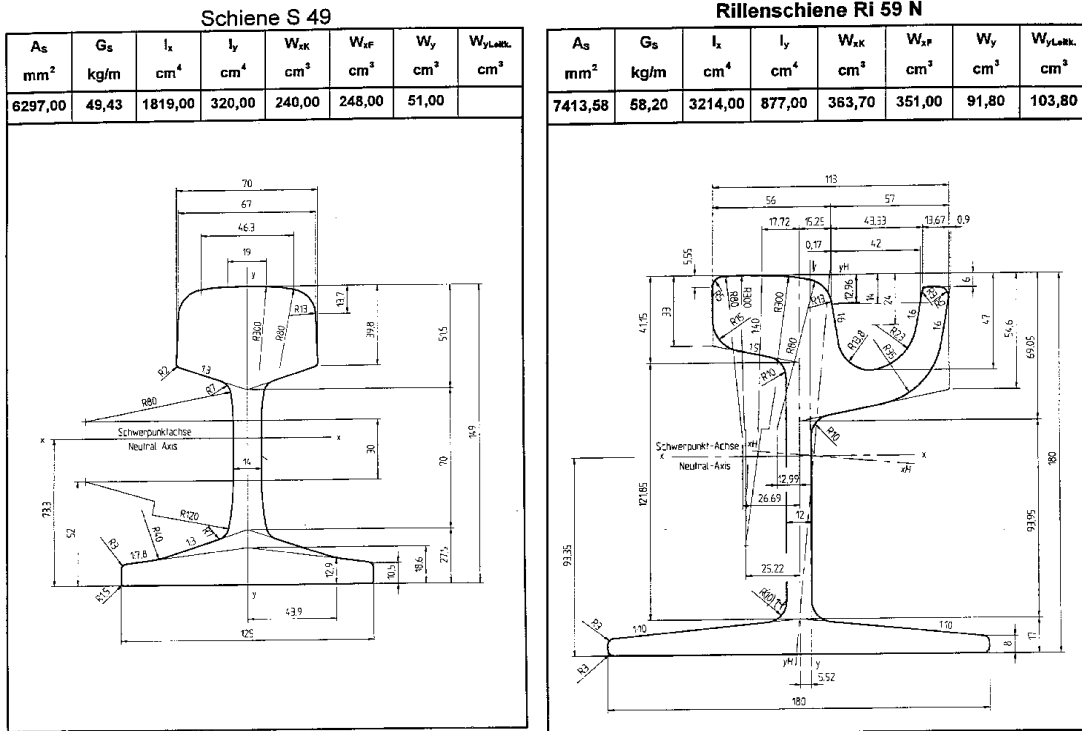
In hoofdstuk 6 worden de in hoofdstuk 5 opgestelde vragen, de mogelijke opties en het uitvoeringsvoorstel verzameld weergegeven. Afgesloten wordt met een overzicht van alle punten uit het PvE aangaande de bovenleidingen (bijlage II).

2. Sporen voor de Rijn Gouwe Lijn

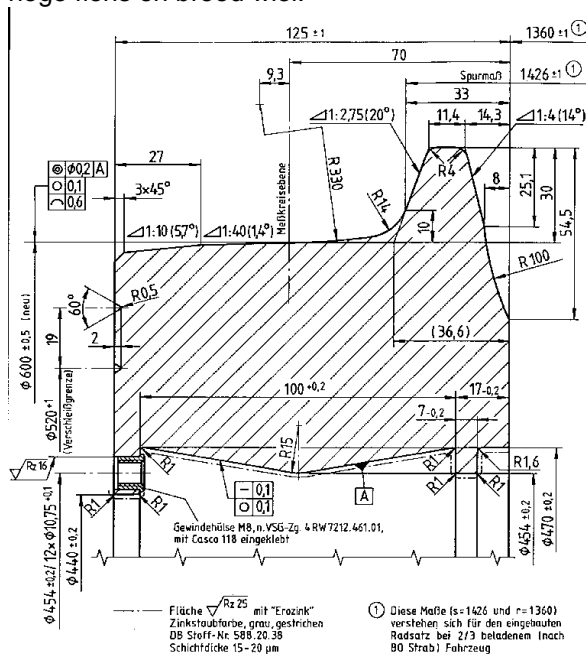
2.1. Introductie

In het document 'uitgangspunten' zijn er over het spoor in relatie met de te hanteren wielprofielen reeds keuzes gemaakt en vastgelegd. Het volgende ligt vast:

- Vignolarail van S49
- Groefrail van Ri 59N



Dit komt mede voort uit de keuze voor het zogenaamde Karlsruher wiel, met een dikke en hoge flens en breed wiel.



Verder wordt geëist dat er geen overmatige geluidsoverlast ontstaat en geen trillingen. Hoewel deze mogelijke problemen van het railvervoer deels worden veroorzaakt door de voertuigen, kan ook met de te kiezen soorten infrastructuur een bijdrage worden geleverd aan het wegnemen van hinder.

Verder is de railconstructie en de gehele bovenbouw, in combinatie met de onderbouw dienend aan de mogelijke snelheid en de ruimtelijke attractiviteit.

2.2. Eisen

2.2.1. De dwingende eisen zijn:

- Beperken trillinghinder in:
 - Route Korevaarstraat – Breestraat – Stationsstraat
 - LUMC en de Leeuwenhoek
- Beperken geluidshinder:
 - Hele route
 - Alle bogen
- Voorkomen zwerfstromen/EMC stringen
 - LUMC
- Niet overrijdbare vrije banen in bebouwde kom in gras
- Niet overrijdbare vrije banen buiten bebouwde kom in ballastbed
- Overrijdbare banen (al dan niet vrij) in attractieve maar van omgeving afwijkende verharding

2.2.2. Kwaliteitseisen bestaan uit:

- Baanvaksnelheden
- Zijwaartse ruk niet meer dan $0,65 \text{ m/s}^2$
 - Horizontale overgangsbogen
 - Geen asafwijkingen
- Op/neerwaartse ruk niet meer dan $0,252 \text{ m/s}^2$ bij een voetboog, en $0,189 \text{ m/s}^2$, bij een topboog
 - Verticale overgangsbogen
 - Geen sterke verticale krommingen (PvE zegt hierover niets, het mogelijke materieel kent hiervoor echter beperkingen, dus ruim nemen)

2.2.3. Inrichtingseisen:

- Eindpunten moeten voldoende capaciteit hebben voor een goede bedrijfsgang
- Tussenwissels te plaatsen bij:
 - Stationsplein
 - Korevaarstraat
- Ontsporingbeveiliging bij sporen binnen 10 meter van een parallelle waterweg (mag dit ook met Ri59?)
- Haltes liggen aan een recht spoor

2.3. Uit het PvE naar voren komende keuzes

Voor de sporen, zowel als voor de verharding van de sporen zijn er verschillende mogelijkheden, met elk hun eigen voor en nadelen. De volgende varianten en keuzes dringen zich op:

- A. Bedding van de sporen (zowel straatspoor, grasbaan als ballastbed)
- B. Keuze: waar groefrail en waar vignolarail?
- C. Speciale spoorconstructies
- D. Uitvoering overwegen bij eigen banen
- E. Wijze van fundering van het spoor al dan niet met trillingsisolatie
- F. Wijze van zwerfstroom isolatie
- G. Ligging en aantal wissels

Hieronder wordt per keuzegebied kort de verschillende mogelijkheden geschetst, de voor- en nadelen besproken en een voorstel voor de beste oplossing geformuleerd.

2.3.1. A - Bedding van de sporen (zowel straatspoor, grasbaan als ballastbed)

Elk deel van de tramlijn vraagt een eigen manier van verharden. Het PVE geeft hiervoor duidelijke aanwijzingen, maar hierbij is er toch nog ruimte voor diverse alternatieven.

Straatspoor:

Straatspoor zal worden toegepast op het traject: Halte LUMC – Stationsplein – Steenstraat / Beestenmarkt – Breestraat – Korevaarstraat – Jan van Houtbrug. De rails is hier Ri59N. Een deel van dit traject deelt de tram met busverkeer, een deel rijdt de tram alleen. Op elk deel van het traject hebben derden – al dan niet illegaal – echter toegang tot de trambaan. Derden zijn in dit geval:

- Nood- en hulpdiensten
- Taxi's
- (Illegaal) autoverkeer
- Vrachtverkeer / leveranciers
- Kerend gemotoriseerd verkeer
- Fietzers
- Voetgangers

Deze verkeerssoorten belasten de te kiezen verharding. Deze moet hier tegen bestand zijn.

Beschikbare verhardingen:

1. Asfalt (in kleur naar keuze en al dan niet met klinkermotief)
2. Klinkers (in kleur en met motief naar keuze)
3. Kasseien (verschillende soorten mogelijk)
4. Betontegels (in kleur en met motief naar keuze)

Ad. 1 Asfalt

Voordelen:

- Makkelijk aan te brengen
- Makkelijk te onderhouden
- Kleurkeuze (rood of zwart/grijs)
- Mogelijkheid een tegel- of klinkerprint aan te brengen
- Weinig rolgeluid van overrijdend wegverkeer

Nadelen:

- Rail bij onderhoud lastig te bereiken
- Materiaal niet herbruikbaar
- Gevoelig voor bewegingen van het spoor
- Weerkaatst het geluid van de railvoertuigen sterk
- Geen of beperkt waterdoorlatend vermogen
- Lokt wellicht fietsers de trambaan op (afhankelijk van omgevingsverharding)



Figuur 1 Haagse trambaan met asfaltverharding, rood met klinkerprint – foto TransTec

Ad. 2 Klinkers

Voordelen:

- Makkelijk aan te brengen
- Makkelijk te onderhouden
- Keuze in kleur
- Keuze in patroon
- De rails is makkelijk bereikbaar voor onderhoud
- Materiaal is her te gebruiken
- Is enigszins waterdoorlatend

Nadelen:

- Gevoelig voor bewegingen in het spoor
- Geeft een rolgeluid van de banden van wegvoertuigen
- Is gevoelig voor passerend wegverkeer (verzakken en verschuiven)



Figuur 2 Klinkerverharding in Amsterdamse vrije trambaan – foto TransTec

Ad. 3 Kasseien

Voordelen:

- Rails is te bereiken voor onderhoud
- Weert overig verkeer van de trambaan (fietsers, voetgangers!)
- Stevige verharding
- Waterdoorlatend

Nadelen:

- Grote keien zijn zwaar in gebruik door wegwerkers
- Bij vochtig weer glad
- Veel rolgeluid van passerend wegverkeer
- Gevaarlijk voor passanten (gladheid voor fietsers, oneffenheid voor voetgangers)



Figuur 3 Amsterdamse trambaan met kasseitjes – foto TransTec

Ad. 4 Betonplaten

Voordelen:

- Zeer makkelijk te leggen
- Zeer makkelijk weg te nemen bij werkzaamheden
- Spoor kan snel worden verhard (of opengelegd)
- Waterdoorlatend (op de voegen)
- Stevige verharding

Nadelen:

- Hinderlijk geluid bij passage gemotoriseerd wegverkeer
- Zwaar, alleen machinaal te behandelen (leggen/wegnemen)
- Puzzelstukken, op maat te maken, elke tegel kan op een plek – lastig bij weghalen en vooral terugleggen ivm werkzaamheden
- Duur in aanschaf
- Vragen geregeld onderhoud (recht- en goedleggen)



Figuur 4 Amsterdamse trambaan met betonplaatverharding – foto TransTec

Criteria	gewicht	Asfalt	Klinkers	Kasseien	Betonplaten
Kosten	1	2	2	1	1
Duurzaamheid	1	2	1	3	2
Gebruik-/ onderhoud	1	3	3	1	3
Uiterlijk	1	2	3	3	1
Totaal	1	9	9	8	7

Samenvattend:

Alles overziend lijkt een asfaltverharding goede mogelijkheden te geven voor een attractieve en duurzame verharding. Klinkers kunnen snel gaan verzakken, kasseien zijn fraai maar lastig in gebruik en gevaarlijk voor langzaam verkeer; beide dragen bij aan het ontstaan van geluidshinder door wegverkeer. Betontegels zijn makkelijk bij spooronderhoud, maar geven veel geluidshinder.

Grasbaan:

Een grasbaan moet worden toegepast op vrije (eigen) banen op het ON (en W) traject die binnen de bebouwde kom liggen. Mogelijke uitvoeringen zijn:

- Grassoort
 - Gras
 - Sedum
 - Factoren die hier spelen is de mate van geluidsabsorptie en vooral de bestendigheid tegen de dagelijkse omstandigheden (zoals het klimaat) en onderhoudsaspecten. Sedum kan meer hebben en groeit minder uitbundig.
 - Voorstel: Sedum
- Bovenkant gras/sedum ten opzichte van Bovenkant Spoor (BS)
 - Gras/sedum onder railvoet
 - Gras/sedum onder railkop
 - Gras/sedum ter hoogte van railkop
 - Hoe hoger de mat, hoe beter de geluidsdemping. Een mat tot de bovenzijde railkop kan bijdragen aan een gladde baan – niet alleen door gras op het loopvlak, maar ook omdat bladeren zich makkelijker op het spoor vastzetten. Een mat tot de railkop is relatief makkelijk te maaien, een lagere mat is wat dat betreft lastiger. Deze mat moet wel

vaker gemaaid worden dan de andere varianten. Tevens heeft een grasmat de neiging zich omhoog te werken (dikker te worden door groei), zodat vaker hoogtecorrectie nodig is ingeval van lagevloertrams.

- Voorstel: Gras/Sedum tot aan de onderzijde van de railkop bij S49, eventueel tot de bovenzijde rail bij Ri59N.
- Overrijdbaarheid gras/sedum
 Het kan in bepaalde profielen noodzakelijk zijn om in ieder geval het gras tussen de trambaan en de band van de rijbaan overrijdbaar te maken (om uitwijken van het wegverkeer en nood- en hulpdiensten geen verwoestende effecten op de grasmat te laten hebben. Dit is te ondervangen door:
 - Gaasnetwerk
 - Open klinkerblokken
 - Voorstel: geen voorkeur
- Uitvoering rail in gras/sedum
 - Rail op normale wijze vastgezet op betonnen onderbed of dwarsliggers
 - Rail ingegoten (systeem Infundo)
 - Een van de verschillen tussen de systemen zit in het uiterlijk. Bij Infundo is in de grasbaan een betonnen viertal betonnen banen aanwezig, terwijl er anders alleen de rails te onderscheiden zijn. In onderhoud is Infundo echter eenvoudiger, en kan plaats vinden zonder de grasmat aan te tasten. Niet duidelijk is of er een verschil is in geluidsbelasting.
 - Een ingegoten railsysteem kan problemen geven in relatie met de ondergrond. Het in hoogte nastellen van de rail na verzakkingen van de betonnen drager is een ingewikkelde en kostbare klus
 - Voorstel: kiezen voor klassieke railmontage

Samenvattend:

Kiezen voor:

- Sedum
- Tot aan onderzijde railkop S49
- Eventueel tot aan bovenzijde railkop Ri59N
- Afhankelijk van de locatie maatregelen treffen voor passage nood- en hulpdiensten via randen van de grasbaan
- In grasbanen kiezen voor klassieke railmontage



Figuur 5 Trambaan uitgevoerd met(zeer kort gemaaid) gras rond groefrail

Ballastbed

Een ballastbed vraagt (buiten de overwegen)) geen verharding. Wel bestaat er de keuze om het ballast niet hoger te laten komen dan de bovenzijde van de eventuele dwarsliggers, danwel ook daarboven een steenslagbed te storten. Dit is vooral uiterlijk een aspect.

Variant A

- ⇒ Opties:
 - Verharding met asfalt, klinkers, kasseien of betonplaten
 - Grasbaan of Sedum? Welke hoogte ten opzichte van de rail? Welke railbevestiging?
 - Ballastbed om of ook op de dwarsliggers?
- ⇒ Voorstel
 - Verharden in Asfalt, eventueel met print – kleur onderscheidend van omgeving
 - Sedumbaas, onder de railkop, met klassieke railbevestiging
 - Ballastbed is niet onderscheidend binnen dit kader.

2.3.2. B - Keuze: waar groefrail en waar vignolarail?

Zoals boven geconstateerd, wordt er gebruik gemaakt van ofwel Ri59N groefrail, ofwel S49 vignolarail. De S49 rail is ten opzichte van Ri59 goedkoper in aanschaf en aanleg¹. Het ligt daarom voor de hand om zoveel mogelijk de S49 rail toe te passen.

- Buiten discussie staat de toepassing van S49 op vrije banen in steenslagbedding. De flexibiliteit van deze rail, in combinatie met een goede hittebestendigheid en goedkopere aanleg en onderhoud (vooral niet hoeven ontwateren en reinigen van de groef, en bij bochten niet speciaal hoeven aanmaken van de gebogen groefrailsproen) zijn daarbij de bepalende factoren.
- Evenzeer buiten discussie staat de toepassing van de Ri59N op in de verharding liggende binnenstadstrajecten. De aanwezigheid van fietsers vraagt om een zo smal mogelijke groef; om de verharding bij de wielflens vandaan te houden is een contrarail noodzakelijk. Een groefrail is hiervoor de meest eenvoudige en (in aanleg en onderhoud) goedkope oplossing.
- Wat met de overige trajecten?
 - Spoor in grasbaan
 - Wanneer het gras tot aan de kop van de rail ligt, is het aantrekkelijk het gras uit het gebied van de flens te houden. Dat kan door middel van een contrarail bij S49, of door een groefrail. De groefrail is hiervoor goedkoper in aanleg en onderhoud > dus Ri59N heeft dan de voorkeur. Als het gras onder de kop blijft, dan blijft Ri59N de voorkeur verdienen, tenzij het gras aan de voet van de rail ligt – dan S49.
 - Overwegen in spoor met ballast of gras/sedum
 - Wanneer een overweg ligt in een Ri59 baan, is de voortzetting van Ri59 niet meer dan logisch. Ligt de overweg in een S49 baan, dan ontstaat een keuze. Er bestaan optimale oplossingen een overweg te verharden bij een vignolarail. Het is dan ook niet noodzakelijk een doorgaande S49 trambaan voor een overweg te onderbreken met een stuk groefrail – mede omdat er dan voor elke overweg overgangsrailstukken tussen beide profielen moeten worden gefabriceerd. De railsort in de overweg is daardoor af te stemmen op de railsort voor en na elke overweg.
 - Wissels
 - Wanneer een wissel in een groefrailbaanvak ligt, is dit wissel ook in dezelfde groefrail uit te voeren, wanneer het in een S49 baanvak ligt, dan ligt een uitvoering volgens dat profiel voor de hand. Een uitzondering hierop is de toepassing van krappe wissels. Hier is om ontspringtechnische redenen een groefrailwissel aangewezen. Dit

¹ Per meter spoorstaaf is Ri59N rail ca. 40 % duurder dan S49 vignolarail

- gaat op voor wissels vanaf een wisselhoek van 1:5 (in uitzonderingsgevallen kan met S49 tot 1:3,25 worden gegaan).
- Bewegende puntstukken dienen vermeden te worden.
 - Spoor langs water
 - Geëist is om in een trambaan naast water een ontspringbeveiliging op te nemen. Niet duidelijk is wat daarmee wordt bedoeld. Wellicht kan een groefrail een oplossing zijn, Anders moet er een contrarail in of naast het spoor worden gemonteerd.
 - Bogen
 - In een baanvak met Ri59N rails, zal ook in bogen steeds dit profiel worden toegepast. Op baanvakken met een rail van S49 ontstaat er de keuzen. Bij ruime (eventueel in verkanting liggende) bogen, is er niets aan de hand. Worden de bogen krapper dan 40 á 35 meter, dan is een contrarail noodzakelijk. Daarvoor zijn er verschillende mogelijkheden:
 - Contrarail schroeven aan de binnen zijde van de S49 rail (in ieder geval de binnenste spoorstaaf)
 - De binnenboog uitvoeren met Ri59N, de buitenste met S49
 - De constructie uitvoeren met Ri59N
- Aandachtspunt is de geluidsproductie; een groefrail geeft doorgaans meer geluid (piepen) dan een vignolarail. Bij krappe groefrailbogen is een smeerinstallatie aan te raden.

Variant B

- ⇒ Vragen
 - Welke oplossing is acceptabel als ontspringbeveiliging langs water: een extra rail, een contrarail bij S49 of een groefrail?
- ⇒ Opties
 - Profielkeuze bij ballast en grasbaan
 - Profielkeuze bij overwegen
 - Profielkeuze langs water
 - Profielkeuze in bogen
 - Wisseluitvoeringen
- ⇒ Voorstel
 - S49 op ballast en sedumspoor of bij gras aan railvoet
 - Ri59N bij alle andere spoor
 - Wissels hebben het railprofiel van het baanvak waarin ze zijn ingebouwd
 - Krappe wissels (krapper dan 1:5 (in uitzonderingsgevallen kan met S49 tot 1:3,25 worden gegaan).) in een S49 baanvak zijn uit te voeren in Ri59N
 - Bewegende puntstukken dienen vermeden te worden
 - Overwegen hebben het railprofiel van de sporen ter weerszijden, als aan één zijde Ri59N ligt, dan overweg daarvan voorzien.
 - Langs water het spoor uitrusten in Ri59N
 - Bogen krapper dan 40 meter uitvoeren in Ri59N – wanneer nodig met smeerinstallatie

2.3.3. C – Speciale spoorconstructies

Andere railprofielen

Er kunnen op het ON traject situaties optreden, waarin niet met een S49 of een Ri59N rail kan worden voorzien. Dit kan mogelijk optreden bij lage doorgangen of op bruggen. Hier speelt de hoogte van de normale railprofielen, die hier en daar teveel kan zijn. Dit speelt bij:

- Enkele bruggen in de binnenstad – met name de Blauwpoortsbrug
- Lage onderdoorgangen, zoals de tunnel onder CS en de onderdoorgang Lammenschansweg

Bij deze situaties kan een lagere groefrail – met een hoogte van 130 mm - worden toegepast. Bij de Vlaamse Vervoermaatschappij 'De Lijn' wordt dit gehanteerd. Bij vooral beweegbare bruggen – maar ook bij een enkele andere vaste brug – past het GVB Amsterdam 'brugrail' toe; een groefrail die alleen bestaat uit de kop van een normale groefrail en welke is voorzien

van een iets bredere voet vanwege de montage. Deze rail kan alleen als rechtstand worden toegepast – vooral vanwege de wijze van vervaardiging, maar ook vanwege de krachten in bogen ten opzichte van de beperkte montage mogelijkheden die een dergelijke rail heeft.



Figuur 6 Brugrail met overgangs-las in basculebrug – foto TransTec

Aanbeveling

Specifieke omstandigheden, waarin niet met de normale railprofielen kan worden voorzien, worden met bijzondere oplossingen ingevuld.

Blauwpoortsbrug

Een lastig punt voor het leggen van rails is de Blauwpoortsbrug. Naar verwachting kan op de klep, zowel als op de aanbruggen alleen brugrail worden toegepast. De ruimte aan beide zijden vraagt bogen van 25 meter. Aan de oostzijde kan deze zoals het zich laat aanzien alleen worden toegepast wanneer de boog op het beweegbare gedeelte van de brug begint. Mocht het al zo zijn, dat er een gebogen brugrail vervaardigd kan worden om hier toe te passen en de brug hiervoor geschikt is (te maken), is het maar zeer de vraag of het verstandig is dit toe te passen in een situatie waarbij er een open las in de rail ligt tussen landhoofd en brugklep. Een ontsporingmogelijkheid in spé. Dit vraagt specifieke aandacht.

Enkelspoor met wissels, of strengelspoor

Een deel van het traject – twee stukken in de Breestraat en de boog naar het Kort Rapenburg – wordt uitgerust met een baanvak waar de trams op elkaar moeten wachten voor passage. Dit kan met een enkelspoor met wissels worden uitgerust, of met een strengelspoor. Een strengelspoor is een spoorbaan, waarin het heengaande en teruggaande spoor in elkaar geschoven zijn – als het ware ‘verstrengeld’ liggen.

