

