Keuzeaspecten:

- Toekomstvastheid
- Kosten aanleg
- Kosten onderhoud
- Ruimtebeslag
- Veiligheid van overige weggebruikers
- Lawaai

De mogelijkheid wordt opengehouden dat op termijn de trambaan alsnog dubbel wordt uitgevoerd. Wanneer er nu strengelspoor zou komen, is die investering in dat geval voor niets geweest. Bij Kort Rapenburg is er in ieder geval zonder sloop geen ruimte voor dubbel spoor. De aanlegkosten voor een strengelspoor zijn voor wat betreft het aantal strekkende meters tramrails hoger dan enkelspoor. Er hoeven echter geen wissels (maar wel puntstukken) te worden ingebouwd. Wissels zijn duur in aanleg en onderhoud, en een mogelijke stoorfactor in de exploitatie.

Een in twee richtingen bereden enkelspoor slijt sneller dan een strengelspoor trambaan, en zal dan ook vaker vernieuwd moeten worden – dat heeft effecten op het functioneren van de Breestraat. Ook de boog bij Kort Rapenburg vraagt bij enkelsporige uitvoering meer onderhoud.

Het ruimtebeslag van strengelspoor is enkele decimeters groter dan een enkelspoor. Dat hoeft geen probleem te zijn.

Strengelspoor is voor passerende fietsers een probleem, omdat ze met twee in plaats van één groef geconfronteerd worden. Dat geeft een zeker gevaar. Maar fietsers worden niet geacht van de trambaan gebruik te maken

Wissels zijn bij enkelspoor exploitatie bronnen van lawaai. Zeker wanneer de wissels als veerwissel wordt uitgevoerd; een veerwissel klapt bij elk passerend wiel. Een alternatief is een uitvoering als gemotoriseerd wissel. Daarbij worden de tongen voor elke passerende tram in de juiste richting gesteld. Het geluid beperkt zich dan tot het (in principe weinige) geluid van het omlopen van het wissel, alsmede het wielgeluid op het puntstuk.

Veerwissels zijn ook een probleem, wanneer twee trams op enkelspoor tegenover elkaar komen te staan. Bij achteruitrijden komt de tram op verkeert spoor uit. Wanneer een tram op een 'opengereden' veerwissel achteruit rijdt, dan kan/zal deze ontsporen.



Figuur 7 Links enkelspoor met veerwissel, rechts strengelspoor, beide Amsterdam – foto's TransTec

Criteria	gewicht	enkelspoor / wissels	strengelspoor
Kosten	1	2	2
Duurzaamheid	1	1	3
Gebruik-/ onderhoud	1	1	3
Uiterlijk	1	3	2
Totaal		7	10

Samenvattend:

In vergelijking met strengelspoor is enkelspoor veiliger voor fietsers; het is duurder in onderhoud en dat moet tevens vaker plaats vinden. Wissels zijn een potentiële stoofactor. Strengelspoor is voor onderhoud en geluid een duurzame oplossing, maar wanneer strengelspoor gelegd wordt in een situatie waarbij dat slechts een beperkte tijd moet worden toegepast (in verband met het er naast leggen van een tweede spoor) is er van duurzaamheid geen sprake.

Variant C

- ⇒ Opties
- Brugrail op bruggen
 - Lage rail op bruggen en bij onderdoorgangen
 - Enkelspoor in de Breestraat

- Veerwissels
- Aangedreven wissels
- Strengelspoor in de Breestraat
- ⇒ Voorstel
- Brugrail op de lage bruggen
 - Blauwpoortsbrug gedetailleerd bezien in relatie met lengte brugklep, uitvoering aanbruggen en de te hanteren boogstralen
- Waar nodig verlaagd railprofiel bij onderdoorgangen
- In Breestraat en Kort Rapenburg enkelspoor met bediende – gemotoriseerde - wissels

2.3.4. D - Uitvoering overwegen bij eigen banen

Eigen banen zijn banen in ballastbed of gras/sedum. De vraag is welk materiaal er gebruikt moet worden om een overweg te verharderen. Er zijn verschillende mogelijkheden:

- Asfalt
- Klinkers
- Platen:
 - Beton
 - Kunststof

Wanneer het spoor als S49 is uitgevoerd, dan liggen platen voor de hand. Dit mede omdat bij werkzaamheden aan de overwegen deze makkelijk te verwijderen zijn, en vooral omdat daarmee een kunstmatige groef kan worden gecreëerd. De materiaalkeuze hangt daarbij vooral af van de kostprijs - beide toepassingen hebben geen specifieke verschillen.

Bij overwegen met R159N rails kan ook de bij een dergelijke rail gebruikelijke verharding van asfalt of klinkers worden toegepast. Maar juist vanwege de hierboven omschreven praktijk bij werkzaamheden, is het toepassen van tegels ook bij groefrail in overwegen aan te raden.

Criteria	gewicht	asfalt	klinkers	betonplaten	kunststofplaten
Kosten	1	1	2	2	2
Duurzaamheid	1	2	1	3	3
Gebruik-/ onderhoud	1	1	2	3	3
Uiterlijk	1	3	2	2	2
Totaal		7	7	10	10

Variant D

- ⇒ Opties
 - Asfalt
 - Klinkers
 - Platen
- ⇒ Voorstel:
 - Platen (beton of kunststof)

2.3.5. E - Wijze van fundering van het spoor al dan niet met trillingsisolatie

De spoorstaven worden gemonteerd op één of andere soort onderbed. Dat kunnen zijn:

- Betonplaat
- Houten dwarsliggers
- Betonnen dwarsliggers
 - Monoligger
 - Dubbel blok met RVS verbindingsstang
 - Dubbel blok zonder stang

Betonplaat

Het funderen van tramspoor op een betonplaat wordt bij de drie Nederlandse stadstrambedrijven reeds decennialang toegepast. Ook internationaal is dit in opkomt – ook bij de spoorwegen. Vele honderden kilometers hogesnelheidsspoorwegen – waaronder de HSL Zuid – liggen op een betonplaat.



Figuur 8 Spoor op betonplaat, Den Haag – foto www.digitaletram.nl

Voordelen:

- Stabiele ligging van het spoor
 - Stil spoor
 - Relatief weinig slijtage, weinig onderhoud
- Relatief weinig invloed van temperatuurschommelingen (stijve constructie)
- Eventuele verzakkingen bij grasbanen en bij verhardingen zijn relatief eenvoudig op te lossen (bestrating wegnemen, opkrikken, gewonnen hoogte opvullen, spoor opnieuw vastmaken aan betonplaat en dichtmaken).
- Weinig of geen last van opdooi na vorstperiodes
- Bij aanbrengen van het spoor op de plaat is het nemen van trillingswerende maatregelen eenvoudig
- De plaat als geheel kan trillingsvrij worden gefundeerd

Nadelen:

- Relatief duur in aanleg
- Eventuele verzakkingen op plaats waar anders ballastbed zou liggen zijn relatief duur om weg te nemen, het spoor zelf is echter eenvoudig met vulstukken op te krikken zonder aan het betonnen onderbed te komen
- Ontwatering kan lastig zijn
- Trillingen kunnen via de plaat worden doorgegeven aan de omgeving

Houten dwarsliggers

Spoorbanen, en veelal ook buiten de stad gelegen trambanen waren voorzien van houten dwarsliggers. Houten dwarsliggers zijn makkelijk te verwerken, en bieden een flexibel onderbed.

Voordelen:

- Relatief stil onderbed
- Geluidsdemping makkelijk op te nemen
- Het gehele bed kan ten opzichte van de omgeving tegen trilling worden geïsoleerd
- De flexibiliteit
- Makkelijk te verwerken (boren)
- Met dwarsliggers (welk materiaal dan ook) kan het spoor makkelijk op hoogte worden gelegd

Nadelen:

- Houten dwarsliggers vormen – vanwege het impregneermiddel om de dwarsligger een goede levensduur te geven – een bedreiging voor de kwaliteit van het bodem- en oppervlaktewater
- Houten dwarsliggers zijn relatief duur in aanschaf
- Een baan op dwarsliggers is gevoeliger voor verzakkingen (bijvoorbeeld onderspoeling) en temperatuureffecten
- Het gebruik van hout kan ingaan tegen een verantwoord gebruik van producten (politiek)



Figuur 9 Wissel op houten dwarsliggers, IJtram Amsterdam – foto TransTec

Betonnen dwarsliggers

Vele trambanen hebben – net als spoorbanen – tegenwoordig betonnen dwarsliggers. En wel in vele vormen. In ieder geval in Amsterdam worden trambanen op een betonbed in feite gebouwd met rails op dwarsliggers. Nadat de constructie recht en op hoogte is gelegd, worden de dwarsliggers in beton gegoten.

Voordelen:

- Relatief stil onderbed
- Geluidsdemping makkelijk op te nemen
- Met dwarsliggers (welk materiaal dan ook) kan het spoor makkelijk op hoogte worden gelegd
- Beton is in gebruik ter plaatse niet vervuilend

Nadelen:

- Een baan op dwarsliggers is gevoeliger voor verzakkingen (bijvoorbeeld onderspoeling) en temperatuureffecten

Trilling- en geluid isolatie

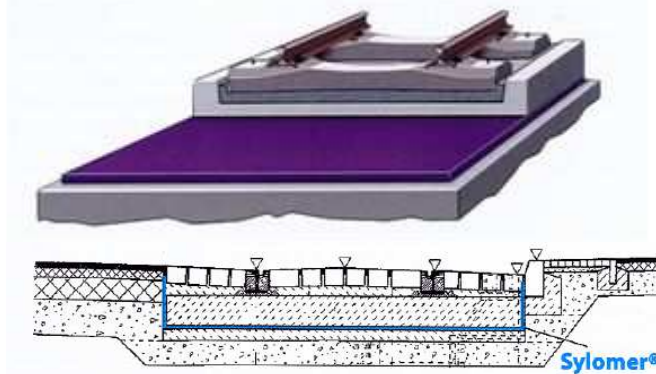
Wanneer trams over rails rijden, kunnen er – mede in relatie met de uitvoering van de trams, en de hoeveelheid onafgeveerd gewicht – trillingen in het voertuig en de rail ontstaan, die via het railbed aan de omgeving worden doorgegeven. Om dit te voorkomen, of in ieder geval te verminderen bestaat er een scala van technieken.

Dit zijn:

- Toevoegingen tussen spoorstaaf en dwarsligger (puntsgewijs)
- Toevoegingen tussen spoorstaaf en betonnen onderbed (puntsgewijs of continu)
- Geheel inbedden van de spoorstaaf in speciale constructie
- Geheel inbedden van de spoorstaaf ten opzichte van onderbed en omringende verharding
- Geheel inbedden van spoorfundering (dwarsliggers of betonnen onderbed) met matten ten opzichte van de omgeving

(Piep)geluid ontstaat deels door resonantie van de rail. Wanneer de railstaaf wordt ingepakt, kan deze geluidsbron worden beperkt.

Al deze methoden hebben hun eigen specifieke kenmerken, kostenaspecten en voor- en nadelen. Allen nemen ze in flinke mate trillingshinder weg – en isoleren ze het spoor ook voor wat betreft zwerfstromen tegen de omgeving. Het is niet zonder meer mogelijk om de voor wat betreft effect en kosten beste oplossing aan te geven.



Figuur 10 Enkele van de vele mogelijkheden ter demping van trillingen

Criteria	gewicht	betonplaat	Houten dwarsliggers	Betonnen dwarsliggers
Kosten	1	3	1	2
Duurzaamheid	1	3	1	2
Gebruik-/ onderhoud	1	2	1	3
Uiterlijk	1	3	3	3
Totaal		11	6	10

Variant E

- ⇒ Opties
 - Betonplaat
 - Betonnen dwarsliggers
 - Houten dwarsliggers
 - Demping onderbed tegen trillingen
 - Geluidsdemping aan de rail
- ⇒ Voorstel
 - Betonplaat zonder dwarsliggers en met trillingsisolatie onder verhard spoor
 - Betonplaat zonder dwarsliggers en eventueel met trillingsisolatie onder grasbaan (met drainage)
 - Betonnen dwarsliggers bij ballastspoor
 - Trillingsisolatie door middel van matten onder betonnen onderbed, eventueel in combinatie met isolatie tussen spoorstaaf en onderbed (dubbele isolatie)
 - Geluidsisolatie door het inpakken van de rail

2.3.6. F - Wijze van zwerfstroom isolatie

De sporen dienen – naast het geleiden van de trams – voor het terugvoeren van de door de trams gebruikte tractiestroom. De rail is daardoor de ‘-’ geleider, oftewel aarde. De stroom dient via de rails te worden teruggevoerd naar een punt zo dicht mogelijk bij een onderstation – vanaf dat punt is de rail met een retourkabel met het onderstation verbonden.

Het is zaak om de retourstrook zoveel mogelijk (liefst uitsluitend) door de rail zijn weg te laten vinden. Dat vraagt een goede doorverbinding van de sporen, maar ook een isolatie van het spoor ten opzichte van de omgeving.

Zwerfstromen – of ‘vageboderende stromen’ – kunnen veel schade en overlast veroorzaken. Op punten waar gelijkstroom een metalen object verlaat, vindt elektrolyse plaats – ijzerdeeltjes worden met de stroom meegenomen. De railstaven worden daardoor aangetast. Datzelfde kan gelden voor bewapeningen in beton, maar bijvoorbeeld ook gasleidingen. Naast een goed uitgevoerde trambaan zijn hier in het algemeen nauwelijks of geen problemen mee.

Een apart aandachtspunt vormt het LUMC terrein, waar EMC effecten tot storingen in de apparatuur kunnen leiden. (zie KEMA). Er bestaan technieken om de trambaan geheel van de omgeving te isoleren.

Variante F

- ⇒ Opties
 - Inpakken onderbedding
 - Retourstroom met speciale voorzieningen terugleiden naar onderstation
- ⇒ Voorstel:
 - Rondom LUMC toepassen

2.3.7. G - Ligging en aantal wissels

Wissels zijn voorgeschreven op een drietal tussenpunten:

- I. Stationsplein
- II. Korevaarstraat

Daarnaast zijn wissels noodzakelijk op de beide eindpunten:

- III. Transferium A44
- IV. Transferium A4

Tot slot liggen er wissels bij:

- V. Aansluiting Depot
- VI. Invoeging ProRail

Wissels dienen zo eenvoudig mogelijk uitgevoerd te worden – mede in relatie met onderhoud en onderdelenbeheer. Wissels gebruiken in principe het railprofiel van het baanvak waarin het wissel zich bevindt. Bij krappe (korte) wissels is het echter noodzakelijk om ook in S49 baanvakken groefrails toe te passen. Om niet te ingewikkelde (en dus dure) wissels toe te passen, dient te worden vastgesteld dat een wissels uitsluitend in een rechtstand gelegd kan worden.

Wissels I en II (tussenwissels)

Wat is het doel van deze tussenwissels? Er zijn twee doelen te onderscheiden:

- Inkortingswissel voor tussendiensten, als eindpunt bij een tijdelijke buitendienststelling of ter bijsturing van de exploitatie
- Wissel vanaf waar op een deeltraject over enkelspoor kan worden gereden.

Een inkortings-, annex bijsturingswissel kan bestaan uit een enkel wisselpaar, te plaatsen met de rijrichting mee (elke tram rijdt in normaal bedrijf het wissel uit – met de punt mee). Deze wissels kunnen uitgevoerd worden als handwissel. De voorkeur vanuit het Projectbureau is echter een dubbel wisselpaar. Daarbij zijn in ieder geval de inrijdende wissels gemotoriseerd en bij passage vergrendeld – zie ook de volgende alinea.

Een wissel dat ook kan dienen voor enkelspoor rijden, brengt meer met zich mee. Hier moet worden bepaald wat er met enkelspoor rijden voor eisen naar voren komen. Een korte inventarisatie geeft het volgende aan:

- Voor een vlotte exploitatie tijdens enkelspoor situaties is het van belang dat er niet achteruit hoeft te worden teruggestoken om het naastgelegen spoor te bereiken

en dan door te rijden. De wissels moeten hierdoor tegen de punt in kunnen worden bereden. Er zijn dan vier wissels noodzakelijk (gekruist of achter elkaar).

- Het is prettig wanneer deze wissels gemotoriseerd zijn (bediening ter plekke of van afstand). Dit mede omdat de eis bestaat dat wissels geen snelheidsbeperking mogen opleveren bij regulier verkeer. Om de gevolgen van een ontsporing of het onterecht overlopen te beperken zouden tegengestelde trams elkaar voorrang moeten geven – er kan steeds één tram op het wisselpaar actief zijn. Tevens dient de snelheid op tegen de punt in te berijden handwissels beperkt te zijn.

Een kritische blik op het ON traject leert dat enkelspoor rijden alleen tussen de haltes A4 en Lammenschans relatief eenvoudig kan worden toegepast. Het rijden in het stadsverkeer (kruisingen!) op het verdere traject maakt tegenspoor rijden minder eenvoudig. Tevens zouden de VRI's (beïnvloeding!) hiervoor enigermate ingericht moeten zijn – wat kostengevolgen heeft.

Wissels III en IV (eindpuntwissels)

Wat is het doel van deze wissels? Er zijn de volgende doelen te onderscheiden:

- Keren van de trams op de respectieve eindpunten
- Het mogelijk maken één of meerdere trams terzijde te plaatsen en op te stellen zonder de exploitatie te verstoren

Hierbij is het de vraag of de keerbeweging voor of achter de halte – of voor en achter de halte - moet plaatsvinden. In ieder geval is het zaak om achter de haltes een opstelspoor te hebben, afhankelijk van het interval of het aantal lijndiensten dat het eindpunt zal herbergen.

Te onderkennen eisen:

- A44 (twee haltesporen)
 - Bij A44 opstelbaarheid voor twee tramstellen naast elkaar > kruiswissel tussen halte en achterliggende opstelsporen
 - Bij A44 een mogelijkheid voor kort keren voor het eindpunt > kruiswissel voor de halte
 - Mogelijk kort stuk enkelspoor voor de halte en/of na de halte
- A4 (drie haltesporen, waaronder twee doorgaande sporen)
 - Bij A4 uitvoermogelijkheid naar Depot
 - Aan westzijde van de halte – in relatie met toegang depot – moet vanaf elke spoor, elk spoor eenvoudig te bereiken zijn.
 - Aan de oostzijde van de halte moet zomogelijk vanaf elk spoor het Depot bereikt kunnen worden
 - Aan de Oostzijde van de halte moeten in ieder geval vanaf twee sporen het zuidelijke ProRail invoegspoor bereikt kunnen worden
 - Aan de Oostzijde van de halte moeten in ieder geval komende vanaf het noordelijke ProRailspoor twee haltesporen bereikt kunnen worden
 - Er moet een keer-/opstelspoor zijn ten oosten van het haltecomplex dat met elk der drie haltesporen verbonden is.

Voor deze wissels is – in samenhang met de depotinrit en het invoegpunt – een apart document opgesteld.

Wissels V en VI (aansluiten Depot en invoegen ProRail)

Wat is het doel van deze wissels? Er zijn de volgende doelen te onderscheiden en eisen te benoemen:

- Het soepel en zonder hinder voor de exploitatie in- en uitrijden van de remisesporen
- Het zo snel mogelijk op- en afrijden van de ProRail sporen
- Het bieden van ruimte aan één spanningssluis per richting
- Het bieden van voldoende ruimte voor een tram om zich in te melden bij ProRail, en na verkregen groen sein ongehinderd naar ProRail (en de spanningssluis) toe te kunnen rijden.
- Het bieden van voldoende ruimte om een tram die vanaf ProRailsporen binnen komt, ongehinderd binnen te laten komen, zonder de ProRail sporen te hinderen
- Het ongehinderd laten verlopen van het ProRail verkeer
- Het ongehinderd laten verlopen van de keerbeweging van de stadstramdienst.

Voor deze wissels is – in samenhang met de halte A4 – een apart document opgesteld.

Variant G

⇒ Opties

- Tegenspoor rijden mogelijk maken op het gehele traject
- Tegenspoor rijden alleen tussen Lammenschans en A4
- Vele wisselsituaties op de te onderscheiden plekken, zie ook voorstel

⇒ Voorstel

- De wissels bij Stationsplein en de Korevaarstraat uitvoeren als dubbel wisselpaar, achter elkaar gelegen, de tegen de punt in te berijden wissels als gemotoriseerd wissel, de met de punt de te berijden wissels als handwissel
- De wissels bij eindpunt A44 liggen zodanig dat er zowel op de halte als achter de halte (westzijde) kan worden gekeerd. Achter de halte zijn er twee aparte opstelplaatsen – wanneer deze door opsteltrams bezet zijn, dan keren vòòr de halte.
- De wissels aan de westzijde van de halte A4 laten toe dat beide sporen vanaf alle drie de haltesporen bereikbaar zijn. Alle wissels zijn (ivm mogelijk enkelspoorbedrijf) gemotoriseerd
- De wissels aan de oostzijde van de halte A4 maken mogelijk dat:
 - Er bij A4 een uitvoermogelijkheid is naar het Depot
 - zomogelijk vanaf elk spoor het Depot bereikt kan worden
 - Er een keer-/opstelspoor van tenminste 75 meter is dat met elk der drie haltesporen verbonden is.
 - In ieder geval vanaf twee sporen (de twee zuidelijke?) het zuidelijke ProRail invoegspoor bereikbaar is
 - In ieder geval komende vanaf het noordelijke ProRailspoor twee haltesporen bereikbaar zijn
 - Het invoegen naar ProRail en het uitvoegen vanaf ProRail ongehinderd plaats kan vinden
 - Het verkeer van en naar ProRail met zo hoog mogelijke snelheid plaats kan vinden.
 - Alle wissels aan de oostzijde van de halte zijn gezien de bovenstaande functionele eisen gemotoriseerd uitgevoerd, de wissels die deel uit maken van de sporen naar en van ProRail of leiden naar een spoor die een dergelijk sporen kruisen, zijn voorzien van seinen en worden afhankelijk van het gebruik van die sporen centraal (automatisch) bedient
 - Voor deze wissels zie het aparte document!

Vragen, opties en mogelijkheden uit hoofdstuk Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.

- ⇒ Opties
 - Hoogtealignement haltes en opstelsporen
 - Gebruik en configuratie wissels
 - Bij railkruisingen en puntstukken: rijden op de flens of op het loopvlak?
 - Wel of geen regenwaterafvoer bij groefrail
 - Wel of niet verwarmen van de wissels
- ⇒ Voorstel
 - Horizontale bogen, alsmede verticale bogen hebben overgangsbogen in klotoides
 - Een verticale boog heeft een straal van tenminste 300 meter
 - Opstelsporen liggen waterpas
 - Haltes liggen zoveel mogelijk waterpas
 - Er worden zo min mogelijk wissels ingebouwd
 - Puntstukken bij wissels en kruisingen hebben een diepe groef, alleen bij kruisingen waar het loopvlak van een wiel in de opening zou stoten, mag op de flens worden gereden.
 - Groefspoor is met grote regelmaat voorzien van een afvoer van hemelwater
 - Alle wissels zijn (elektrisch) verwarmd

3. Opsomming Randvoorwaarden en Uitgangspunten

3.1. Railsoort algemeen toe te passen

- Vignolarail van S49
- Groefrail van Ri 59N

3.2. Eisen PvE

3.2.1. De dwingende eisen zijn:

- Beperken trillinghinder in:
 - Route Korevaarstraat – Breesstraat – Stationsstraat
 - LUMC en de Leeuwenhoek
- Beperken geluidshinder:
 - Hele route
 - Alle bogen
- Voorkomen zwerfstromen/EMC stringen
 - LUMC
- Niet overrijdbare vrije banen in bebouwde kom in gras
- Niet overrijdbare vrije banen buiten bebouwde kom in ballastbed
- Overrijdbare banen (al dan niet vrij) in attractieve maar van omgeving afwijkende verharding

3.2.2. Kwaliteitseisen bestaan uit:

- Baanvaksnelheden
- Zijwaartse ruk niet meer dan $0,65 \text{ m/s}^2$
 - Horizontale overgangsbogen
 - Geen asafwijkingen
- Op/neerwaartse ruk niet meer dan $0,252 \text{ m/s}^2$ bij een voetboog, en $0,189 \text{ m/s}^2$, bij een topboog
 - Verticale overgangsbogen
 - Geen sterke verticale krommingen (PvE zegt hierover niets, het mogelijke materieel kent hiervoor echter beperkingen, dus ruim nemen)

3.2.3. Inrichtingseisen:

- Eindpunten moeten voldoende capaciteit hebben voor een goede bedrijfsgang
- Tussenwissels te plaatsen bij:
 - Stationsplein
 - Korevaarstraat
- Ontsporingbeveiliging bij sporen binnen 10 meter van een parallelle waterweg
- Haltes liggen bij voorkeur aan een recht spoor

3.3. Keuzevelden

3.3.1. A - Bedding van de sporen (zowel straatspoor, grasbaan als ballastbed)

- ⇒ Opties:
 - Verharding met asfalt, klinkers, kasseien of betonplaten
 - Grasbaan of Sedum? Welke hoogte ten opzichte van de rail? Welke railbevestiging?
 - Ballastbed om of ook op de dwarsliggers?
- ⇒ Voorstel
 - Verharden in Asfalt, eventueel met print – kleur onderscheidend van omgeving
 - Sedumbaan, onder de railkop, met klassieke railbevestiging
 - Ballastbed is niet onderscheidend binnen dit kader.

3.3.2. B - Keuze: waar groefrail en waar vignolarail?

- ⇒ Vragen
 - Welke oplossing is acceptabel als ontsporingbeveiliging langs water: een extra rail, een contrarail bij S49 of een groefrail?

- ⇒ Opties
 - Profielkeuze bij ballast en grasbaan
 - Profielkeuze bij overwegen
 - Profielkeuze langs water
 - Profielkeuze in bogen
 - Wisseluitvoeringen
- ⇒ Voorstel
 - S49 op ballast en sedumspoor of bij gras aan railvoet
 - Ri59N bij alle andere spoor
 - Wissels hebben het railprofiel van het baanvak waarin ze zijn ingebouwd
 - Krappe wissels (krapper dan 1:5 (in uitzonderingsgevallen kan met S49 tot 1:3,25 worden gegaan).) in een S49 baanvak zijn uit te voeren in Ri59N
 - Bewegende puntstukken dienen vermeden te worden
 - Overwegen hebben het railprofiel van de sporen ter weerszijden, als aan één zijde Ri59N ligt, dan overweg daarvan voorzien.
 - Langs water het spoor uitrusten in Ri59N
 - Bogen krapper dan 40 (of 35) meter uitvoeren in Ri59N – wanneer nodig met smeerinstallatie

3.3.3. C – Speciale spoorconstructies

- ⇒ Opties
 - Brugrail op bruggen
 - Lage rail op bruggen en bij onderdoorgangen
 - Enkelspoor in de Breestraat
 - Veerwissels
 - Aangedreven wissels
 - Strengelspoor in de Breestraat
- ⇒ Voorstel
 - Brugrail op de lage bruggen
 - Blauwpoortsbrug gedetailleerd bezien in relatie met lengte brugklep, uitvoering aanbruggen en de te hanteren boogstralen
 - Waar nodig verlaagd railprofiel bij onderdoorgangen
 - In Breestraat en Kort Rapenburg enkelspoor met bediende – gemotoriseerde - wissels

3.3.4. D - Uitvoering overwegen bij eigen banen

- ⇒ Opties
 - Asfalt
 - Klinkers
 - Platen
- ⇒ Voorstel:
 - Platen (beton of kunststof)

3.3.5. E - Wijze van fundering van het spoor al dan niet met trillingsisolatie

- ⇒ Opties
 - Betonplaat
 - Betonnen dwarsliggers
 - Houten dwarsliggers
 - Damping onderbed tegen trillingen
 - Geluidsdemping aan de rail
- ⇒ Voorstel
 - Betonplaat zonder dwarsliggers en met trillingsisolatie onder verhard spoor
 - Betonplaat zonder dwarsliggers en eventueel met trillingsisolatie onder grasbaan (met drainage)
 - Betonnen dwarsliggers bij ballastspoor
 - Trillingsisolatie door middel van matten onder betonnen onderbed, eventueel in combinatie met isolatie tussen spoorstaaf en onderbed (dubbele isolatie)
 - Geluidsisolatie door het inpakken van de rail

3.3.6. F - Wijze van zwerfstroom isolatie

- ⇒ Opties
 - Inpakken onderbedding
 - Retourstroom met speciale voorzieningen terugleiden naar onderstation
- ⇒ Voorstel:
 - Rondom LUMC toepassen

3.3.7. G - Ligging en aantal wissels

- ⇒ Opties
 - Tegenspoor rijden mogelijk maken op het gehele traject
 - Tegenspoor rijden alleen tussen Lammenschans en A4
 - Vele wisselsituaties op de te onderscheiden plekken, zie ook voorstel
- ⇒ Voorstel
 - De wissels bij Stationsplein en de Korevaarstraat uitvoeren als dubbel wisselpaar, achter elkaar gelegen, de tegen de punt in te berijden wissels als gemotoriseerd wissel, de met de punt de te berijden wissels als handwissel
 - De wissels bij eindpunt A44 liggen zodanig dat er zowel op de halte als achter de halte kan worden gekeerd. Achter de halte zijn er twee aparte opstelplaatsen – wanneer deze door opsteltrams bezet zijn, dan keren vòòr de halte.
 - De wissels aan de westzijde van de halte A4 laten toe dat beide sporen vanaf alle drie de haltesporen bereikbaar zijn. Alle wissels zijn (ivm mogelijk enkelspoorbedrijf) gemotoriseerd
 - De wissels aan de oostzijde van de halte A4 maken mogelijk dat:
 - Bij A4 uitvoermogelijkheid naar Depot
 - zomogelijk moet vanaf elk spoor het Depot bereikt kunnen worden
 - Er moet een keer-/opstelspoor van tenminste 75 meter zijn dat met elk der drie haltesporen verbonden is.
 - In ieder geval is vanaf twee sporen (de twee zuidelijke?) het zuidelijke ProRail invoegspoor bereikbaar
 - In ieder geval zijn er komende vanaf het noordelijke ProRailspoor twee haltesporen bereikbaar
 - Het invoegen naar ProRail en het uitvoegen vanaf ProRail ongehinderd kan plaats vinden
 - Het verkeer van en naar ProRail met zo hoog mogelijke snelheid kan plaatsvinden.
 - Alle wissels aan de oostzijde van de halte zijn gezien de bovenstaande functionele eisen gemotoriseerd uitgevoerd, de wissels die deel uit maken van de sporen naar en van ProRail of leiden naar een spoor die een dergelijk sporen kruisen, zijn voorzien van seinen en worden afhankelijk van het gebruik van die sporen centraal (automatisch) bedient
 - Voor deze wissels zie het aparte document!

3.4. Bijkomende zaken, niet in PvE geregeld

- ⇒ Opties
 - Hoogtealignement haltes en opstelsporen
 - Gebruik en configuratie wissels
 - Bij railkruisingen en puntstukken: rijden op de flens of op het loopvlak?
 - Wel of geen regenwaterafvoer bij groefrail
 - Wel of niet verwarmen van de wissels
- ⇒ Voorstel
 - Horizontale bogen, alsmede verticale bogen hebben overgangsbogen in klotoïdes
 - Een verticale boog heeft een straal van tenminste 300 meter
 - Opstelsporen liggen waterpas
 - Haltes liggen zoveel mogelijk waterpas
 - Er worden zo min mogelijk wissels ingebouwd

- Puntstukken bij wissels en kruisingen hebben een diepe groef, alleen bij kruisingen waar het loopvlak van een wiel in de opening zou stoten, mag op de flens worden gereden.
- Groefspoor is met grote regelmaat voorzien van een afvoer van hemelwater
- Alle wissels zijn (elektrisch) verwarmd

4. Samenvattend voorstel:

4.1. Railprofiel en uitvoering rail

- S49 op ballast en sedumspoor of bij gras aan railvoet
 - Ri59N bij alle andere spoor
 - Overwegen hebben het railprofiel van de sporen ter weerszijden, als aan één zijde Ri59N ligt, dan overweg daarvan voorzien.
 - Langs water het spoor uitrusten in Ri59N
 - Bogen krappere dan 40 (of 35) meter uitvoeren in Ri59N – wanneer nodig met smeerinstallatie
 - Brugrail op de lage bruggen
 - Blauwpoortsbrug gedetailleerd bezien in relatie met lengte brugklep, uitvoering aanbruggen en de te hanteren boogstralen
 - Waar nodig verlaagd railprofiel bij onderdoorgangen
 - Groefspoor is met grote regelmaat voorzien van een afvoer van hemelwater
 - Geluidsisolatie door het inpakken van de rail waar nodig (voornamelijk bij bogen)
- Daar waar geen dubbelspoor mogelijk is wordt toegepast:
- enkelspoor in de Breesstraat en bij Kort Rapenburg, de wissels zijn bediend en gemotoriseerd

4.2. Wissels

4.2.1. Algemeen

- Er worden zo min mogelijk wissels ingebouwd
- Puntstukken bij wissels en kruisingen hebben een diepe groef, alleen bij kruisingen waar het loopvlak van een wiel in de opening zou stoten, mag op de flens worden gereden
- Wissels hebben het railprofiel van het baanvak waarin ze zijn ingebouwd
- Krappe wissels in een S49 baanvak (krappere dan 1:5, in uitzonderingsgevallen is 1:3,25 mogelijk) zijn uit te voeren in Ri59N
- Er zijn geen beweegbare puntstukken
- Alle wissels zijn (elektrisch) verwarmd

4.2.2. Op locatie

- De inkortings- en correctiewissels bij Stationsplein en de Korevaarstraat uitvoeren als dubbel wisselpaar, zomogelijk achter elkaar gelegen, de tegen de punt in te berijden wissels als gemotoriseerd wissel, de met de punt te berijden wissels als handwissel
- De wissels bij eindpunt A44 liggen zodanig dat er zowel op de halte als achter de halte kan worden gekeerd. Achter de halte zijn er twee aparte opstelplaatsen – wanneer deze door opsteltrams bezet zijn, dan keren vòòr de halte.
- De wissels aan de westzijde van de halte A4 laten toe dat beide sporen vanaf alle drie de haltesporen bereikbaar zijn. Alle wissels zijn (ivm mogelijk enkelspoorbedrijf) gemotoriseerd
- De wissels aan de oostzijde van de halte A4 maken mogelijk dat:
 - Bij A4 uitvoermogelijkheid naar Depot
 - zomogelijk moet vanaf elk spoor het Depot bereikt kunnen worden
 - Er moet een keer-/opstelspoor van tenminste 75 meter zijn dat met elk der drie haltesporen verbonden is.
 - In ieder geval is vanaf twee sporen (de twee zuidelijke?) het zuidelijke ProRail invoegspoor bereikbaar
 - In ieder geval zijn er komende vanaf het noordelijke ProRailspoor twee haltesporen bereikbaar
 - Het invoegen naar ProRail en het uitvoegen vanaf ProRail ongehinderd kan plaats vinden

- Het verkeer van en naar ProRail met zo hoog mogelijke snelheid kan plaatsvinden.
- Alle wissels aan de oostzijde van de halte zijn gezien de bovenstaande functionele eisen gemotoriseerd uitgevoerd, de wissels die deel uit maken van de sporen naar en van ProRail of leiden naar een spoor die een dergelijk sporen kruisen, zijn voorzien van seinen en worden afhankelijk van het gebruik van die sporen centraal (automatisch) bedient
- Op deze wissels wordt in een apart document nader ingegaan

4.3. Fundering

- Betonplaat zonder dwarsliggers en met trillingsisolatie onder verhard spoor
- Betonplaat zonder dwarsliggers en eventueel met trillingsisolatie onder grasbaan (met drainage)
- Betonnen dwarsliggers bij ballastspoor
- Trillingsisolatie door middel van matten onder betonnen onderbed, eventueel in combinatie met isolatie tussen spoorstaaf en onderbed (dubbele isolatie)
- Zwerfstroomisolatie toepassen rondom LUMC

4.4. Verharding

- Trambaan verharden in asfalt, eventueel met print – kleur onderscheidend van omgeving
- Grasbaan als Sedumbaan, onder de railkop, met klassieke railbevestiging
- Ballastbed is niet onderscheidend binnen dit kader.
- Overwegen te verharden met platen (beton of kunststof)

4.5. Alignement

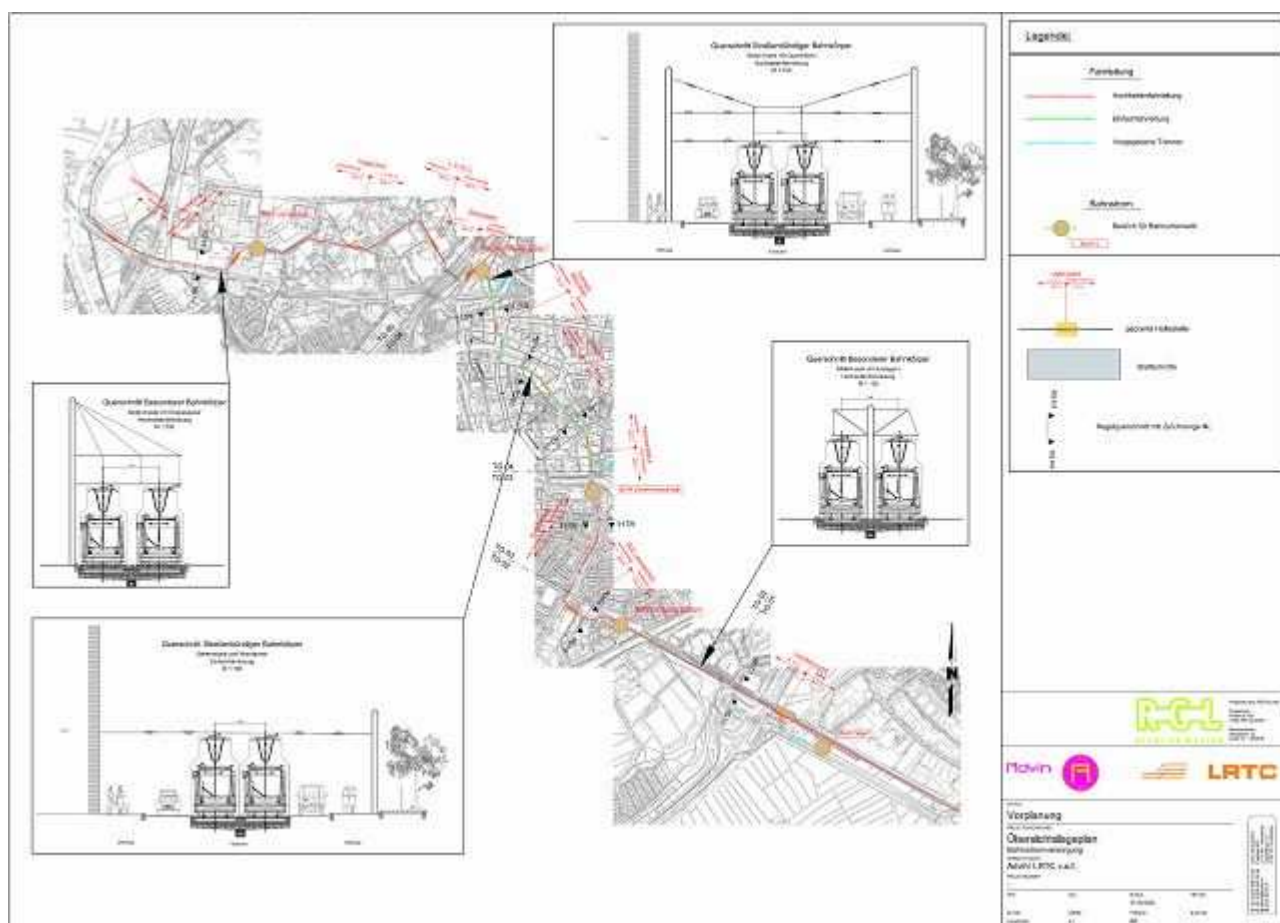
- Horizontale bogen, alsmede verticale bogen hebben overgangsbogen in klotoides
- Een verticale boog heeft een straal van tenminste 300 meter
- Opstelsporen liggen waterpas
- Haltes liggen zoveel mogelijk waterpas

5. Randvoorwaarden en uitgangspunten Tractievoeding op ON en W

5.1. Functie van de tractievoorzieningen

De enige functie van de tractievoorzieningen is het voeden van de elektrische installaties in de voertuigen van de RijnGouweLijn. Dit zal conform PvE-RGL geschieden door middel van een bovenleiding, de retourstroom zal door de rails verlopen.

Er bestaat een ruim scala aan mogelijkheden voor de uitvoeringen van de bovenleidingen, de plaatsing van de onderstations en de ophanging van de rij- en spandraden. Toch dringt zich bij een nadere beschouwing van het traject – in samenhang met kennisname van het PvE RGL – reeds snel een soort logische uitvoering en inrichting op, die in onderstaand kaartbeeld wordt weergegeven.



Te zien is waar de onderstations gebouwd kunnen worden, en dat – met uitzondering van het gedeelte tussen de Korevaarstraat en de Stationsstraat - wordt uitgegaan van een bovenleiding met kettingophanging. Voor de binnenstad wordt voorgesteld om een eenvoudige bovenleiding (aan de gevels) op te hangen.

Niet te zien, is de bovenleidingspanning. Vastgesteld is dat deze op het ON en W traject 750 Volt DC zal bedragen.

Benodigd zijn vijf voedingssecties, het depot vormt de zesde sectie. Het depot heeft ook een eigen onderstation, de nadere secties worden gevoed vanuit vier onderstations, elke uitgerust met twee transformatoren en gelijkrichters.

Voor de bovenleidingen is er een aantal bijzondere punten te onderkennen:

- de onderdoorgangen bij de A44,
- onderdoorgang Station Centraal,
- Blauwpoortsbrug (klapbrug)
- Onderdoorgang spoorviaduct Lammenschansweg
- Brug Rijn Schiekanaal
- De onderdoorgangen onder de A4 en parallelweg
- Overgangspunt 750 – 1500 Volt

Elk van deze punten vraagt een eigen specifieke uitvoering van de bovenleidingconstructie.

In de onderstaande paragrafen wordt nader ingegaan op de verschillende mogelijkheden voor de tractievoeding en de uitvoering van de bovenleidingen, alsmede op de genoemde bijzondere punten.

5.2. Principe van de tractievoorzieningen

5.2.1. Spanning

De bovenleiding waarop **formeel 750 V DC** (gelijkspanning) komt te staan, vormt de + pool. De retourstroom vindt plaats door de sporen, die daardoor de – pool vormen. De polariteit kan ook andersom verlopen, tegenwoordig is om diverse redenen, waaronder elektrolyse, het hier voorgestelde principe algemeen gebruikelijk. Ook bij ProRail is dit zo gehanteerd.

Om diverse redenen, waarop later gedetailleerd wordt ingegaan, is het aantrekkelijk de bovenleidingspanning bij normale belasting enigszins onder de streefwaarde van 750 Volt te brengen. Dit in verband met de recuperatiestroom en de energiebesparende effecten van een perfecte afstemming tussen voeding en recuperatie – zie paragraaf.

Kenmerken en eisen

De **bovenleidingspanning** kent een **variatie** tussen **-30 en +20%**. Om een goede beoordeling te kunnen maken van de bovenleidingspanning is het zaak om het totale systeem van trams, remstroomrecuperatie, onderstations en bovenleidingen in de range van stilliggende exploitatie tot maximaal mogelijke belasting geanalyseerd worden.

De **hoogste voortdurende bovenleidingspanning** mag de normale spanning met niet meer dan **20% overschrijden**. Daarom wordt – tevens vanwege de variaties in het 10 kV net over de dag – de **'leegloopspanning'** van de onderstations ongeveer **10 tot 15% hoger** gezet dan de netspanning.

De retourkabels mogen de hoogste duurspanning met niet meer dan 33% overschrijden. De retourspanning moet regelbaar zijn.

Let op, bij rijden op zicht kunnen er grote variaties optreden in de belasting van het net (toevallig kunnen meerdere voertuigen tegelijkertijd maximaal accelereren bijvoorbeeld).

- ⇒ Opties:
- Waarde bovenleidingspanning
 - Waarde recuperatiestroom
 - Te leveren vermogen

Alles in relatie met de range van leegloopspanning tot maximaal vermogen

- ⇒ Voorstel:
- Bovenleidingspanning: 680 V
 - Variatieruimte: -20 / +30% in voltage
 - Maximale langdurige piek: +20%
 - Leegloopspanning: + 10 a 15%

5.2.2. Voedingsmogelijkheden

De tractie wordt geleverd door één of meerdere onderstations.

Tegenwoordig is het gebruikelijk om globaal elke twee á drie kilometer nabij de trambaan eenvoudige gelijkrichterstations te bouwen. Deze voeden de bovenleiding per sectie tweezijdig.

Bij dit moderne systeem is er sprake van een gering energieverlies in de kabels en een goede benutting van eventuele bij het remmen gerecupereerde energie. De storingsgevoeligheid van de voeding is vanwege de korte kabels en de moderne onderstations die verspreid langs het net zijn opgesteld en onderling (via de verdelerstaaf in elk onderstation) zijn gekoppeld, is laag. Het onderhoud per onderstation is eenvoudig – vooral ook omdat er meerdere onderstations zijn, die de functie van het te onderhouden onderstation kunnen overnemen. Voor details zie de volgende paragraaf.

⇒ Optie:

- Elke 2 á 2,5 kilometer een onderstation, korte kabels, doorgekoppeld net

⇒ Voorstel:

- De voorgestelde optie sluit aan bij de hedendaagse praktijk bij stads- en sneltramlijnen. In paragraaf wordt dit principe verder uitgewerkt.

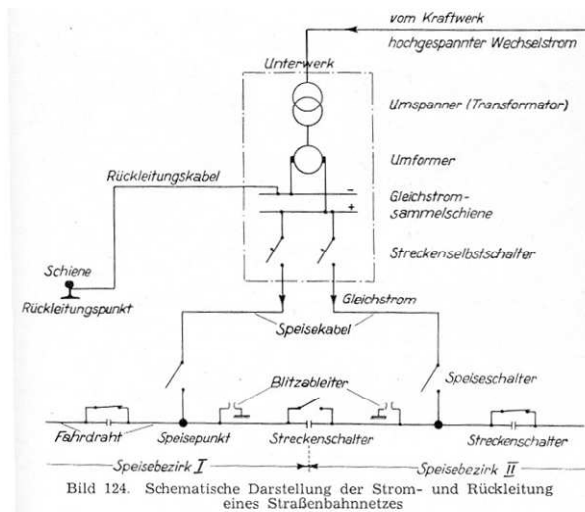
5.2.3. Moderne voeding – voorstel voor RGL

De energie van een onderstation komt van het lokale 10 kV net (PvE). In het onderstation wordt deze gelijkgericht en omgezet naar ongeveer 750 V DC. In het onderstation wordt de 750 V op een verdelerstaaf binnen het gebouwtje gezet. Vanaf die staaf loopt een kabel naar de ene en een naar de andere sectie. Tussen beide voedingspunten zijn de bovenleidingen elektrisch van elkaar gescheiden, wanneer beide voedingspunten zijn ingeschakeld, is er wel een rechtstreekse verbonden via de genoemde staaf. Dit principe wordt elke twee á drie kilometer herhaald.



De kenmerken zijn onder meer:

- Kleine onderstations (gebouw en de installaties), daardoor elk onderstation op zich makkelijk in te passen en te realiseren
- Aansluiting op het alom aanwezige openbare middenspanningnet
- Energieverliesarm doorgeleiden van teruggewonnen remenergie, ook naar naastgelegen secties via de 'staaf'
- Grotere bedrijfszekerheid door tweezijdige voeding van elke sectie vanuit twee van elkaar onafhankelijke onderstations
- Klein risico van beschadigingen aan voeding- en retourkabels, door korte afstand tussen trambaan en onderstation
- In het algemeen zijn er geen tractiekabels langs de trambaan noodzakelijk
- Het verdelen van de tractielast over de verschillende onderstations. Dit reduceert de energiebehoefte.
- Vanwege de niet benodigde back-up voorzieningen in de onderstations, relatief geringe bouwkosten
- Weinig scheiders (afsluiters) in de bovenleiding noodzakelijk, dergelijke scheiders vormen de in onderhoud duurste onderdelen van de bovenleiding
- Het op baanvaksnelheid kunnen doorrijden onder een scheider, daardoor geen verlies in rijnsnelheid en –tijd.
- Aarding van de bovenleiding waaraan gewerkt wordt in geval van werken vanaf een niet geïsoleerd werkvlak, dit vanwege het mogelijk per ongeluk binnenrijden van een sectie van een tram (contact via sleepstuk van stroomvoerende naar afgesloten draad, alsmede gerecupereerde remenergie)
- Gemeenschappelijke beveiliging tegen overbelasting voor de bovenleiding alsmede de voedingskabel door temperatuurmeterende beveiligingsmiddel goed mogelijk



Figuur 11 Onderstationindeling en voedingsprincipe (in dit geval enkele ipv dubbele unit)

Het is hoe dan ook van belang dat bij de opzet van dit systeem er een principeopgave bestaat van de belasting van het netwerk – nu en in de toekomst. Dit omdat latere aanpassingen aan dit systeem kan betekenen dat onderstations moeten verlegd, of dat er versterkingen aan de bovenleiding (doorsnede) moeten worden verricht, of voedingskabels geplaatst. Dat is allemaal zeer kostbaar.

Belasting

De maximale belasting door één sneltramstel is bij 750 V naar verwachting circa 2000 Ampère, een koppelstel gebruikt circa 4000 Ampère. Bij een interval van 7,5 minuten en een gemiddelde snelheid van 25 km/h is de afstand tussen twee opvolgende dienstwagens drie kilometer. In elke sectie zijn daarom tenminste twee sneltramtrenen (in twee richtingen samen) actief. Een transformator & gelijkrichter moet overcapaciteit hebben om een collega te vervangen. Vanwege een mogelijke latere hogere frequentie (elke 3,75 minuut?), alsmede mogelijke verstoringen en ophopingen rond tusseneindpunten bij inkortingen kan er een flinke piekbelasting liggen. De kans dat er bijvoorbeeld echter vijf wagens tegelijkertijd optrekken is erg klein. **Secties van ruim twee kilometer, beide sporen omvattend, met een vermogen van 4000 Ampère per onderstationunit (dus 8000 A totaal) zal voldoende zijn, en toekomstvast.**

- ⇒ Vragen:
 - Hoe hard is de eis van elektrisch gescheiden rijdraden? Dit in relatie met het geschetste (voordelige) onderstationprincipe
- ⇒ Opties:
 - Onderstations met een of twee transformator/gelijkrichtercombinaties uitvoeren
 - Extra capaciteit in de onderstations voor overname aangrenzende onderstations bij defecten of onderhoud
- ⇒ Voorstel:

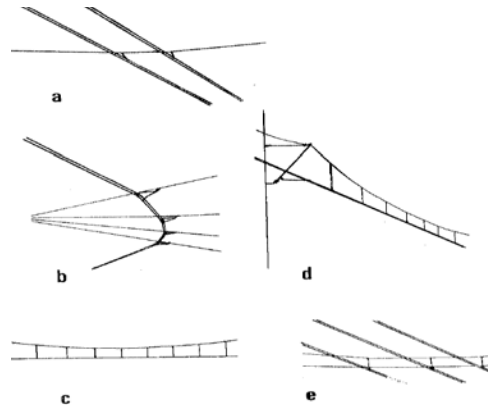
Plaatsen van onderstations zo dicht mogelijk bij tramlijn, plaatsing circa elke 2 á 2,5 km. Voeding per unit geschikt voor ten minste 4000 A. In elk onderstation staan twee units, elke sectie wordt tweezijdig gevoed, een sectie omvat samen beide sporen.

5.2.4. Inrichting onderstation

Het onderstation van het moderne soort dat per sectie aan de tramlijn is gekoppeld bevat doorgaans twee transformator & gelijkrichtercombinaties. Twee om de bedrijfszekerheid te vergroten en onderhoud bij lopend bedrijf (reguliere werktijden) te vereenvoudigen. Eén is voldoende wanneer het onderstation aan een enkele lijn ligt, waarbij in geval van onderhoud de voeding door de verderop langs de lijn gelegen onderstations kan worden overgenomen. Dit is uit kostenmotieven voor de RGL dus het overwegen waard, maar stelt wel eisen aan het vermogen van elk onderstation, en de weerstand van de bovenleiding.

De bovenleiding zelf kent o.m. de volgende mogelijkheden (zie letters in onderstaande tekening):

- Enkelvoudige rijdraad, al dan niet met bijkomende midden-versterkingsdraad (vgl a)
- Dubbele rijdraad (a)
- Draagkabelophanging (c en d)
- Vlakke kettingophanging (geen tekening, in Nederland nog nergens toegepast))
- (e) bij RGL hooguit bij depot



De toe te passen techniek hangt sterk samen met de omgeving waarin de bovenleiding wordt opgehangen en de eisen die er op elk deeltraject aan worden gesteld. Er kan dan ook geen eerlijke vergelijking tussen de verschillende mogelijkheden worden gemaakt, de keuze moet per deeltraject worden gemaakt. In de tekening in de aanheft van dit hoofdstuk, is reeds een keuze voorgesteld.

Rijdraad

Bij alle bovengenoemde mogelijkheden is het uitgangspunt dat de rijdraden worden **nagespannen** (zie foto's). Hiermee ontstaat een zo vlak mogelijke rijdraad, voor een optimale stroomafname en een minimale slijtage van draad en sleepstuk. De rijdraad wordt ook op een flexibele wijze aan uithouders of spandraden bevestigd, en wel zodanig dat er geen of zo weinig mogelijk vaste punten aanwezig zijn.

Naspannen kan bij de stadsbovenleiding (vlak, geen draagkabel) ook achterwege blijven. De rijdraad buigt dan vooral bij warmer weer flink door. Bij de ohangpunten ontstaat een sterke op- en neerwaartse helling in de rijdraad. Dat veroorzaakt niet alleen sterke slijtage aan de draad en aan het sleepstuk, maar dwingt de tram tot een lagere snelheid. De stroomafname verloopt namelijk niet optimaal, terwijl tevens bij hogere snelheden een bovenleidingbreuk niet denkbeeldig is.



Figuur 12 enkele afspanningmogelijkheden - foto's www.digitaletram, resp. TransTec

Er is voor Leiden geen eenduidige bovenleidingsoort mogelijk. Daarvoor bestaan er te sterke verschillen tussen deeltrajecten op het voorgestelde tracé. In en bij de tekening in de aanheft zijn de meest aannemelijke bovenleidingsoorten geschetst.

In het PvE is voorgeschreven dat de bovenleidingmasten zo veel mogelijk tussen de sporen staan. Dat kan in ieder geval voor alle sporen buiten het Leidse stadshart als uitgangspunt worden gehanteerd. De best bij een dergelijke mastopstelling passende bovenleiding is de afgespande draagkabelbovenleiding (ofwel: kettingophanging). De ronde koperen draagkabel

heeft hierbij een doorsnee oppervlak tussen de 95 en 150 mm². Bij hoge belastingen kan de draad dubbel worden uitgevoerd. De rijdraad heeft een groefprofiel (Ri) en doorsnee oppervlaktes van 100 tot 120 mm². Het materiaal is elektrolyt koper, of een legering van koper en zilver.

Ten opzichte van een klassieke stadstrambovenleiding (eenvoudige rijdraad) heeft de draagkabelophanging de volgende voordelen:

- Betere elektrische eigenschappen
 - Grotere geleidingscapaciteit
 - Minder weerstand
 - Minder spanningsverval
- Hogere rij snelheden toegestaan
- Betere loop van de stroomafnemer langs de rijdraad
- Minder bovenleidingslijtage
- Minder sleepstuk slijtage
- Minder gevaar voor de omgeving bij bovenleidingbreuk
- Grotere mastafstanden



Figuur 13 Links aan de gevels en soms ook aan palen opgehangen draagkabelbovenleiding, rechts een aan de gevel opgehangen klassieke bovenleiding (enkelspoor met versterkingsleiding) – foto's TransTec

Wanneer draagkabelophanging niet mogelijk is, maar moet er toch een groot vermogen worden geleid, dan kan een (al dan niet – zie boven - flexibel opgehangen) vlakke bovenleiding worden toegepast. Deze kan met een aan de spandraden opgehangen versterkingsdraad worden uitgerust, of met een dubbele rijdraad.

De uitvoering van de bovenleiding en de ophanging ervan heeft invloed op de omgeving waarin deze wordt geplaatst. Palen en uithouders kunnen voor wat betreft hun uiterlijk worden aangepast aan de omgeving. Overigens kan bovenleiding – zeker met een achtergrond van bomen – geheel opgaan in de omgeving.

De afspanningen vragen bijzondere constructies – mede in relatie met de wijze van afspannen. Wanneer wordt gekozen voor gewichten, kunnen deze laatste worden weggewerkt in de palen of in speciale behuizingen.

De minimale rijdraadhoogte volgens PvE is 4,4 meter (4,8 meter bij busverkeer). Bij ProRail is de hoogterange van 4,8 tot 5,75 meter, maar op de Zoetermeerlijn van ProRail hangt de rijdraad op 4,65 meter. De hoogst mogelijk toegestane stand van de pantograaf is 5,86 meter. Ook bij de RGL is dat vereist, dus mag de bovenleiding onder geen beding hoger hangen dan die waarde.

De minimaal toe te passen hoogte mag niet lager zijn dan de maximale hoogte van regulier vrachtverkeer, plus een marge (vlamboog). Hierbij speelt ook de geëiste hoogte van het sleepstuk van de tram in gestreken toestand een rol. Het moet gegarandeerd zijn dat wanneer bij de laagste bovenleidingstand de tram de pantograaf moet strijken, er geen vlamboog ontstaat. Bij de sneltram Utrecht passeert de trambaan de uiterst lage Leidsche Veer tunnel. De bovenleiding hangt daar op 3,98 meter boven het spoor. Bij een spoorviaduct bij de Czaar

Peterstraat te Amsterdam hangt de bovenleiding op 3,9 meter – daar zijn speciale voorzieningen getroffen voor wat betreft het waarschuwen van het overige verkeer.



Figuur 14 Op 3,9 meter opgehangen bovenleiding in de Czaar Peterstraat Amsterdam – foto TransTec

In relatie met de hoogste en laagste stand, dient te worden opgemerkt, dat deze bij bolle bruggen beide bereikt zouden kunnen worden. Het is zaak om de hellingsgraad ten opzichte van het lengteprofiel van de sporen niet sterker te laten op- of aflopen dan 1 cm/m. Bij een overgang naar een stijging, mag dit niet meer dan 0,5 cm/m zijn.

De zig-zag waarde van de rijdraad bedraagt tenminste 1 mm per strekkende meter. Bij een geringere uitslag bestaat de kans op groefvorming in het sleepstuk, met alle gevolgen van dien. Als uitslag wordt hierbij doorgaans een maximale afwijking ten opzichte van de rail-as van 40 cm gehanteerd. Daarbij wordt het sleepstuk gelijkmatig afgesleten.



Figuur 15 Duidelijk herkenbare zig-zag van de rijdraad – Kusttram België - foto: digitaletram.nl. Let ook op de bovenleidingpalen, annex straatverlichtingsarmaturen.

Scheiden van parallelle rijdraden

Er is de eis gesteld om de op- en afgaande rijdraad elektrisch van elkaar te scheiden: “bij het uitvallen van de tractie-energievoorziening van één spoor, blijft die van het andere spoor beschikbaar”. Dat heeft consequenties voor de uitvoering van de bovenleiding, alsmede voor de voeding. Wanneer daadwerkelijk wordt gekozen voor een scheiding, dan dient deze alleen te kunnen worden bewerkstelligd bij storingen. Met een van afstand bedienbare koppelschakelaar kunnen de rijdraden worden gescheiden.

Het is overigens in het PvE niet duidelijk in hoeverre deze scheiding moet worden doorgevoerd, en of deze altijd moet bestaan, of alleen mogelijk moet zijn bij defecten; het woord “blijft” is dat aangaand veelzeggend.

Voordelen van elektrisch gescheiden rijdraden zijn:

- Bij defecten van een rijdraad kan de exploitatie op het naastgelegen spoor worden voortgezet
- Kortsluiting op het ene spoor leidt (wellicht) niet tot uitval van het andere spoor (is afhankelijk van een mogelijke koppeling binnen het onderstation)

Nadelen van gescheiden rijdraden zijn:

- Zeer afhankelijk van de uitvoering, en de mate van doorvoering van de scheiding, is koppeling van secties via onderstations wellicht niet mogelijk – recuperatiestroom wordt niet doorgegeven
- Werkzaamheden aan een stroomvoerende bovenleiding vinden plaats op een geïsoleerd platform, bij een gearde bovenleiding is dat niet nodig. Wanneer bij werkzaamheden personeel binnen een afstand van 1,5 meter van de stroomvoerende rijdraad kan komen, moet op een geïsoleerd platform worden gewerkt. Dit is vooral op binnenstadstrajecten niet uit te sluiten
- In geval de scheiding in bepaalde situaties mogelijk moet zijn, maar niet steeds staat ingeschakeld, moet er op afstand bedienbare scheidingsapparatuur bij de voedingen geplaatst worden.
- Elke rijdraad moet eigen voedingspunten en kabels hebben
- De rijdraad moet een grotere capaciteit hebben, dan bij een gekoppeld net. De aanwezige koperdoorsnede wordt niet optimaal benut.

- Het verval zal door draadweerstand groter zijn
- De recuperatiestroom zal meestal niet of met groter kabelweerstandverlies door andere voertuigen kunnen worden benut.
- Wellicht meer onderstations of lange voedingskabels noodzakelijk
- Bij overloopwissels moet een bijzondere bovenleidingconstructie met scheider worden toegepast
- Enkelspoorbaanvakken vragen een aparte oplossing

Criteria	gewicht	scheiden	koppelen
Kosten	1	1	3
Duurzaamheid	1	2	3
Gebruik-/ onderhoud	1	1	3
Uiterlijk	1	1	2
Totaal		5	11

Bijkomende punten:

Je kunt je de vraag stellen hoe de uit de keuze voor het scheiden der rijdraden voortvloeiende linksrijdmogelijkheid zich verhoudt met de verkeersveiligheid, met name op plaatsen waar in de rijbaan wordt gereden (J. van Houtbrug e.d.) en bij overwegen. VRI's en waarschuwingssignalen zullen zeer waarschijnlijk niet op links verkeer worden ingericht. Dus wordt door het scheiden der draden geen mogelijkheid gecreëerd die in de praktijk nooit of zeer zelden benut zal worden.

- ⇒ Vragen:
 - Waarop is de behoefte om beide richtingen elektrisch te scheiden gebaseerd?
 - Moet hier steeds aan worden vastgehouden?
- ⇒ Opties:
 - Scheiden
 - Koppelen
- ⇒ Voorstel:
 - Beide sporen tussen in ieder geval Lammenschans en de A44 niet scheiden. Tussen Lammenschans en de A4 is het mogelijk om de rijdraden scheidbaar te maken, om ingeval van calamiteiten enkelspoor (pendel?)bedrijf mogelijk te maken.



figuur 16 Scheider in naspanninginrichting IJtram Amsterdam achter CS, links en rechts zijn gekoppeld

Scheiden van achtereenvolgende spanningssecties

In de lengterichting dient de bovenleiding in verschillende spanningssecties deelbaar te zijn. Elk onderstation voedt twee secties – tussen beide secties zit een altijd niet-stroomdoorlatende scheider.

Om ook delen van het net stroomloos te zetten zonder een onderstation uit te schakelen (straten zoals de Breestraat, maar ook eindpunt-, zij en werkplaatssporen) zitten er scheiders in de bovenleiding die normaliter normaal stroomdoorvoerend zijn.

Scheiders in de rijdraad zijn er in verschillende modellen:

- A. Scheider over isolator in de rijdraad
- B. Scheider over afspanning

Een **scheiding conform A** heeft de volgende kenmerken en gevolgen:

- Korte stroomonderbreking bij passage mogelijk (ondanks maatregelen dit te voorkomen)
- Veilig, het kan niet tot het ongewenst met elkaar in verbinding brengen van secties leiden
- Vergt weinig ruimte in het lengteprofiel van de bovenleiding (scheiding zit op één plek)
- Punt van slijtage aan onderdelen zelf, de rijdraad voor en achter de constructie en aan het koolsleepstuk van de stroomafnemer
- (klein) risico van bovenleidingbrand
- Soms sterk vonken/sterke vlambogen bij passage met tractie- of recuperatiestroom, wat vooral 's avonds tot licht- en geluidshinder voor de omgeving kan zorgen



Figuur 17 Scheider volgens model A

Een **scheiding conform B** heeft de volgende kenmerken en gevolgen:

- Te integreren met naspan inrichting
- Daarbij wel aandacht voor het mogelijk overbruggen van twee secties via het sleepstuk bij passage (probleem wanneer de binnen te rijden sectie stroomloos staat en geaard is – daardoor hangt stroomvoerende sectie aan aarde en valt uit)
- Geen noemenswaardige slijtage aan rijdraad en sleepstuk
- Geen vonken e.d.
- Makkelijk en goedkoop in te richten
- Alleen toe te passen op doorgaande exploitatiesporen (daar waar toch reeds afspanningen noodzakelijk zijn), bij eindpunten en zijsporen is deze constructie lastig of niet toe te passen
- Vraagt veel ruimte in het lengteprofiel van de bovenleiding (even lang als een afspanning – vier masten)



Figuur 18 Scheider volgens model B

Vanwege de veel geringere slijtage, de lage bouwkosten en de mogelijkheid de scheiding te integreren met de naspaninrichtingen, verdient het aanbeveling model B toe te passen boven de doorgaande lijn. Wanneer er zijsporen en eindpuntsporen afkoppelbaar moeten zijn, dan kan het vanwege de geringe beschikbare ruimte niet anders dan dat model A wordt toegepast.

Bijzondere constructies

Tunnels en onderdoorgangen

Punten van aandacht zijn:

- Viaduct A4 en Parallelweg
- Viaduct Lammenschansweg
- Onderdoorgang met busbaan onder Leiden CS
- Viaduct A44

Bovenleidingen in tunnels zijn een probleem apart. In het PvE worden eisen gesteld aan onderdoorgangshoogtes van de bovenleiding. Bij busverkeer mag de draad niet lager dan 4,8 meter komen, anders 4,4 meter. In Amsterdam, Rotterdam en Den Haag vind busverkeer plaats onder veel lagere bovenleidingen, tot 3,95 meter aan toe.

Een eis van 4,8 (+ constructiehoogte bovenleiding, samen 5,05) meter bij busverkeer, betekent:

- dat bij de onderdoorgang CS de doorgang flink moet worden uitgediept
- Er zal wellicht een speciale (lage) railconstructie nodig zijn,
- terwijl ook de ontwatering van de kuil extra aandacht vraagt.
- De in- en uitrit moeten vanwege de gevraagde hellingshoeken langer zijn.
- Aan beide zijde moeten dan een verticale en horizontale boog gecombineerd worden (mag niet volgens PvE).

In het algemeen geldt dat hoe dieper de kuil, hoe hoger de kosten zijn. De zelfde punten gelden bij de onderdoorgang Lammenschansweg, de hoogte is daar minder, en er rijden geen bussen op de trambaan. Gezien de beschikbare hoogte moet bij het vasthouden aan het PvE de trambaan flink omlaag.

Een lagere minimale hoogte (conform Amsterdam, Den Haag en Rotterdam) spaart flink op de kosten, vooral voor wat betreft het bodemwerk, en eventueel ook rails.

⇒ Voorstel: laat eis voor hogere draad boven bus, en minimale hoogte 4,4 m vallen ten faveure van een maat van 4,2 meter in uitzonderlijke situaties (voorkeur 4,4 m).

Het projectbureau Rijn Gouwe Lijn is in een overleg op 5 april 2006 akkoord gegaan met deze wijziging op het PvE.

De uitvoering van de bovenleiding in dergelijke situaties is een punt van aandacht. De voorgeschreven minimale afstand tussen rijdraad en viaductplafond bedraagt 25 cm. Dit kan worden ingevuld met een binnen een geïsoleerd tegen het plafond geschroefde, danwel

flexibel opgehangen aluminium constructie, waarin de rijdraad wordt geklemd. Ook een stroomrail is mogelijk.

Voorbeelden van lage tunnelonderdoorgangen voor de tram en oplossingen voor de bovenleiding zijn hieronder weergegeven.



Figuur 19 Oostelijke onderdoorgang IJtram / Amsterdam CS, hoogte 4,2 meter –foto TransTec



Figuur 20 Constructie van een onder een viaduct doorlopende flexibele draagkabelophanging, rijdraad hangt op 3,9 meter – foto TransTec



Figuur 21 In flexibel opgehangen stroomrail ingeklemde rijdraad in de Piet Heintunnel Amsterdam – foto TransTec

Ter weerszijden van de viaducten moet er boven de rijdraad een geaard hek worden geplaatst, zodat er geen ongewenste aanraking met de rijdraden kan ontstaan.

Bij minder lage onderdoorgangen (A4, A44) is het relatief eenvoudig een bovenleiding met kettingophanging door te voeren. Deze zal dan een verlaagde constructie hebben (de draagkabel wordt laag opgehangen). De ophanging kan aan het plafond worden vastgezet. Hier bestaan er verder geen noemenswaardige problemen.

Beweegbare bruggen

Het voeren van een tramlijn over een beweegbare brug, is een probleem op zich. Bij de RGL-Oost zijn er op het ON deel, twee: de RijnSchiekanaalbrug en de Blauwpoortsbrug. Deze bruggen hebben in uitvoering overigens weinig overeenkomsten.

Eerste probleem is de stroomdoorvoer bij beweegbare bruggen. Hiervoor moet een waterkabel worden gelegd voor zowel tractie als voor retourstroom.

Voor de bovenleiding op het beweegbare deel bestaan er verschillende oplossingen:

- Onderbroken rijdraad, afgespannen op de landhoofden; de tram neemt een aanloopje en passeert de brug, de voorliggende en de achterliggende boog met een vaartje. Tractie en retourstroom worden door op de waterbodem liggende zink kabels gevoerd.
 - ⇒ Remmen op de brug leidt tot het stranden van de tram. Railremmen – wanneer niet door accu's gevoed – zijn niet bruikbaar bij een eventuele noodstop.
- Geen rijdraad, de tram rijdt op een voedingssysteem tussen de sporen (APS – Bordeaux) of op een aan boord geplaatste power unit.
- Doorlopende rijdraad, de brugklep blijft bij opening onder de bovenleiding. De doorvaarthoogte wordt beperkt door de hoogte van de boven de doorvaart hangende rijdraad, deze is afgeschermd met zwart wit geblokte stalen borden (met windgaten) aan beide zijde van de doorvaartopening, enigermate onder de rijdraadhoogte opgehangen. Bij hoge transporten, kan voor een nachtelijke doorvaart worden gezorgd, waarbij de bovenleiding tijdelijk wordt weggenomen. Dit kan in Leiden ook gebeuren bij de intocht van Sinterklaas (de tram rijdt dan toch niet!).

Bij de Blauwpoortsbrug is de klep echter circa 7 meter lang, waardoor bij opening de bovenleiding geraakt wordt. Ingeval deze oplossing gekozen wordt, dient de bovenleiding alvorens de brug te openen, altijd te worden weggenomen – het wit-zwart geblokte schild kan dan ook achterwege blijven.



Figuur 22 Hogesluis Amsterdam, boven basculekleppen doorlopende bovenleiding - foto's TransTec

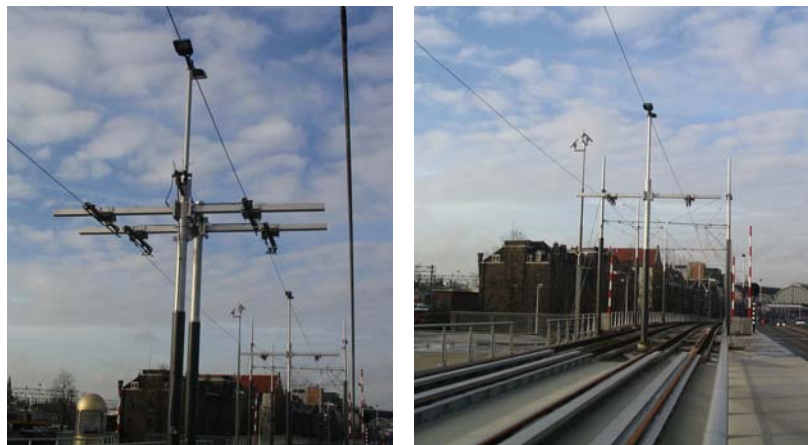
- Bovenleidingconstructie, waarbij de pantograaf voortdurend langs een stroomvoerende geleider loopt. De volgende constructies zijn mogelijk:
 - Drie portaalmasten, één op kop van de klep, één op het opleg landhoofd, en één op het landhoofd met klep. In plaats van portalen kunnen ook spinnenwebachtige (dunne) spandraden worden gebruikt. De rijdraden aan landzijde zijn aan de buitenzijde afgespannen. De buitenportalen hebben een schaats voor geleiding, tussen de portaal aan klepzijde en de klepportaal hangt een zo licht mogelijke rijdraad, die bij opening slap omlaag komt te hangen, en daarbij wordt afgeschakeld en geaard. Deze constructie werd hier gebruikt tussen 1924 en 1961 door de toenmalige trams. In Amsterdam wordt hij bij enkele bruggen toegepast, bij de RET bij de Lage Erfbrug – zie foto's hieronder.
 - Idem, maar dan met middenmasten, in Amsterdam bij meerdere bruggen, waaronder IJtram – zie foto's
 - Vier masten (portaal of met uithouders), waarvan aan de twee op de klep staande masten een stroomrail is opgehangen. Dit is een grote constructie, die bij opening aan de klepscharnierkant ruimte vergt (komt voor bij HTM en RET).



Figuur 23 De Blauwpoortsbrug medio 1960 - van beide richtingen gezien, brugconstructie met portalen



Figuur 24 De Kinkerbrug in Amsterdam, vergelijkbare bovenleidingconstructie met de Blauwpoortsbrug destijds – foto TransTec



Figuur 25 De brug in de IJtram boven de IJtunnel – Amsterdam - Foto's TransTec



Figuur 26 Berlagebrug Amsterdam - foto's TransTec

Criteria	gewicht	Geen rijdraad/aanloop	Geen rijdraad, voedingsalternatief	ononderbroken rijdraad	Constructie met gedeelde rijdraad
Kosten	1	3	1	3	2
Duurzaamheid	1	2	2	3	3
Gebruik-/ onderh.	1	0	1	2	2
Uiterlijk	1	3	3	2	1
Totaal		8 ²	7	10	8

De goedkoopste en meest praktische oplossing is een doorgaande rijdraad, die alvorens de brug te openen wordt weggenomen. Daardoor heeft regulier scheepvaartverkeer dat opening van de brug vraagt geen toegang tot de Blauwpoortsbrug. Elke andere constructie is duur in aanleg en vraagt relatief veel onderhoud.

Het Projectbureau Rijn Gouwe Lijn heeft in een overleg van 5 april 2006 aangegeven, een ongecompliceerde brugopening bij de Blauwpoortsbrug te willen behouden. Dat betekent dat er geen doorgaande rijdraad kan worden toegepast. Om wensen van een eenvoudige constructie te kunnen verwezenlijken, die het stadsschoon (en dan vooral het monumentale karakter van de Blauwpoortsbrug) zo min mogelijk aantasten, is de meest aangewezen oplossing de constructie zoals die bij de Amsterdamse Berlagebrug wordt toegepast. Zie foto's hierboven.

Voor de brug over het Rijn Schiekanaal bestaan er geen stedenbouwkundige beperkingen. Dat maakt de bovenleidinguitvoering makkelijker. Gezien de hellingen voor en na de brug, lijkt een bovenleidingloze oplossing met aanloop geen alternatief – er bestaat een kans op stranden. Meest aangewezen lijkt een constructie, zoals ook de hierboven getoonde IJtrambrug te Amsterdam heeft. Maar let wel, alle constructies in trambovenleidingen met een beweegbare brug kunnen slechts met beperkte snelheid gepasseerd worden.

Schakelen van de bovenleiding

Bij apart van elkaar gevoede rijdraden (of rijdraden waarbij in ieder geval de mogelijkheid daartoe bestaat), dient het schakelen van afstand (vanuit CVL oid) te kunnen plaats vinden. Daardoor kan snel op verstoringen worden ingesprongen. Inschakelen kan trouwens uit veiligheidsoverwegingen het beste ter plekke – en niet op afstand – plaats vinden.

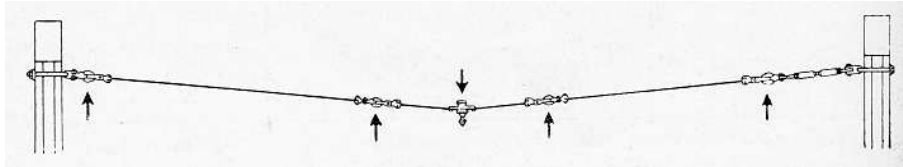
Bij uitval van de spanning door een te grote belasting of kortsluiting wordt door het onderstation na enige tijd gemeten of de situatie verbeterd is. Gedurende 4 a 5 seconden komt de spanning terug. Is er niets meer aan de hand dan wordt de voeding normaal hervat, anders valt hij weer af. Dit wordt enige keren herhaald bij een storingsmeting (doorgaans drie keer). Bij uitblijven van een goede meting, valt de spanning definitief af.

Zwerfstromen

Dit wordt onder gebracht bij Railinfra.

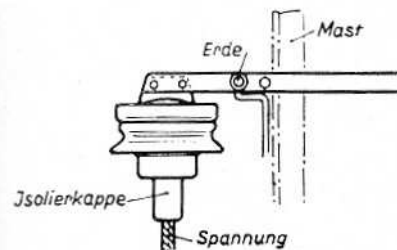
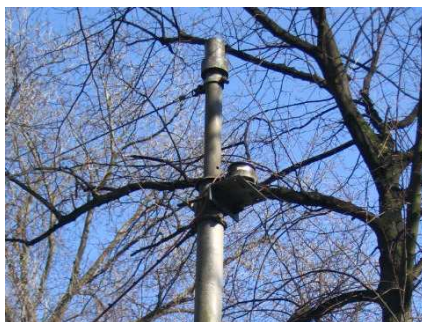
² Wegens onveiligheid echter geen zinnig alternatief

Figuur 27 Rijdraad, dubbel geïsoleerd, aan gevels opgehangen (isolatie in rijdraadklem en aan de gevel. Geluidsdemper aan de gevel).



Figuur 28 Drievoudig geïsoleerd opgehangen rijdraad (Isolatie in de rijdraadklem, in de spandraad en bij elke mast).

Op regelmatige afstand is er aan een paal een bliksemafleider aangebracht, volgens bijgaande foto.



Figuur 29 De bliksemafleider in de bovenleiding op de Churchill-laan te Amsterdam – foto TransTec.

De bovenleidingpalen hebben verschillende mogelijke uitvoeringsmogelijkheden:

- A. 'standaard' verjongende buispalen
- B. niet verjongende buispalen
- C. ronde betonnen palen
- D. H-profielen
- E. vakwerkmasten

De palen kunnen in een boorgat in de grond worden opgesteld, profiel- en vakwerkmasten kunnen worden gemonteerd op een betonblok.

Palen als A hebben een ruime toepassing, zijn goedkoop in aanschaf en makkelijk in onderhoud. Palen model B worden weinig toegepast, en worden in het algemeen in het straatbeeld als lomp ervaren. Stalen buispalen zijn aantrekkelijk voor aanplakken, maar ook makkelijk te reinigen. Model C kan heel sierlijk werken, mede omdat de palen vrij eenvoudig een bepaald uiterlijk kunnen krijgen (gietmal). Reinigen van beton is lastig. H-masten (model D) zijn goedkoop in aanschaf, maar vragen een aparte paalvoet, wat bij de vorige soorten niet noodzakelijk is. Deze palen verontreinigen makkelijk, en zijn moeilijk te reinigen.

Nog moeilijker te reinigen zijn masten conform E. Deze zijn tevens duur in onderhoud, omdat ze veel hoekjes en gaten hebben. Ze nodigen uit tot klimacties, en zijn makkelijk voor fietsloten. Ze ogen echter fraai. Buispalen conform A liggen het meest voor de hand.

Het is zeer wel mogelijk bovenleidingpalen en verlichtingsmasten te integreren.

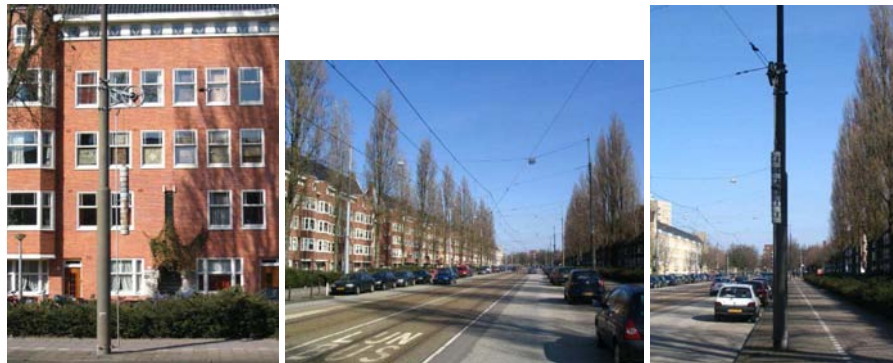


Figuur 30 Middenmast met verlichting – foto TransTec

De bovenleiding kan worden verdeeld in afspansecties (zie ook onder 'rijdraad'). Bij draagkabelophanging is dat vereist. Bij een vlakke bovenleiding is de eventuele versterkingsleiding in principe niet afgespannen. De afspanning kan met:

- gewichten
- veren:
 - mechanisch
 - gas
 - olie

Gewichten zijn op zich het meest eenvoudig. Deze gewichten kunnen met aangepaste bovenleidingpalen aan het oog worden onttrokken. Ten opzichte van andere oplossingen zijn gewichten ook het meest onderhoudsvriendelijk. In de binnenstad zijn veren waarschijnlijk aantrekkelijk, vanwege hun beperkte omvang. Mogelijk dat er dan vaker moet worden afgespannen, maar het enkelspoor en wissels, biedt daarvoor voldoende mogelijkheden; zonder dat er een visueel onaantrekkelijke situatie wordt gecreëerd.



Figuur 31 Bovenleidingafspanning met gewichten Amsterdam - foto TransTec



Figuur 32 Bovenleidingafspanning met veren te Amsterdam - foto TransTec

5.2.5. Vragen, opties en voorstel uit hoofdstuk 2.2.5

⇒ **Vragen:**

- Is het gewenst dat de CVL de bovenleiding op afstand kan (doen) schakelen?

⇒ **Opties:**

- Variaties met kettingophanging
- Variaties met paalopstelling
- Variaties met tunnelpassages
- Variaties met brugbovenleidingen
- Variaties met paalsoorten
- Variaties met afspansoorten
- Lagere minimaal mogelijke bovenleidinghoogte

⇒ **Voorstel:**

De bovenstaande bespreking per punt leidt tot het volgende voorstel voor de bovenleidingen van de RGL op het ON traject. In het voorstel zijn tevens punten genoemd die in het PvE moeten worden opgenomen

○ **Uitvoering en ophanging rijdraden:**

- Kettingophanging tussen ProRailaansluiting (ten oosten van A4) en Korevaarstraat en Leiden CS en eindpunt A44.
- Eenvoudige ophanging tussen Korevaarstraat en Leiden CS.
- Alle rijdraden, en de draagkabel, zijn met gewichten (eenzijdig geplaatst) of veren afgespannen
- De af te spannen secties hebben een lengte van 0,7 tot 1,2 kilometer
- De afspanning wordt in de binnenstad in principe verborgen (in de paal)
- Rijdraden per rijrichting nergens geïsoleerd.
- Bij voedingspunt (twee secties met scheiding) valt de scheiding samen met de afspanning, geen scheider in de rijdraad.
- De rijdraden hebben een doorsnede oppervlak van 100 a 120 mm².
- Eventuele draagkabels hebben een doorsnede oppervlak van circa 95 mm².
- Bij vlakke bovenleiding is de rijdraad steeds enkelvoudig, tussen deze rijdraden bevindt zich waar nodig en mogelijk een enkele of dubbele voedingsdraad.
- De rijdraad is zoveel mogelijk flexibel opgehangen, in de draad bevinden zich zo min mogelijk 'harde' punten
- De horizontale afwijking in de vorm van de zig-zag beweging van de rijdraad ten opzichte van de as van het spoor moet steeds tenminste 0,01 m per strekkende meter bedragen

- De maximale zijwaartse afwijking van de rijdraad ten opzichte van de railas bedraagt ongeveer 0,4 meter
- De verticale afwijking ten opzichte van het vlak waarin het spoor zich bevindt mag niet meer dan 0,01 m per strekkende meter bedragen
- De verticale afwijking ten opzichte van het vlak bij een overgang van het spoor naar een helling mag niet meer dan 0,005 m per strekkende meter bedragen
- **Weer en wind**
 - De ophanging van de rijdraad (ook in bogen) is zodanig dat deze tot een windsnelheid in de meest ongunstige richting van **PM** m/s niet naast het sleepstuk gedreven wordt
 - De bovenleidingen zijn bestand tegen een ijzelbelasting, zoals deze eens per **PM** jaar in de Leidse regio voor kan komen (meteorologische statistieken nagaan)
 - De bovenleidingen zijn bestand tegen een sneeuwdek van het meest ongunstige (lees zware) samenstelling, met een dikte zoals deze eens per **PM** jaar in de Leidse regio voor kan komen (meteorologische statistieken nagaan) [0,5 meter?]
 - De bovenleidingen zijn zodanig uitgevoerd dat ze zonder belemmeringen voor de exploitatie blijven functioneren binnen een range in temperatuur, gemeten op normale waarneemhoogte (1,5 meter) van -25°C tot +40°C.
- **Onderdoorgangen:**
 - De **afstand** tussen een blanke stroomvoerende **draad** en het **plafond** van een onderdoorgang waar de draad onderdoor loopt bedraagt 0,25 meter
 - De **onderdoorgang Lammenschans** krijgt een op 4,2 á 4,4 meter opgehangen rijdraad (viaduct verhogen of bodem verlagen), waarbij de kettingophanging wordt doorgetrokken; analoog aan onderdoorgangen in Leidschendam / Den Haag. Het dalen en klimmen der draden voldoet aan de eisen, wegkruisingen komen op voldoende afstand in relatie met de minimale hoogte.
 - De **onderdoorgang Leiden CS** krijgt een flexibel opgehangen constructie met ingeklemde rijdraad op 4,2 of 4,4 meter boven het spoor, en op 0,25 meter onder het plafond, vergelijkbaar met tram Amsterdam. De bovenleiding ter weerszijden is afgespannen op het viaduct of een constructie daar vlak voor.
- **Kabels langs het spoor:**
 - In de lengterichting van de baan bevinden zich geen voedingskabels.
 - In de lengterichting van de trambaan bevinden zich alleen in uitzonderlijke situaties kabels voor retourstroom.
- **Tussenscheiders:**
 - Ca. 100 meter ten noorden van wissel Korevaarstraat komt er een scheider in de rijdraden
 - Ca. 100 meter ten oosten van het wissel Stationsplein komt er een scheider in de rijdraden
 - Tussen het depot en het net bevindt zich een altijd geopende scheider
 - Het middenspoor A4 heeft een vaste open en een bedienbare dichte scheider
 - De beide uitloopsporen bij eindpunt A44 hebben een bedienbare dichte scheider
 - Scheiders (zowel nooduitschakelaars als scheiders bij onderstations) dienen op de baanvakken tussen haltes geïntegreerd te zijn met afspanningen – en dus geen isolator in de rijdraad te hebben
 - Scheiders op andere plaatsen (depot, uitloopsporen bij eindpunten) hebben wel een isolator in de rijdraad

- **De bovenleidingpalen komen tussen de sporen**, met uitzondering van:
 - Waar nodig bij bogen, waar de palen aan de buitenzijde geplaatst kunnen worden (trek-constructie)
 - Daar waar de ruimte beter benut wordt als de palen ter weerszijde van de tram- of de rijbaan staan
 - Daar waar zichtomstandigheden verhinderen de palen tussen de sporen te plaatsen
 - Daar waar gevels als alternatief kunnen dienen
 - Daar waar kostenvoordelen te behalen zijn, bij de bouw van de trambaan (palen opzij, met tweespoor overspanning)
 - Daar waar de bovenleiding aan het plafond van een tunnel, viaduct of onderdoorgang kan worden opgehangen
- De **bovenleidingmasten** zijn verjongende stalen palen, eventueel van een speciale RGL-uitvoering (kleur). Aan de palen hangen spandraden of uithouders van het meest eenvoudige (functionele) model
- De **spandraden** die met een **muurrozet** aan een gevel hangen, zijn voorzien van een geluidsisolator en een dubbele isolatie in de draad – naast de geïsoleerde rijdraadklem.
- De **brug over het Rijn Schie Kanaal** krijgt een bovenleidingconstructie met een rijdraad, gemonteerd aan middenmasten met uithouder. In het kanaal liggen zinkkabels voor tractiestroom en retourstroom (de brug is geen scheider)
- De **Blauwpoortsbrug** krijgt een bovenleiding:
 - conform de Berlagebrug in Amsterdam; op de landhoofden en voorzijde klep geplaatste masten, die door middel van een web van lichte spandraden de aansluitconstructie tussen de bovenleidingdelen (schaatsen) dragen. De rijdraad op de klep wordt automatisch afgeschakeld en geaard, de draad is zo dun mogelijk.
 - In het water liggen zinkkabels voor tractie- en retourstroom (de brug is geen scheider)
- De **maximale hoogte** van de **bovenleiding** is 5,75 meter
- De **reguliere bovenleidinghoogte** bedraagt 5,5 meter
- De **minimale hoogte** van de **bovenleiding** is:
 - 4,5 meter ingeval van kruisingen waar vrachtverkeer gebruik van kan maken
 - 4,4 meter ingeval van onderdoorgangen onder infrastructuur, ook daar waar bussen rijden (afwijking PvE)
 - 4,2 meter in uitzonderlijke gevallen, waar het creëren van een grotere hoogte grote infrastructurele of financiële gevolgen heeft
- **Voeding, terugvoeding/recuperatie**
 - De bovenleidingspanning bedraagt 688 V (bovenste aftakking industrietrafo). De recuperatiespanning van het materieel moet tussen 760 en 800 V bedragen
 - Per sectie is de mogelijke afnamecapaciteit tenminste 8000 Ampère. Voor het depot moet de waarde apart worden bepaald, waarbij rekening gehouden wordt met vijf optrekkende koppelstellen, en een ingeschakelde rijtuigverwarming van vijftig wagens, bij een temperatuur van -20°C
 - Het net wordt geoptimaliseerd om maximaal rendement te halen uit te recupereren remstroom
 - Het net wordt ingedeeld in vijf bovenleidingsecties, en een depotsectie. Onderstations te plaatsen in:
 - Leeuwenhoek
 - Stationsplein Leiden
 - Zoeterwoudsesingel
 - Lammenschanspark
 - Depot

Elk onderstation is dubbel uitgevoerd, elke sectie wordt tweezijdig gevoed, de bovenleidingscheiding (via afspanning) ligt bij elk onderstation

- Uit milieuoverwegingen kan overwogen worden in elk onderstation een vliegwiel van voldoende capaciteit voor het opslaan van overtollige recuperatiestroom te plaatsen

5.2.6. *Het voorgestelde bovenleidingbeeld*
 Zie de tekening bij de aanhef van dit hoofdstuk.

5.3. Eisen aan het materieel

Bij het ontwerpen van de tractievoeding en het bovenleidingnet, zal er een aantal voorwaarden ontstaan waaraan het materieel moet voldoen, alsmede eisen waar het materieel in haar prestaties binnen zal moeten blijven. Dit om latere (kostbare) aanpassingen te voorkomen.

Deze eisen zijn in dit verband verbonden aan:

- Piekbelasting bij acceleratie (solo rijdend, en als gekoppeld stel) op baanvak ON en W
 - Waarde = **PM** (bij vergelijkbaar materieel is dat [bij 600 V] circa 1200 Ampère, bij RGL 750 Volt [dan ca 1000A?], koppelstel 2000 A)
- Terug te voeden bij het remmen opgewekte stroom op baanvak ON en W (aan maximum en minimum binden)
 - Waarde = **PM** Volt (de spanning kan soms oplopen tot meer dan 1000 Volt) / voorstel 780/800 V
- Terug te voeden energie koppelen aan minimaal gemeten voltage op bovenleiding op baanvak ON en W
 - Bijvoorbeeld alleen terugvoeden als er tenminste 600 Volt wordt gemeten
- Uitvoering pantograaf
 - Plaats op het dak ten opzichte van wiel- of draaistellen
 - Nader te bepalen, echter zo dicht mogelijk bij een draaipunt (minste afwijking tov railas)
 - Breedte van het sleepstuk/het schuitje
 - ProRail: 1900 – 1950 mm UIC 608 OVERNEMEN!
 - Afstand tussen sleepstukken binnen een schuitje
 - Maximale uitslag pantograaf
 - ProRail: 100 mm OVERNEMEN!
 - Hoogtebereik
 - ProRail 4.800 tot 5.750 mm (bij RGL laagste stand 4,4 m toestaan, in depot mogelijk lager; hoogste stand OVERNEMEN!).
 - Stuit
 - ProRail: 5.860 mm OVERNEMEN!
 - Materiaal sleepstuk
 - ProRail: Gemetalliseerde koolstof UIC 608 OVERNEMEN!
 - Profiel Schuitje
 - ProRail: conform Euro/NS UIC 608 OVERNEMEN !
 - Maximale opdruk
 - ProRail: 100 mm OVERNEMEN!
 - Minimale opdrukkraft
 - ProRail: F opdruk = F gem - 3σ = 40 N OVERNEMEN!
 - Maximale opdrukkraft
 - **PM**

6. Opsomming van de Randvoorwaarden Bovenleiding

6.1. Functie tractievoorzieningen

- ⇒ Voorstel:
 - Bovenleidingsysteem

6.2. Principe tractievoorzieningen

6.2.1. Tractiespanning

- ⇒ Opties:
 - Waarde bovenleidingspanning
 - Waarde recuperatiestroom
 - Te leveren vermogen
- ⇒ Voorstel:
 - Bovenleidingspanning: 680 V
 - Variatieruimte: -20 - +30% in voltage
 - Maximale langdurige piek: +20%
 - Leegloopspanning: + 10 a 15%

6.2.2. Voedingsmogelijkheden

- ⇒ Optie:
 - Elke 2 á 2,5 kilometer een onderstation, korte kabels, doorgesloten net
- ⇒ Voorstel:
 - De voorgestelde optie sluit aan bij de hedendaagse praktijk bij stads- en sneltramlijnen. In paragraaf wordt dit principe verder uitgewerkt.

6.2.3. Moderne voeding

- ⇒ Vragen:
 - Hoe hard is de eis van elektrisch gescheiden rijdraden? Dit in relatie met het geschetste (voordelige) onderstationprincipe
- ⇒ Opties:
 - Onderstations met een of twee transformator/gelijkrichtercombinaties uitvoeren
 - Extra capaciteit in de onderstations voor overname aangrenzende onderstations bij defecten of onderhoud
- ⇒ Voorstel:

Plaatsen van onderstations zo dicht mogelijk bij tramlijn, plaatsing circa elke 2,5 km. Voeding per unit geschikt voor ten minste 4000 A. In elk onderstation staan twee units, elke sectie wordt tweezijdig gevoed, een sectie omvat samen beide sporen.

6.2.4. Inrichting onderstations

- ⇒ Opties:
 - Onderstations dubbel uitvoeren
 - Onderstations enkel uitvoeren
 - Vliegwielininstallatie in de – of enkele - onderstations plaatsen
- ⇒ Voorstel:

Kleine onderstations langs de lijn, elk onderstation dubbel uitvoeren, eventueel vlieg wiel in onderstations Lammenschans en Leeuwenhoek.

6.2.5. Bovenleidingen

Ten opzichte van elkaar isoleren van de opgaande en teruggaande rijdraad

- ⇒ Vragen:
 - Waarop is de behoefte om beide richtingen elektrisch te scheiden gebaseerd?
 - Moet hier steeds aan worden vastgehouden?
- ⇒ Opties:
 - Scheiden
 - Koppelen
- ⇒ Voorstel:
 - Beide sporen tussen in ieder geval Lammenschans en de A44 niet scheiden. Tussen Lammenschans en de A4 is het mogelijk om de rijdraden scheidbaar te maken, om ingeval van calamiteiten enkelspoor (pendel?)bedrijf mogelijk te maken.

Bovenleidingen op de baan, bij bruggen en bij onderdoorgangen

- ⇒ Vragen:
 - Is het gewenst dat de CVL de bovenleiding op afstand kan (doen) schakelen?
- ⇒ Opties:
 - Variaties met kettingophanging
 - Variaties met paalopstelling
 - Variaties met tunnelpassages
 - Variaties met brugbovenleidingen
 - Variaties met paalsoorten
 - Variaties met afspansoorten
 - Lagere minimaal mogelijke bovenleidinghoogte
- ⇒ Voorstel:

De bovenstaande bespreking per punt leidt tot het volgende voorstel voor de bovenleidingen van de RGL op het ON traject. In het voorstel zijn tevens punten genoemd die in het PvE moeten worden opgenomen

 - Uitvoering en ophanging rijdraden:
 - Kettingophanging tussen ProRailaansluiting (ten oosten van A4) en Korevaarstraat en Leiden CS en eindpunt A44.
 - Eenvoudige ophanging tussen Korevaarstraat en Leiden CS.
 - Alle rijdraden, en de draagkabel, zijn met gewichten (eenzijdig geplaatst) of veren afgespannen
 - De af te spannen secties hebben een lengte van 0,7 tot 1,2 kilometer#
 - De afspanning wordt in de binnenstad in principe verborgen (in de paal)
 - Rijdraden per rijrichting nergens geïsoleerd.
 - Bij voedingspunt (twee secties met scheiding) valt de scheiding samen met de afspanning, geen scheider in de rijdraad.
 - De rijdraden hebben een doorsnede oppervlak van 100 a 120 mm².
 - Eventuele draagkabels hebben een doorsnede oppervlak van circa 95 mm².
 - Bij vlakke bovenleiding is de rijdraad steeds enkelvoudig, tussen deze rijdraden bevindt zich waar nodig en mogelijk een enkele of dubbele voedingsdraad.
 - De rijdraad is zoveel mogelijk flexibel opgehangen, in de draad bevinden zich zo min mogelijk 'harde' punten
 - De horizontale afwijking in de vorm van de zig-zag beweging van de rijdraad ten opzichte van de as van het spoor moet steeds tenminste 0,01 m per strekkende meter bedragen
 - De maximale zijwaartse afwijking van de rijdraad ten opzichte van de railas bedraagt ongeveer 0,4 meter

- De verticale afwijking ten opzichte van het vlak waarin het spoor zich bevindt mag niet meer dan 0,01 m per strekkende meter bedragen
- De verticale afwijking ten opzichte van het vlakke bij een overgang van het spoor naar een helling mag niet meer dan 0,005 m per strekkende meter bedragen
- Weer en wind
 - De ophanging van de rijdraad (ook in bogen) is zodanig dat deze tot een windsnelheid in de meest ongunstige richting van **PM** m/s niet naast het sleepstuk gedreven wordt
 - De bovenleidingen zijn bestand tegen een ijzelbelasting, zoals deze eens per **PM** jaar in de Leidse regio voor kan komen (meteorologische statistieken nagaan)
 - De bovenleidingen zijn bestand tegen een sneeuwdek van het meest ongunstige (lees zware) samenstelling, met een dikte zoals deze eens per **PM** jaar in de Leidse regio voor kan komen (meteorologische statistieken nagaan) [0,5 meter?]
 - De bovenleidingen zijn zodanig uitgevoerd dat ze zonder belemmeringen voor de exploitatie blijven functioneren binnen een range in temperatuur, gemeten op normale waarneemhoogte (1,5 meter) van -25°C tot +40°C.
- Onderdoorgangen:
 - De **afstand** tussen een blanke stroomvoerende **draad** en het **plafond** van een onderdoorgang waar de draad onderdoor loopt bedraagt 0,25 meter
 - De **onderdoorgang Lammenschans** krijgt een op 4,2 á 4,4 meter opgehangen rijdraad (viaduct verhogen of bodem verlagen), waarbij de kettingophanging wordt doorgetrokken; analoog aan onderdoorgangen in Leidschendam / Den Haag. Het dalen en klimmen der draden voldoet aan de eisen, wegkruisingen komen op voldoende afstand in relatie met de minimale hoogte.
 - De **onderdoorgang Leiden CS** krijgt een flexibel opgehangen constructie met ingeklemde rijdraad op 4,2 of 4,4 meter boven het spoor, en op 0,25 meter onder het plafond, vergelijkbaar met tram Amsterdam. De bovenleiding ter weerszijden is afgespannen op het viaduct of een constructie daar vlak voor.
- Kabels langs het spoor:
 - In de lengterichting van de baan bevinden zich geen voedingskabels.
 - In de lengterichting van de trambaan bevinden zich alleen in uitzonderlijke situaties kabels voor retourstroom.
- Tussenscheiders:
 - Ca. 100 meter ten noorden van wissel Korevaarstraat komt er een scheider in de rijdraden
 - Ca. 100 meter ten oosten van het wissel Stationsplein komt er een scheider in de rijdraden
 - Tussen het depot en het net bevindt zich een altijd geopende scheider
 - Het middenspoor A4 heeft een vaste open en een bedienbare dichte scheider
 - De beide uitloopsporen bij eindpunt A44 hebben een bedienbare dichte scheider
 - Scheiders (zowel nooduitschakelaars als scheiders bij onderstations) dienen op de baanvakken tussen haltes geïntegreerd te zijn met afspanningen – en dus geen isolator in de rijdraad te hebben
 - Scheiders op andere plaatsen (depot, uitloopsporen bij eindpunten) hebben wel een isolator in de rijdraad

- **De bovenleidingpalen komen tussen de sporen**, met uitzondering van:
 - Waar nodig bij bogen, waar de palen aan de buitenzijde geplaatst kunnen worden (trek-constructie)
 - Daar waar de ruimte beter benut wordt als de palen ter weerszijde van de tram- of de rijbaan staan
 - Daar waar zichtomstandigheden verhinderen de palen tussen de sporen te plaatsen
 - Daar waar gevels als alternatief kunnen dienen
 - Daar waar kostenvoordelen te behalen zijn, bij de bouw van de trambaan (palen opzij, met tweespoor overspanning)
 - Daar waar de bovenleiding aan het plafond van een tunnel, viaduct of onderdoorgang kan worden opgehangen
- De **bovenleidingmasten** zijn verjongende stalen palen, eventueel van een speciale RGL-uitvoering (kleur). Aan de palen hangen spandraden of uithouders van het meest eenvoudige (functionele) model
- De **spandraden** die met een **muurrozet** aan een gevel hangen, zijn voorzien van een geluidsisolator en een dubbele isolatie in de draad – naast de geïsoleerde rijdraadklem.
- De **brug over het Rijn Schie Kanaal** krijgt een bovenleidingconstructie met een rijdraad, gemonteerd aan middenmasten met uithouder. In het kanaal liggen zinkkabels voor tractiestroom en retourstroom (de brug is geen scheider)
- De **Blauwpoortsbrug** krijgt een bovenleiding:
 - conform de Berlagebrug in Amsterdam; op de landhoofden en voorzijde klep geplaatste masten, die door middel van een web van lichte spandraden de aansluitconstructie tussen de bovenleidingdelen (schaatsen) dragen. De rijdraad op de klep wordt automatisch afgeschakeld en geaard, de draad is zo dun mogelijk.
 - In het water liggen zinkkabels voor tractie- en retourstroom (de brug is geen scheider)
- De **maximale hoogte** van de **bovenleiding** is 5,75 meter
- De **reguliere bovenleidinghoogte** bedraagt 5,5 meter
- De **minimale hoogte** van de **bovenleiding** is:
 - 4,5 meter ingeval van kruisingen waar vrachtverkeer gebruik van kan maken
 - 4,4 meter ingeval van onderdoorgangen onder infrastructuur, ook daar waar bussen rijden (afwijking PvE)
 - 4,2 meter in uitzonderlijke gevallen, waar het creëren van een grotere hoogte grote infrastructurele of financiële gevolgen heeft
- **Voeding, terugvoeding/recuperatie**
 - De bovenleidingspanning bedraagt 688 V (bovenste aftakking industrietrafo). De recuperatiespanning van het materieel moet tussen 760 en 800 V bedragen
 - Per sectie is de mogelijke afnamecapaciteit tenminste 8000 Ampère. Voor het depot moet de waarde apart worden bepaald, waarbij rekening gehouden wordt met vijf optrekkende koppelstellen, en een ingeschakelde rijtuigverwarming van vijftig wagens, bij een temperatuur van -20°C
 - Het net wordt geoptimaliseerd om maximaal rendement te halen uit te recupereren remstroom
 - Het net wordt ingedeeld in vijf bovenleidingsecties, en een depotsectie. Onderstations te plaatsen in:
 - Leeuwenhoek
 - Stationsplein Leiden
 - Zoeterwoudsesingel
 - Lammenschanspark
 - Depot

Elk onderstation is dubbel uitgevoerd, elke sectie wordt tweezijdig gevoed, de bovenleidingscheiding (via afspanning) ligt bij elk onderstation

- Uit milieuoverwegingen kan overwogen worden in elk onderstation een vliegwiel van voldoende capaciteit voor het opslaan van overtollige recuperatiestroom te plaatsen

6.3. Opsomming van de bovenleidinggerelateerde eisen aan het materieel

Deze eisen zijn in dit verband verbonden aan:

- Piekbelasting bij acceleratie (solo rijdend, en als gekoppeld stel) op baanvak ON en W
 - Waarde = **PM** (bij vergelijkbaar materieel is dat [bij 600 V] circa 1200 Ampère, bij RGL 750 Volt [dan ca 1000A?], koppelstel 2000 A)
- Terug te voeden bij het remmen opgewekte stroom (aan maximum en minimum binden) op baanvak ON en W
 - Waarde = **PM** (de spanning kan soms oplopen tot meer dan 1000 Volt)
- Terug te voeden energie koppelen aan minimaal gemeten voltage op bovenleiding op baanvak ON en W
 - Bijvoorbeeld alleen terugvoeden als er tenminste 600 Volt wordt gemeten
- Uitvoering pantograaf
 - Plaats op het dak ten opzichte van wiel- of draaistellen
 - Nader te bepalen, echter zo dicht mogelijk bij een draaipunt (minste afwijking tov railas)
 - Breedte van het sleepstuk/het schuitje
 - ProRail: 1900 – 1950 mm UIC 608 OVERNEMEN!
 - Afstand tussen sleepstukken binnen een schuitje
 - Maximale uitslag pantograaf
 - ProRail: 100 mm OVERNEMEN!
 - Hoogtebereik
 - ProRail 4.800 tot 5.750 mm (bij RGL laagste stand 4,4 m toestaan, in depot mogelijk lager; hoogste stand OVERNEMEN!).
 - Stuit
 - ProRail: 5.860 mm OVERNEMEN!
 - Materiaal sleepstuk
 - ProRail: Gemetalliseerde koolstof UIC 608 OVERNEMEN!
 - Profiel Schuitje
 - ProRail: conform Euro/NS UIC 608 OVERNEMEN !
 - Maximale opdruk
 - ProRail: 100 mm OVERNEMEN!
 - Minimale opdrukkracht
 - ProRail: $F_{\text{opdruk}} = F_{\text{gem}} - 3\sigma = 40 \text{ N}$ OVERNEMEN!
 - Maximale opdrukkracht
 - **PM**

Bijlage I

Verzameldocument PvE RGL in relatie tot de sporen

SM.04.02.014 (D.04.001) Boogstraal voertuig

De minimale bocht die de voertuigen kunnen doorlopen heeft een boogstraal van 25 m.

SM.04.02.015 (D.04.002) Aslast

De aslast bedraagt maximaal 55 kN.

1 Wetten, normen, voorschriften en richtlijnen

HI.01.001 Toetsingskader ecologie Leiden

Op de RijnGouweLijn is het Ecologisch toetsingskader van der gemeente Leiden van toepassing.

HI.01.002 Toetsingskader oppervlaktewater

Op de RijnGouweLijn is de Watertoets van toepassing.

HI.01.003 Toetsingskader bomen Leiden

Op de RijnGouweLijn is de Bomenverordening van Leiden van toepassing

HI.01.004 Duurzaam bouwen op RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

Op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor is het Regionaal duurzaam bouwen 'Plus' pakket Leidse regio van 7 mei 2003 van toepassing.

HI.01.005 Toetsingskader Duurzaam Bouwen RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

Op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor is de Checklist Duurzaam Bouwen GWW van het Regionaal DuBo Plus Pakket Leidse Regio van toepassing.

HI.01.006 Werken bij bomen op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

Op de RijnGouweLijn Oost is het document 'Randvoorwaarden voor het werken bij bomen' van toepassing.

HI.01.007 (D.08.005) Arbeidsomstandigheden personeel in relatie tot infrastructuur

De infrastructuur (inclusief alle gebouwen) bieden het personeel goede arbeidsomstandigheden, die aantoonbaar aan de wet- en regelgeving voldoen.

2 Generieke infrastructuureisen

2.1 Baan

HI.02.01.001 (B.04.001) Bestaande infrastructuur

De RijnGouweLijn maakt zoveel mogelijk gebruik van reeds bestaande infrastructuur.

HI.02.01.002 (B.04.004) Aantal sporen

Op het W- en ON-traject bestaat de baan uit twee sporen. Op het OB-traject bestaat de baan zoveel mogelijk uit twee sporen.

HI.02.01.003 (B.04.005) Ligging baan

De baan bestaat zoveel mogelijk uit een *vrije baan*.

HI.02.01.004 (B.04.006) Ligging baan

De baan ligt zoveel mogelijk op maaiveldniveau.

2.2 Tractie- en energiesystemen

HI.02.02.002 (B.04.013) Bovenleiding

De voertuigen worden van elektrische energie voorzien middels een bovenleiding.

2.3 Beheersing- en beveiligingssystemen

HI.02.03.001 (B.04.008) Beveiliging baan

De baan is beveiligd.

3 Aspecteisen

3.2 Veiligheid

HI.03.02.001 (B.04.009) Bereikbaarheid baan

De baan is goed bereikbaar voor nood- en hulpdiensten.

HI.03.02.002 (B.04.010) Beveiliging kruisingen

De gelijkvloerse *kruisingen* van de vrije baan van de RijnGouweLijn zijn geregeld of beveiligd. Bij *oversteken* kunnen andere maatregelen voldoende zijn om de doorstroming en de veiligheid te waarborgen.

HI.03.02.003 Veiligheid infrastructuur

De infrastructuur van de RijnGouweLijn dient bij te dragen aan de veiligheid voor reizigers, personeel en de omgeving van de lijn.

3.3 Omgeving

HI.03.03.003 (B.04.021) Bereikbaarheid perrons

De perrons zijn goed bereikbaar vanuit hun omgeving en vice versa.

HI.03.03.004 Oversteekbaarheid RijnGouweLijn

De RijnGouweLijn dient goed oversteekbaar te zijn voor alle vormen van verkeer.

HI.03.03.005 Oversteekbaarheid ter plaatse van haltes

In voetgangersgebieden dient de RijnGouweLijn ter plaatse van perrons goed oversteekbaar te zijn.

HI.03.03.006 Parkeervoorzieningen langs de RijnGouweLijn

Parkeervoorzieningen langs de RijnGouweLijn mogen niet via de baan van de Rijn-GouweLijn worden ontsloten.

HI.03.03.008 Verstoring planten en dieren

Verstoring van planten en dieren dient zoveel mogelijk voorkomen te worden.

HI.03.03.009 Compensatie verstoring planten en dieren

Voor eventuele verstoring van planten en dieren dient compensatie gezocht te worden.

HI.03.03.014 Routes hulpdiensten

Bestaande routes voor hulpdiensten dienen gehandhaafd te worden. Eventuele aanpassing van routes dienen in samenspraak met de betreffende hulpdiensten gerealiseerd te worden.

HI.03.03.015 (B.07.005) Natuurwaarden en cultuurhistorische waarden

De infrastructuur is zo gesitueerd dat er zo min mogelijk natuurwaarden en cultuurhistorische waarden verloren gaan.

HI.03.03.016 Stedenbouwkundige inpassing infrastructuur

De nieuwe infrastructuur van de RijnGouweLijn dient goed ingepast te worden in de omgeving waarin ze wordt gerealiseerd.

HI.03.03.017 (E.11.001) Herkenbaarheid infrastructuur

De infrastructuur van de RijnGouweLijn heeft een grote mate van herkenbaarheid, maar domineert zijn omgeving niet.

HI.03.03.018 (E.11.002) Uitstraling infrastructuur

De infrastructuur van de RijnGouweLijn heeft een eenduidige uitstraling, die past binnen de verschillende stedenbouwkundige omgevingen waarin zij zich bevindt.

HI.03.03.019 Duurzaam bouwen

De infrastructuur wordt gerealiseerd volgens het principe Duurzaam Bouwen

HI.03.03.020 (E.11.005) Elektromagnetische beïnvloeding

De RijnGouweLijn verstoort het veilig en betrouwbaar werken van systemen van derden niet.

HI.03.03.021 Omgang met waardevolle groenvoorzieningen

Waardevolle groenvoorzieningen langs het tracé dienen bij het ontwerp van de RGL zoveel mogelijk te worden gerespecteerd en waar mogelijk te worden versterkt.

HI.03.03.022 Handhaven bestaande fietsroutes

Bestaande fietsroutes dienen gehandhaafd te worden.

HI.03.03.023 Fysieke scheiding fietspaden – overig verkeer

Fietspaden dienen zoveel mogelijk fysiek gescheiden te zijn van overig verkeer.

HI.03.03.024 Breestraat als hoofdfietsroute

De Breestraat dient als hoofdfietsroute te kunnen blijven fungeren na de komst van de RijnGouweLijn.

3.4 Toekomstwaarde

HI.03.04.001 (E.12.001) Levenscycluskosten

De infrastructuur wordt ontwikkeld op basis van minimalisatie van de levenscycluskosten.

HI.03.04.002 (E.12.002) Technische levensduur

De onderdelen van de infrastructuur hebben een voor dat onderdeel gangbare levensduur.

3.5 Realisatie

HI.03.05.001 (E.13.001) Realisatieplan infrastructuur

Bij de aanleg van de infrastructuur wordt gebruik gemaakt van een *realisatie* plan. Het *realisatie* plan draagt er zorg voor dat aan de eisen kan worden voldaan die worden gesteld aan de *realisatie**.

HI.03.05.002 (E.13.002) Verstoring exploitatie

Tijdens de *realisatie* van de infrastructuur wordt het *heavyrail* vervoer zo min mogelijk verstoord.

HI.03.05.003 (E.13.003) Afstemming met omliggende infrastructuur

Het ontwerp van de infrastructuur sluit aan op de omliggende infrastructuur zoals deze er ten tijde van de aanleg uit zal zien, voorzover voorzienbaar tijdens het ontwerp.

3.6 Beheer

HI.03.06.003 (E.14.001) Onderhoudbaarheid infrastructuur

De infrastructuur is goed en goedkoop schoon te maken en onderdelen zijn eenvoudig te verkrijgen en te vervangen.

HI.03.06.004 (E.14.002) Beheerplan infrastructuur

Bij het *beheer* van de infrastructuur wordt gebruik gemaakt van een *beheerplan*. Het *beheerplan* draagt er zorg voor dat aan de eisen kan worden voldaan die worden gesteld aan het *beheer**.

HI.03.06.005 (E.14.003) Bereikbaarheid infrastructuur voor beheerpersoneel

De infrastructuur is goed toegankelijk voor personeel belast met inspectie en onderhoud.

HI.03.06.006 (E.14.004) Bereikbaarheid infrastructuur voor onderhoudsmaterieel

De infrastructuur is goed toegankelijk voor onderhoudsmaterieel.

HI.03.06.007 (E.14.005) Onderhoudsmaterieel

De RijnGouweLijn beschikt over onderhoudsmaterieel.

4 Raakvlakeisen

4.1 Raakvlak infrastructuur – materieel

HI.04.01.001 (B.04.007) Profiel van vrije ruimte

Het *profiel van vrije ruimte* (PVR) wordt op het W- en ON-traject bepaald door het materieel van de RijnGouweLijn (hier is van toepassing het profiel van vrije ruimten voor Lightrail: zie bijlage 2).

HI.04.01.002 Optrekken voertuigen vanuit stilstand

Voertuigen van de RijnGouweLijn dienen op elke locatie op het traject vanuit stilstand probleemloos op te kunnen trekken.

HI.04.01.003 Elementen beheersing- en beveiligingssysteem

Het beheersing- en beveiligingssysteem dient te bestaan uit een deel in de infrastructuur en een deel in de voertuigen.

HI.04.01.004 (E.11.003) Geluid rijdend voertuig

Op het ON- en W-traject produceert de RijnGouweLijn niet meer geluid dan (snel)tramsystemen in vergelijkbare situaties. (Ter informatie: Op het OB-traject geldt het Besluit geluidhinder spoorwegen.)

HI.04.01.005 (E.11.004) Trillingen rijdend voertuig

Op het ON- en W-traject produceert de RijnGouweLijn niet meer trillingen dan (snel)tramsystemen in vergelijkbare situaties. Op het OB-traject produceert de Rijn-GouweLijn niet meer trillingen dan de *heavyrail*.

D D Systeemeisen infrastructuur

1 Wetten, normen, voorschriften en richtlijnen

Hieronder wordt ter informatie de belangrijkste wet- en regelgeving genoemd die op de infrastructuur van toepassing is

SI.01.001 (E.01.001) Duurzaam Veilig

Het Convenant Startprogramma Duurzaam Veilig Verkeer uit 1997 en de uitwerking hiervan geven ontwerprichtlijnen voor het ontwerpen van veilige verkeerssituaties. Bij het ontwerp van de RijnGouweLijn zijn deze richtlijnen toegepast.

2 Generieke infrastructuureisen

2.1 Baan

SI.02.01.002 (E.02.002) Samengebruik met wegverkeer

Op een deel van het ON-traject wordt de baan mede gebruikt door wegverkeer. Gebruik van de baan door fietsers wordt zoveel mogelijk vermeden.

SI.02.01.003 (E.02.003) Ligging baan

De exacte ligging van de baan is zoals vastgelegd in [n.t.b.].

SI.02.01.005 (E.02.005) Ontwerpsnelheid ON- en W-traject

De ontwerpsnelheid is op de gedeelten van het ON- en W-traject met vrije baan buiten de bebouwde kom 70 km/uur. Dit geldt in ieder geval voor het traject Leiden Lammenschans – Leiden Transferium A4

SI.02.01.006 (E.02.006) Ontwerpsnelheid ON- en W-traject

De ontwerpsnelheid is op de gedeelten van het ON- en W-traject zonder vrije baan of binnen de bebouwde kom 50 km/h.

SI.02.01.007 (E.02.007) Zijdelingse versnelling

De zijdelingse versnelling bedraagt maximaal 0,65 m/s².

SI.02.01.008 (E.02.008) Verticale versnelling

De verticale versnelling bedraagt in een holle boog maximaal 0,252 m/s².

SI.02.01.009 (E.02.009) Verticale versnelling

De verticale versnelling bedraagt in een bolle boog maximaal 0,189 m/s².

SI.02.01.010 (E.02.010) Combinatie bogen

De combinatie van een horizontale en een verticale boog is zoveel mogelijk vermeden.

SI.02.01.011 (E.02.011) Verkanting

De baan heeft een verkanting van maximaal 150 mm.

SI.02.01.012 (E.02.012) Helling baan

De baan voor de RijnGouweLijn heeft een helling van maximaal 4,5 %.

SI.02.01.013 (E.02.013) Spoorwijdte

De spoorwijdte bedraagt in rechtstanden 1435 mm.

SI.02.01.014 (E.02.014) Spoorafstand

De onderlinge h.o.h.-afstand tussen twee parallelle sporen bedraagt minimaal 3,20 m.

SI.02.01.016 (E.02.016) Baanconstructie ON- en W-traject

Op het ON- en W-traject zijn de gedeelten met een *vrije baan* binnen de bebouwde kom voorzien van een grasbaanconstructie en buiten de bebouwde kom van een ballastbed.

SI.02.01.017 (E.02.017) Baanconstructie ON- en W-traject

Op het ON- en W-traject hebben de gedeelten zonder *vrije baan* een verharding die past bij de omliggende verharding, maar er zich wel van onderscheidt*.

SI.02.01.018 (E.02.018) Kruisingen bij haltes

Bij de gedeelten met een *vrije baan* ligt er bij elke halte een gelijkvloerse of ongelijkvloerse *kruising*.

SI.02.01.019 (E.02.019) Kruisingen tussen haltes

Bij de gedeelten met een *vrije baan* op het ON- en W-traject ligt er maximaal één gelijkvloerse *kruising* tussen twee haltes (exclusief de *kruising* direct bij de haltes).

SI.02.01.020 (E.02.020) Inrichting kruisingen

Gelijkvloerse *kruisingen* zijn zo ingericht dat duidelijk blijkt dat het railverkeer het doorgaand verkeer is.

SI.02.01.021 (E.02.021) Inrichting kruisingen

Gelijkvloerse *kruisingen* zijn zo ingericht dat wachtend verkeer op de baan wordt voorkomen.

SI.02.01.022 (E.02.022) Kruisingshoek

Op het ON- en W-traject zijn de *kruisingen* zoveel mogelijk haaks en zijn er geen *kruisingen* met een hoek van minder dan [n.t.b.] of meer dan [n.t.b.].

SI.02.01.024 (E.02.024) Beveiliging kruisingen

De beveiligde *kruisingen* op het ON- en W-traject zijn beveiligd middels [n.t.b.].

SI.02.01.025 (E.02.025) Verlichting kruisingen

De *kruisingen* zijn verlicht.

SI.02.01.026 (E.02.026) Wissels en verticale bogen

Waar de baan in een verticale boog ligt, bevinden zich geen wissels.

SI.02.01.027 (E.02.027) Kruisingen en verticale bogen

Waar de baan in een verticale boog ligt, bevinden zich geen gelijkvloerse *kruisingen*.

SI.02.01.028 (E.02.028) Splitsing Katwijk

Bij de splitsing in Katwijk is het mogelijk uit de richting van Noordwijk in de richting van Katwijk te rijden en vice versa.

SI.02.01.029 (E.02.030) Berijden wissels

De wissels zijn bij het berijden in doorgaande richting niet beperkend voor de snelheid, de versnelling en de remvertraging van de voertuigen.

SI.02.01.030 (E.02.031) Asverspringingen

Asverspringingen zijn zoveel mogelijk vermeden.

SI.02.01.032 (E.02.033) Afscherming baan

De gedeelten van het traject met een *vrije baan* zijn afgeschermd.

SI.02.01.033 (E.02.034) Ontsporingsbeveiliging

De delen van het ON- en W-traject parallel aan open water (binnen 10 m) zijn voorzien van een beveiliging tegen ontsporingen.

2.2 Tractie-energievoorziening

SI.02.02.001 (E.03.001) Samengebruik tractie-energievoorziening

Het tracé Leiden Lammenschans-Leiden Transferium A4 is onderdeel van het 750 volt energiesysteem en wordt gevoed vanuit het tramgedeelte.

SI.02.02.002 (E.03.002) Capaciteit tractie-energievoorziening

De capaciteit van de *tractie-energievoorziening* is voldoende voor een opvolgtijd tussen twee treinen van [n.t.b.] sec., die voorkomen in groepen van [n.t.b.] treinen.

SI.02.02.003 (E.03.003) Elektrische onafhankelijkheid sporen

Bij het uitvallen van de *tractie-energievoorziening* van één spoor, blijft die van het andere spoor beschikbaar.

SI.02.02.012 (E.03.012) Profiel van Vrije Ruimte

Het *profiel van vrije ruimte* op het W- en ON-traject is zoals weergegeven in bijlage 3.

SI.02.02.014 (E.03.014) Plaatsing bovenleidingmasten

Langs het ON- en W-traject staan de bovenleidingmasten tussen de sporen.

2.3 Beheersings- en beveiligingssystemen

SI.02.03.001 (E.08.001) Beveiligingssysteem

Onderdeel van de infrastructuur is het 'infrastructuurdeel' van het *beveiligingssysteem*.

langs het ON en W-traject is dit onderdeel van het eigen *beveiligingssysteem* van de RijnGouweLijn. Het subsysteem voldoet aan de eisen zoals vastgelegd in [n.t.b.].

SI.02.03.002 (E.08.002) Beheersingssysteem

Onderdeel van de infrastructuur is het 'infrastructuurdeel' van het *beheersingssysteem*.

langs het ON en W-traject is dit onderdeel van het eigen *beheersingssysteem* van de RijnGouweLijn.

SI.02.04.019 (E.04.018) Perrons langs spoor in een boog

De perrons liggen zoveel mogelijk langs rechtstandig spoor. De perrons liggen niet langs spoor in bogen met een straal van minder dan [n.t.b.].

SI.02.04.022 (E.04.021) Perronlengte

De perrons hebben langs het ON- en W-traject een lengte van minimaal 75 m (exclusief hellingbaan) en langs het OB-traject een lengte van minimaal 80 m (exclusief hellingbaan).

SI.02.04.026 (E.04.025) Afstand spoor – perron

De horizontale afstand tussen hart spoor en voorkant perron bedraagt 1375 mm, met uitzondering van de perrons waar ook *heavyrail* passeert.

2.6 Kunstwerken

SI.02.06.008 Doorvaarthoogte nieuwe bruggen in Leiden

Bij de realisatie van nieuwe bruggen in het kader van de RijnGouweLijn dient een minimale doorvaarthoogte van 1,75 meter te worden gerealiseerd, op basis van boezempeil (voor alle boezemwateren geldt: waterpeil NAP – 0,60 m).

HI.02.06.003 Voor de brug over het Rijn-Schiekanaal worden aparte eisen geformuleerd, zie HI.02.06.001

SI.02.06.009 Doorvaarthoogte aan te passen bruggen in Leiden

Bij aanpassing van bestaande bruggen in het kader van de RijnGouweLijn dient de doorvaarthoogte minimaal te worden gehandhaafd, en dient waar mogelijk de doorvaarthoogte te worden vergroot tot 1,75 meter.

INSTALLATIES

SI.02.08.005 (E.08.007) Bescherming of verlegging bestaande kabels en leidingen derden

Reeds in de invloedssfeer van de baan aanwezige kabels en leidingen (van derden) worden verlegd of beschermd, conform de door de betreffende beheerder gestelde eisen.

SI.02.08.006 (E.08.008) Ligging eigen kabels en leidingen

Eigen kabels en leidingen liggen zoveel mogelijk direct langs de baan.

SI.02.08.007 (E.08.009) Kruising eigen kabels en leidingen

Eigen kabels en leidingen kruisen de baan zo min mogelijk.

SI.02.08.008 (E.08.010) Bescherming eigen kabels en leidingen

Eigen kabels en leidingen zijn voldoende tegen beschadiging beschermd.

ASPECTEISEN

SI.03.01.001 (E.09.001) Betrouwbaarheid aankomst bij invoegpunt heavyrailnetwerk

Bij het ontwerp van de infrastructuur is ervoor gezorgd dat de beheersbaarheid op het ON-traject in de richting van Leiden Lammenschans zo goed mogelijk is.

SI.03.01.002 (E.09.002) Beschikbaarheid infrastructuur

De RijnGouweLijn streeft naar een *beschikbaarheid* van haar infrastructuur van minimaal 99 %.

SI.03.01.003 (E.09.003) Bepaling beschikbaarheid infrastructuur

De RijnGouweLijn bepaalt de *beschikbaarheid* van de infrastructuur volgens het volgende model: [n.t.b.].

VEILIGHEID**SI.03.02.001 (E.10.001) ALARA**

Bij het ontwerp van de infrastructuur is voor het aspect veiligheid het *ALARA-principe** toegepast.

OMGEVING**SI.03.03.006 (E.11.006) Duurzaam bouwen**

Bij het ontwerp, de *realisatie* en het *beheer* van de infrastructuur worden de volgende subthema's van het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen GWW toegepast:

- bevorderen van gebruik van duurzame bronnen,
- bevorderen van gebruik van vernieuwbare materialen,
- beperken van milieuschadelijke emissies,
- bevorderen van gebruik van natuurvriendelijke materialen en
- beperken van hinder voor de leefomgeving.

SI.03.03.008 Materiaalkeuze RijnGouweLijn in Leiden

Bij de realisatie en/of aanpassing van infrastructuur, en/of bij inrichting van de omgeving dient de materiaalkeuze in overleg met de gemeente Leiden te geschieden.

SI.03.03.010 Benutting kansen extra waterberging

Waar mogelijk dienen kansen voor extra waterberging te worden benut.

SI.03.03.011 Compensatie wateroppervlak door extra oppervlakteverharding

Wanneer als gevolg van de komst van de RijnGouweLijn extra oppervlakteverharding wordt gerealiseerd, dan dient hiervoor extra oppervlaktewater te worden gerealiseerd, en wel 15 % van het aantal m²'s extra oppervlakteverharding.

SI.03.03.016 Duurzaam bouwen op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

- 1- Pas alle vaste maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen GWW toe.
- 2- Pas alle van toepassing zijnde kostenneutrale maatregelen toe.
- 3- Kies een zodanig aantal overige variabele maatregelen dat het saldo meer- en minderwerk minimaal 1% van de stichtingskosten bedraagt.
- 4- Houd rekening met de volgende regionale vaste maatregelen:

* Alleen duurzaam geproduceerd hout toepassen met het keurmerk FSC-keurmerk of (2e keus) Keurhout-Keur.

* Voorkom blootstelling van koper, ongecoat zink of lood aan hemelwater en oppervlakte water.

SI.03.03.018 Toepassing wortelschermen voor bomen

Nabij de RijnGouweLijn dienen wortelschermen te worden toegepast.

SI.03.03.021 Situaties waarin geen bodembeschermende maatregelen nodig zijn

Bodembeschermende maatregelen zijn niet noodzakelijk, indien:

- bodemingrepen minder dan 50 centimeter diep reiken
- de bodemingrepen in geroerde grond plaatsvinden

SI.03.03.022 Ambulanceroute LUMC

De route voor ambulances van en naar het LUMC dient gehandhaafd te

SI.03.03.023 Gevelbelasting geluid als gevolg van wegverkeer

De gevelbelasting a.g.v. wegverkeer (geen RGL) dient 50 dB(A) of lager te zijn, of, indien de belasting hoger is dan 50 dB(A), dan dient de toename van de geluidsbelasting na de komst van de RGL kleiner te zijn dan 2 dB(A). (NB. Er dient sprake te zijn van een wegreconstructie in de zin van WG).

SI.03.03.024 Aanvraag hogere gevelbelasting geluid

Indien niet aan eis SI.03.03.023 kan worden voldaan, dan dient een hogere gevelbelasting aangevraagd te worden bij de provincie Zuid-Holland, en dient de binnenbelasting kleiner te zijn dan 35 dB(A).

BEHEER**SI.03.06.001 Toepassing onderhoudsarme materialen**

Voor de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor dienen onderhoudsarme materialen te worden toegepast, zoals traaggroeiende grasmengsels, grote materialen, en bereikbare afvalbakken (in rijrichting meeplaatsen en minimaal 2 meter vanuit een ander object i.v.m. veegmachine)

RAAKVLAKEISEN**INFRA – VERVOER****SI.04.01.001 Overloopwissels**

Om de exploitatie bij stremmingen en evenementen zoveel mogelijk te handhaven, dienen nabij de volgende locaties overloopwissels te worden gerealiseerd:

- halte Lammenschans
- halte Korevaarstraat
- station Leiden Centraal

SI.04.01.002 Bediening evenementen

Tijdens grootschalige evenementen dient het trace van de RijnGouweLijn tussen de Steenschuur en station Leiden Centraal afgesloten te kunnen worden voor voertuigen van de RijnGouweLijn.

SI.04.01.004 Keervoorzieningen voertuigen RijnGouweLijn

Bij de haltes Korevaarstraat en Leiden Centraal dienen voorzieningen te worden getroffen om het keren van voertuigen van de RijnGouweLijn mogelijk te maken

SI.04.01.008 (E.04.002) Haltes ON-traject

De RijnGouweLijn halteert op het ON-traject op de volgende locaties: Leiden Lammenschans Korevaarstraat, Breestraat, Leiden Centraal en Transferium 't Schouw A44 en in de omgeving van de Turmarkt en Leeuwenhoek. De exacte ligging van de haltes is zoals vastgelegd in [n.t.b.].

SI.04.02.001 Opening voertuig – perron

De 'instapopening' tussen het voertuig van de RijnGouweLijn en het perron dient maximaal 5 centimeter te bedragen.

D D D Subsystemeisen infrastructuur

HALTES

SSI.02.04.003 Perronhoogte Breestraat

De perrons in de Breestraat hebben een hoogte van 150 mm ten opzichte van bovenkant spoor.

SSI.02.04.004 Perronhoogte Breestraat, toegankelijkheid

Ten behoeve van minder validen dient er een gelijkvloerse instap aanwezig te zijn bij de halte in de Breestraat. Daartoe dienen de perrons op minimaal 1 instaplocatie een hoogte te hebben van 0,30 meter ten opzichte van bovenkant spoor.

Bijlage II

Verzameldocument PvE RGL in relatie tot bovenleidingen en energie voorziening

T.02.02.004 (A.02.013) Dienstregeling

De RijnGouweLijn dient een consistente dienstregeling te hebben volgens een vast basisuurpatroon, met overdag een minimale basisfrequentie van 4 treinen per uur per richting.

T.03.05.002 (A.02.021) Relatie met andere lightrailssystemen

De RijnGouweLijn dient integratie met andere *lightrail*systemen die in de Randstad in ontwikkeling zijn, niet uit te sluiten. De RijnGouweLijn dient zoveel mogelijk in samenhang met deze systemen te worden ontwikkeld.

HM.04.02.003 Energievoorziening voertuigen

Energievoorziening van de voertuigen vindt plaats middels bovenleiding en pantograaf.

SM.02.03.003 (D.02.003) Voertuighoogte

De voertuigen hebben een hoogte van maximaal 3,8 m t.o.v. b.s., exclusief stroomafnemer.

SM.02.04.001 (D.03.001) Versnelling

De treinen hebben bij een snelheid van minder dan 40 km/h minimaal een maximale versnelling van 1,3 m/s² en bij een snelheid van meer dan 40 km/h minimaal een maximale versnelling van 1,0 m/s².

SM.02.04.002 (D.03.002) Vertraging

De treinen hebben minimaal een maximale remvertraging van 1,3 m/s².

SM.02.04.003 (D.03.003) Noodrem

De noodrem levert bij een vol voertuig minimaal een remvertraging van 2,73 m/s².

SM.02.04.004 (D.03.004) Veiligheid gekoppeld rijden

In het geval van gekoppeld rijden of wegslepen van voertuigen heeft de combinatie voldoende remvermogen voor veilige deelname aan het (weg- en spoor)verkeer.

SM.02.04.005 (D.03.005) Teruglevering remenergie

Vrijkomende remenergie dient te worden teruggeleverd aan het bovenleidingsysteem.

SM.02.04.006 (D.03.006) Schuitbreedte

De stroomafnemer heeft een schuitbreedte van maximaal 1950 mm.

SM.02.04.007 (D.03.007) Bereik stroomafnemer

De stroomafnemer is geschikt voor een rijdraadhoogte van minimaal 4,4 m en maximaal 5,75 m t.o.v. b.s.

SM.02.05.003 (D.04.003) Vering en demping

De voertuigen beschikken over goede primaire en secundaire vering en demping.

SM.04.02.014 (D.04.001) Boogstraal voertuig

De minimale bocht die de voertuigen kunnen doorlopen heeft een boogstraal van 25 m.

1 Wetten, normen, voorschriften en richtlijnen

HI.01.001 Toetsingskader ecologie Leiden

Op de RijnGouweLijn is het Ecologisch toetsingskader van der gemeente Leiden van toepassing.

HI.01.002 Toetsingskader oppervlaktewater

Op de RijnGouweLijn is de Watertoets van toepassing.

HI.01.003 Toetsingskader bomen Leiden

Op de RijnGouweLijn is de Bomenverordening van Leiden van toepassing

HI.01.004 Duurzaam bouwen op RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

Op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor is het Regionaal duurzaam bouwen 'Plus' pakket Leidse regio van 7 mei 2003 van toepassing.

HI.01.005 Toetsingskader Duurzaam Bouwen RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

Op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor is de Checklist Duurzaam Bouwen GWW van het Regionaal DuBo Plus Pakket Leidse Regio van toepassing.

HI.01.006 Werken bij bomen op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

Op de RijnGouweLijn Oost is het document 'Randvoorwaarden voor het werken bij bomen' van toepassing.

HI.01.007 (D.08.005) Arbeidsomstandigheden personeel in relatie tot infrastructuur

De infrastructuur (inclusief alle gebouwen) bieden het personeel goede arbeidsomstandigheden, die aantoonbaar aan de wet- en regelgeving voldoen.

2 Generieke infrastructuureisen

2.1 Baan

HI.02.01.001 (B.04.001) Bestaande infrastructuur

De RijnGouweLijn maakt zoveel mogelijk gebruik van reeds bestaande infrastructuur.

HI.02.01.002 (B.04.004) Aantal sporen

Op het W- en ON-traject bestaat de baan uit twee sporen. Op het OB-traject bestaat de baan zoveel mogelijk uit twee sporen.

HI.02.01.003 (B.04.005) Ligging baan

De baan bestaat zoveel mogelijk uit een *vrije baan*.

HI.02.01.004 (B.04.006) Ligging baan

De baan ligt zoveel mogelijk op maaiveldniveau.

2.2 Tractie- en energiesystemen

HI.02.02.002 (B.04.013) Bovenleiding

De voertuigen worden van elektrische energie voorzien middels een bovenleiding.

HI.02.02.003 (B.04.014) Onderstations

De bovenleiding wordt van spanning voorzien vanuit voldoende onderstations.

2.4 Haltes

HI.02.04.006 (B.04.024) Perronbreedte

De perrons zijn voldoende breed voor het verwerken van de verwachte reizigersstromen en de plaatsing van de perronvoorzieningen.

2.6 Kunstwerken

HI.02.06.001 (E.02.035) Kruising Rijn Schiekanaal

Er wordt voor lightrailvoertuigen rekening gehouden met een brug over het Rijn-Schiekanaal met vrije doorvaart hoogte, waarbij qua openingsfrequentie en –duur geen verstoring van de dienstregeling optreedt.

T.02.02.003 HI.02.06.002 Brug Rijn-Schiekanaal

Voor de RijnGouweLijn dient een nieuwe brug te worden gerealiseerd over het Rijn-Schiekanaal welke geschikt is voor de passage van CEMT-klasse III/AVV M5-schepen.

HI.02.06.003 Bruggen in Leiden

Nieuwe en aan te passen bruggen dienen een doorvaarthoogte en –breedte te hebben waardoor recreatievaart onder de bruggen door kan varen.

3 Aspecteisen

3.2 Veiligheid

HI.03.02.001 (B.04.009) Bereikbaarheid baan

De baan is goed bereikbaar voor nood- en hulpdiensten.

HI.03.02.003 Veiligheid infrastructuur

De infrastructuur van de RijnGouweLijn dient bij te dragen aan de veiligheid voor reizigers, personeel en de omgeving van de lijn.

3.3 Omgeving

HI.03.03.008 Verstoring planten en dieren

Verstoring van planten en dieren dient zoveel mogelijk voorkomen te worden.

HI.03.03.009 Compensatie verstoring planten en dieren

Voor eventuele verstoring van planten en dieren dient compensatie gezocht te worden.

HI.03.03.011 Locaties bevoorrading

Langs het tracé van de RijnGouweLijn door de Leidse binnenstad dienen voldoende locaties aangewezen te worden die kunnen fungeren als laad- en losplaats ten behoeve van het bevoorraden van winkels

HI.03.03.015 (B.07.005) Natuurwaarden en cultuurhistorische waarden

De infrastructuur is zo gesitueerd dat er zo min mogelijk natuurwaarden en cultuurhistorische waarden verloren gaan.

HI.03.03.016 Stedenbouwkundige inpassing infrastructuur

De nieuwe infrastructuur van de RijnGouweLijn dient goed ingepast te worden in de omgeving waarin ze wordt gerealiseerd.

HI.03.03.017 (E.11.001) Herkenbaarheid infrastructuur

De infrastructuur van de RijnGouweLijn heeft een grote mate van herkenbaarheid, maar domineert zijn omgeving niet.

HI.03.03.018 (E.11.002) Uitstraling infrastructuur

De infrastructuur van de RijnGouweLijn heeft een eenduidige uitstraling, die past binnen de verschillende stedenbouwkundige omgevingen waarin zij zich bevindt.

HI.03.03.019 Duurzaam bouwen

De infrastructuur wordt gerealiseerd volgens het principe Duurzaam Bouwen

HI.03.03.020 (E.11.005) Elektromagnetische beïnvloeding

De RijnGouweLijn verstoort het veilig en betrouwbaar werken van systemen van derden niet.

HI.03.03.021 Omgang met waardevolle groenvoorzieningen

Waardevolle groenvoorzieningen langs het tracé dienen bij het ontwerp van de RGL zoveel mogelijk te worden gerespecteerd en waar mogelijk te worden versterkt.

HI.03.03.024 Breestraat als hoofdfietsroute

De Breestraat dient als hoofdfietsroute te kunnen blijven fungeren na de komst van de RijnGouweLijn.

HI.03.03.025 Beschikbaarheid vrije ruimte voetgangers

Voetgangers dienen beschikking te hebben over een eigen ruimte.

HV.03.03.026 Rijdraadhoogte bij gemengd verkeer

In geval van samengebruik van de RGL met overig verkeer dient de rijdraadhoogte (bovenleiding) zodanig gekozen te worden dat het overig verkeer niet in aanraking met de draad kan komen.

3.4 Toekomstwaarde

HI.03.04.001 (E.12.001) Levenscycluskosten

De infrastructuur wordt ontwikkeld op basis van minimalisatie van de levenscycluskosten.

HI.03.04.002 (E.12.002) Technische levensduur

De onderdelen van de infrastructuur hebben een voor dat onderdeel gangbare levensduur.

3.5 Realisatie

HI.03.05.001 (E.13.001) Realisatieplan infrastructuur

Bij de aanleg van de infrastructuur wordt gebruik gemaakt van een *realisatie* plan. Het *realisatie* plan draagt er zorg voor dat aan de eisen kan worden voldaan die worden gesteld aan de *realisatie**.

HI.03.05.002 (E.13.002) Verstoring exploitatie

Tijdens de *realisatie* van de infrastructuur wordt het *heavyrail*vervoer zo min mogelijk verstoord.

HI.03.05.003 (E.13.003) Afstemming met omliggende infrastructuur

Het ontwerp van de infrastructuur sluit aan op de omliggende infrastructuur zoals deze er ten tijde van de aanleg uit zal zien, voorzover voorzienbaar tijdens het ontwerp.

3.6 Beheer

HI.03.06.001 Beheer kabels en leidingen derden

Kabels, leidingen, rioleringen en duikers dienen te allen tijde voor de beheerders ervan toegankelijk en beheerbaar te zijn tijdens en na de realisatie van de RijnGouwe-Lijn.

T.03.04.002 HI.03.06.002 Beheerparagraaf RijnGouweLijn

In het kader van de RijnGouweLijn dient een beheerparagraaf te worden opgesteld, waarin een begroting en randvoorwaarden voor de werkzaamheden worden opgenomen (ter voorkoming van schade aan (bestaande) verharding en groen).

HI.03.06.003 (E.14.001) Onderhoudbaarheid infrastructuur

De infrastructuur is goed en goedkoop schoon te maken en onderdelen zijn eenvoudig te verkrijgen en te vervangen.

HI.03.06.004 (E.14.002) Beheerplan infrastructuur

Bij het *beheer* van de infrastructuur wordt gebruik gemaakt van een *beheerplan*. Het *beheerplan* draagt er zorg voor dat aan de eisen kan worden voldaan die worden gesteld aan het *beheer**.

HI.03.06.005 (E.14.003) Bereikbaarheid infrastructuur voor beheerpersoneel

De infrastructuur is goed toegankelijk voor personeel belast met inspectie en onderhoud.

HI.03.06.006 (E.14.004) Bereikbaarheid infrastructuur voor onderhoudsmaterieel

De infrastructuur is goed toegankelijk voor onderhoudsmaterieel.

HI.03.06.007 (E.14.005) Onderhoudsmaterieel

De RijnGouweLijn beschikt over onderhoudsmaterieel.

4 Raakvlakkeisen

4.1 Raakvlak infrastructuur – materieel

HI.04.01.001 (B.04.007) Profiel van vrije ruimte

Het *profiel van vrije ruimte* (PVR) wordt op het W- en ON-traject bepaald door het materieel van de RijnGouweLijn (hier is van toepassing het profiel van vrije ruimten voor Lightrail: zie bijlage 2).

HI.04.01.002 Optrekken voertuigen vanuit stilstand

Voertuigen van de RijnGouweLijn dienen op elke locatie op het traject vanuit stilstand probleemloos op te kunnen trekken.

4.2 Raakvlak infrastructuur – exploitatie

HI.04.02.002 (B.04.002) Samengebruik infrastructuur

Op het OB-traject vindt samengebruik van de infrastructuur plaats met de vervoerders op het *heavyrail* netwerk. Op een deel van het ON-traject vindt samengebruik van de infrastructuur plaats met wegverkeer.

HI.04.02.003 (B.04.003) Capaciteit infrastructuur

De capaciteit van de infrastructuur is voldoende voor de verwachte vervoervraag 5 jaar na ingebruikname, zoals vastgelegd in [n.t.b.], met een overcapaciteit van [percentage n.t.b.].

D D Systeemeisen infrastructuur

1 Wetten, normen, voorschriften en richtlijnen

Hieronder wordt ter informatie de belangrijkste wet- en regelgeving genoemd die op de infrastructuur van toepassing is

SI.01.001 (E.01.001) Duurzaam Veilig

Het Convenant Startprogramma Duurzaam Veilig Verkeer uit 1997 en de uitwerking hiervan geven ontwerprichtlijnen voor het ontwerpen van veilige verkeerssituaties. Bij het ontwerp van de RijnGouweLijn zijn deze richtlijnen toegepast.

2 Generieke infrastructuureisen

2.1 Baan

SI.02.01.001 (E.02.001) Samengebruik met heavyrail

Op het OB-traject wordt de baan gedeeld met *heavyrail* materieel. De baan is dus geschikt voor zowel *heavyrail* materieel als materieel van de RijnGouweLijn, met uitzondering van de sporen die alleen door de RijnGouweLijn worden gebruikt.

SI.02.01.004 (E.02.004) Ontwerpsnelheid OB-traject

De ontwerpsnelheid is op het traject Gouda - Alphen aan den Rijn 100 km/h en op het traject Alphen aan den Rijn - Leiden Lammenschans 130 km/uur.

SI.02.01.005 (E.02.005) Ontwerpsnelheid ON- en W-traject

De ontwerpsnelheid is op de gedeelten van het ON- en W-traject met vrije baan buiten de bebouwde kom 70 km/uur. Dit geldt in ieder geval voor het traject Leiden Lammenschans – Leiden Transferium A4

SI.02.01.006 (E.02.006) Ontwerpsnelheid ON- en W-traject

De ontwerpsnelheid is op de gedeelten van het ON- en W-traject zonder vrije baan of binnen de bebouwde kom 50 km/h.

SI.02.01.007 (E.02.007) Zijdelingse versnelling

De zijdelingse versnelling bedraagt maximaal 0,65 m/s².

SI.02.01.008 (E.02.008) Verticale versnelling

De verticale versnelling bedraagt in een holle boog maximaal 0,252 m/s².

SI.02.01.009 (E.02.009) Verticale versnelling

De verticale versnelling bedraagt in een bolle boog maximaal 0,189 m/s².

SI.02.01.010 (E.02.010) Combinatie bogen

De combinatie van een horizontale en een verticale boog is zoveel mogelijk vermeden.

SI.02.01.011 (E.02.011) Verkanting

De baan heeft een verkanting van maximaal 150 mm.

SI.02.01.012 (E.02.012) Helling baan

De baan voor de RijnGouweLijn heeft een helling van maximaal 4,5 %.. Voor trajecten met samengebruik met *heavyrail* materieel geldt een maximale helling van 2.5%

SI.02.01.013 (E.02.013) Spoorwijdte

De spoorwijdte bedraagt in rechtstanden 1435 mm.

SI.02.01.014 (E.02.014) Spoorafstand

De onderlinge h.o.h.-afstand tussen twee parallelle sporen bedraagt minimaal 3,20 m.

De onderlinge h.o.h.-afstand tussen twee parallelle sporen die mede gebruikt worden door *heavyrail* bedraagt minimaal 4,00 m.

SI.02.01.016 (E.02.016) Baanconstructie ON- en W-traject

Op het ON- en W-traject zijn de gedeelten met een *vrije baan* binnen de bebouwde kom voorzien van een grasbaanconstructie en buiten de bebouwde kom van een ballastbed.

SI.02.01.017 (E.02.017) Baanconstructie ON- en W-traject

Op het ON- en W-traject hebben de gedeelten zonder *vrije baan* een verharding die past bij de omliggende verharding, maar er zich wel van onderscheidt*.

SI.02.01.029 (E.02.030) Berijden wissels

De wissels zijn bij het berijden in doorgaande richting niet beperkend voor de snelheid, de versnelling en de remvertraging van de voertuigen.

SI.02.01.031 (E.02.032) Zicht bestuurder

Op het ON- en W-traject is het zicht van de bestuurder voldoende voor rijden op zicht en de veiligheid van medeweggebruikers.

SI.02.01.032 (E.02.033) Afscherming baan

De gedeelten van het traject met een *vrije baan* zijn afgeschermd.

SI.02.01.034 Ligging RijnGouweLijn ten opzichte van riolering

De RijnGouweLijn dient in lengterichting naast bestaande rioleringen te worden gerealiseerd. Indien dit niet mogelijk is, dient de riolering te worden verlegd tot buiten het trace van de RijnGouweLijn.

SI.02.01.035 Aanpassen kabels en leidingen derden

Te treffen maatregelen aan kabels en leidingen dienen op voordracht van de beheerders ervan te worden meegenomen in het ontwerp.

2.2 Tractie-energievoorziening**SI.02.02.001 (E.03.001) Samengebruik tractie-energievoorziening**

Op het OB-traject wordt de *tractie-energievoorziening* gedeeld met andere vervoerders. Het trace Leiden Lammenschans-Leiden Transferium A4 is onderdeel van het 750 volt energiesysteem en wordt gevoed vanuit het tramgedeelte.

SI.02.02.002 (E.03.002) Capaciteit tractie-energievoorziening

De capaciteit van de *tractie-energievoorziening* is voldoende voor een opvolgtijd tussen twee treinen van [n.t.b.] sec., die voorkomen in groepen van [n.t.b.] treinen.

SI.02.02.003 (E.03.003) Elektrische onafhankelijkheid sporen

Bij het uitvallen van de *tractie-energievoorziening* van één spoor, blijft die van het andere spoor beschikbaar.

SI.02.02.004 (E.03.004) Minimale rijdraadhoogte

De rijdraad bevindt zich op minimaal 5,5 m t.o.v. b.s., met uitzondering van de rijdraad bij onderdoorgangen en tunnels.

SI.02.02.005 (E.03.005) Maximale rijdraadhoogte

De rijdraad bevindt zich op maximaal 5,75 m t.o.v. b.s.

SI.02.02.006 (E.03.006) Minimale rijdraadhoogte bij onderdoorgangen en tunnels

De rijdraad bij onderdoorgangen en tunnels bevindt zich op minimaal 4,4 m t.o.v. b.s., met uitzondering de rijdraad bij onderdoorgangen en tunnels die mede gebruikt worden door bussen.

SI.02.02.007 (E.03.007) Minimale rijdraadhoogte bij onderdoorgangen en tunnels

De rijdraad bij onderdoorgangen en tunnels die mede gebruikt worden door bussen bevindt zich op minimaal 4,8 m t.o.v. b.s.

SI.02.02.008 (E.03.008) Kruisingen lage rijdraad

Indien de rijdraad zich op een hoogte van minder dan 4,5 m t.o.v. b.s. bevindt, wordt de baan niet gekruist door wegverkeer, met uitzondering van fietsers en voetgangers.

SI.02.02.009 (E.03.009) Afstand rijdraad kunstwerk

De afstand tussen de rijdraad en een bovenliggend kunstwerk bedraagt minimaal 250 mm.

SI.02.02.010 (E.03.010) Ophanging bovenleiding OB-traject

De bovenleiding is langs het OB-traject opgehangen aan portalen, met uitzondering bij onderdoorgangen en tunnels.

SI.02.02.011 (E.03.011) Ophanging bovenleiding ON- en W-traject

De bovenleiding is langs het ON- en W-traject opgehangen aan masten, met uitzondering bij onderdoorgangen en tunnels en waar dit uit stedenbouwkundig oogpunt onwenselijk is.

SI.02.02.012 (E.03.012) Profiel van Vrije Ruimte

Het *profiel van vrije ruimte* op het OB-traject is zoals weergegeven in [n.t.b.]. Het *profiel van vrije ruimte* op het W- en ON-traject is zoals weergegeven in bijlage 3.

SI.02.02.013 (E.03.013) Tussenafstand masten

De bovenleidingmasten hebben zoveel mogelijk dezelfde onderlinge afstand.

SI.02.02.014 (E.03.014) Plaatsing bovenleidingmasten

Langs het ON- en W-traject staan de bovenleidingmasten tussen de sporen.

SI.02.02.015 (E.03.015) Voeding onderstations

De onderstations worden gevoed vanaf het openbare 10kV-net.

SI.02.02.016 (B.04.012) Spanning tractie-energievoorziening

De spanning van de *tractie-energievoorziening* is op het OB-traject 1500 V (gelijkstroom) en op het ON- en W-traject 750 V (gelijkstroom).

2.3 Beheersings- en beveiligingssystemen

SI.02.03.001 (E.08.001) Beveiligingssysteem

Onderdeel van de infrastructuur is het 'infrastructuurdeel' van het *beveiligingssysteem*.

Langs het OB-traject is dit onderdeel van het *heavyrailbeveiligingssysteem*, langs het ON en W-traject is dit onderdeel van het eigen *beveiligingssysteem* van de RijnGouweLijn. Het subsysteem voldoet aan de eisen zoals vastgelegd in [n.t.b.].

SI.02.03.002 (E.08.002) Beheersingssysteem

Onderdeel van de infrastructuur is het 'infrastructuurdeel' van het *beheersingssysteem*.

Langs het OB-traject is dit onderdeel van het *heavyrailbeheersingssysteem*, langs het ON en W-traject is dit onderdeel van het eigen *beheersingssysteem* van de RijnGouweLijn.

2.4 Haltes

SI.02.04.006 (E.04.005) Capaciteit haltes

De haltes zijn voldoende ruim ingericht voor een snelle verwerking van het verwachte reizigersaanbod.

SI.02.04.007 (E.04.006) Bereikbaarheid haltes

De haltes zijn goed bereikbaar voor vervangend busvervoer.

SI.02.04.008 (E.04.007) Uitstraling haltes

De haltes zijn integraal met de voertuigen vormgegeven en zorgen zowel afzonderlijk als in combinatie met de voertuigen voor de gewenste hoogwaardige uitstraling.

SI.02.04.023 (E.04.022) Breedte zijperrons

De zijperrons hebben minimaal een breedte van 3,0 m.

SI.02.04.024 (E.04.023) Breedte eilandperrons

De breedte van een eilandperron op het gedeelte van de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor dient minimaal 4,50 meter te bedragen.

2.6 Kunstwerken

SI.02.06.008 Doorvaarthoogte nieuwe bruggen in Leiden

Bij de realisatie van nieuwe bruggen in het kader van de RijnGouweLijn dient een minimale doorvaarthoogte van 1,75 meter te worden gerealiseerd, op basis van boezempeil (voor alle boezemwateren geldt: waterpeil NAP – 0,60 m).

HI.02.06.003 Voor de brug over het Rijn-Schiekanaal worden aparte eisen geformuleerd, zie HI.02.06.001

SI.02.06.009 Doorvaarthoogte aan te passen bruggen in Leiden

Bij aanpassing van bestaande bruggen in het kader van de RijnGouweLijn dient de doorvaarthoogte minimaal te worden gehandhaafd, en dient waar mogelijk de doorvaarthoogte te worden vergroot tot 1,75 meter.

2.7 GEBOUWEN

SI.02.07.001 (E.07.001) Huisvesting verkeersleiding

De *verkeersleiding* van de RijnGouweLijn bevindt zich in een gebouw.

SI.02.07.002 (E.07.002) Onderstations

De onderstations bevinden zich in een gebouw.

INSTALLATIES

SI.02.08.005 (E.08.007) Bescherming of verlegging bestaande kabels en leidingen derden

Reeds in de invloedssfeer van de baan aanwezige kabels en leidingen (van derden) worden verlegd of beschermd, conform de door de betreffende beheerder gestelde eisen.

SI.02.08.006 (E.08.008) Ligging eigen kabels en leidingen

Eigen kabels en leidingen liggen zoveel mogelijk direct langs de baan.

SI.02.08.007 (E.08.009) Krusing eigen kabels en leidingen

Eigen kabels en leidingen kruisen de baan zo min mogelijk.

SI.02.08.008 (E.08.010) Bescherming eigen kabels en leidingen

Eigen kabels en leidingen zijn voldoende tegen beschadiging beschermd.

ASPECTEISEN

SI.03.01.001 (E.09.001) Betrouwbaarheid aankomst bij invoegpunt heavyrailnetwerk

Bij het ontwerp van de infrastructuur is ervoor gezorgd dat de beheersbaarheid op het ON-traject in de richting van Leiden Lammenschans zo goed mogelijk is.

SI.03.01.002 (E.09.002) Beschikbaarheid infrastructuur

De RijnGouweLijn streeft naar een *beschikbaarheid* van haar infrastructuur van minimaal 99 %.

SI.03.01.003 (E.09.003) Bepaling beschikbaarheid infrastructuur

De RijnGouweLijn bepaalt de *beschikbaarheid* van de infrastructuur volgens het volgende model: [n.t.b.].

SI.03.01.004 (E.09.004) Ontwerpreiziger

De voor reizigers toegankelijke delen van de infrastructuur zijn ontworpen op de verwachte 95-percentielreiziger in [jaar n.t.b.].

SI.03.01.005 (E.09.005) Toegankelijkheid voor visueel gehandicapten

Het uiterlijk van de voor reizigers toegankelijke delen van de infrastructuur ondersteunt de visueel gehandicapte.

VEILIGHEID

SI.03.02.001 (E.10.001) ALARA

Bij het ontwerp van de infrastructuur is voor het aspect veiligheid het *ALARA-principe** toegepast.

OMGEVING

SI.03.03.006 (E.11.006) Duurzaam bouwen

Bij het ontwerp, de *realisatie* en het *beheer* van de infrastructuur worden de volgende subthema's van het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen GWW toegepast:

- bevorderen van gebruik van duurzame bronnen,
- bevorderen van gebruik van vernieuwbare materialen,
- beperken van milieuschadelijke emissies,
- bevorderen van gebruik van natuurvriendelijke materialen en
- beperken van hinder voor de leefomgeving.

SI.03.03.007 (E.11.007) Uitbreiding eigendomsgrenzen

Bij uitbreiding van infrastructuur wordt zoveel mogelijk uitgegaan van uitbreiding binnen de eigendomsgrenzen van ProRail of NS Vastgoed

SI.03.03.008 Materiaalkeuze RijnGouweLijn in Leiden

Bij de realisatie en/of aanpassing van infrastructuur, en/of bij inrichting van de omgeving dient de materiaalkeuze in overleg met de gemeente Leiden te geschieden.

SI.03.03.012 Sparen bomen

Bomen dienen zoveel mogelijk te worden gespaard.

SI.03.03.013 Verwijderen bomen

Indien bomen dienen te verdwijnen als gevolg van de komst van de RijnGouweLijn dienen deze zoveel mogelijk te worden verplant.

SI.03.03.014 Compensatie bomen

Indien bomen dienen te verdwijnen als gevolg van de komst van de RijnGouweLijn, en verplanting niet mogelijk is, dienen bomen te worden gecompenseerd door middel van een storting in een bomenfonds.

SI.03.03.015 Benutting bomenfonds

Bomen die worden geplant ter compensatie van bomen die verdwijnen als gevolg van de komst van de RijnGouweLijn, dienen in de directe omgeving van de RijnGouweLijn te worden geplaatst.

SI.03.03.016 Duurzaam bouwen op de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor

- 1- Pas alle vaste maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen GWW toe.
- 2- Pas alle van toepassing zijnde kostenneutrale maatregelen toe.
- 3- Kies een zodanig aantal overige variabele maatregelen dat het saldo meer- en minderwerk minimaal 1% van de stichtingskosten bedraagt.
- 4- Houd rekening met de volgende regionale vaste maatregelen:
 - * Alleen duurzaam geproduceerd hout toepassen met het keurmerk FSC-keurmerk of (2e keus) Keurhout-Keur.
 - * Voorkom blootstelling van koper, ongecoat zink of lood aan hemelwater en oppervlakte water.

SI.03.03.017 Afstand tot bomen

Bij de ontwikkeling van de RijnGouweLijn dient rekening gehouden te worden met de afstand tot bomen langs de lijn, uitgaande van de maatgevende situatie (volwassen bomen in de bloei).

SI.03.03.018 Toepassing wortelschermen voor bomen

Nabij de RijnGouweLijn dienen wortelschermen te worden toegepast.

SI.03.03.019 Behoud archeologische waarden

Archeologische waarden dienen zoveel mogelijk in de bodem behouden te worden.

SI.03.03.020 Omgang met archeologische waarden indien behoud in de bodem niet mogelijk is

Indien dit niet mogelijk is, dan dienen de archeologische waarden door middel van onderzoek worden veiliggesteld.

SI.03.03.021 Situaties waarin geen bodembeschermende maatregelen nodig zijn

Bodembeschermende maatregelen zijn niet noodzakelijk, indien:

- bodemingrepen minder dan 50 centimeter diep reiken
- de bodemingrepen in geroerde grond plaatsvinden

SI.03.03.022 Ambulanceroute LUMC

De route voor ambulances van en naar het LUMC dient gehandhaafd te

SI.03.03.023 Gevelbelasting geluid als gevolg van wegverkeer

De gevelbelasting a.g.v. wegverkeer (geen RGL) dient 50 dB(A) of lager te zijn, of, indien de belasting hoger is dan 50 dB(A), dan dient de toename van de geluidsbelasting na de komst van de RGL kleiner te zijn dan 2 dB(A). (NB. Er dient sprake te zijn van een wegreconstructie in de zin van WG).

SI.03.03.024 Aanvraag hogere gevelbelasting geluid

Indien niet aan eis SI.03.03.023 kan worden voldaan, dan dient een hogere gevelbelasting aangevraagd te worden bij de provincie Zuid-Holland, en dient de binnenbelasting kleiner te zijn dan 35 dB(A).

SI.03.03.031 Breedte doorgangen voor voetgangers

Voetpaden dienen ter hoogte van incidentele obstakels een minimale doorloopbreedte van 1,2 meter te hebben.

BEHEER**SI.03.06.001 Toepassing onderhoudsarme materialen**

Voor de RijnGouweLijn Oost Nieuw Spoor dienen onderhoudsarme materialen te worden toegepast, zoals traaggroeiende grasmengsels, grote materialen, en bereikbare afvalbakken (in rijrichting meeplaatsen en minimaal 2 meter vanuit een ander object i.v.m. veegmachine)

RAAKVLAKEISEN**INFRA – VERVOER****SI.04.01.001 Overloopwissels**

Om de exploitatie bij stremmingen en evenementen zoveel mogelijk te handhaven, dienen nabij de volgende locaties overloopwissels te worden gerealiseerd:

- halte Lammenschans
- halte Korevaarstraat
- station Leiden Centraal

SI.04.01.002 Bediening evenementen

Tijdens grootschalige evenementen dient het trace van de RijnGouweLijn tussen de Steenschuur en station Leiden Centraal afgesloten te kunnen worden voor voertuigen van de RijnGouweLijn.

SI.04.01.003 Mogelijkheid tot spanningsloos maken

De gedeelten tussen de overloopwissels dienen onafhankelijk van elkaar spanningsloos te kunnen worden gemaakt.

SI.04.01.004 Keervoorzieningen voertuigen RijnGouweLijn

Bij de haltes Korevaarstraat en Leiden Centraal dienen voorzieningen te worden getroffen om het keren van voertuigen van de RijnGouweLijn mogelijk te maken

SI.04.01.005 Brug Rijn-Schiekanaal, bedieningsfrequentie

De nieuwe brug over het Rijn-Schiekanaal dient in de periode tussen 6.00 en 22.00 uur maximaal 4 keer geopend te hoeven worden.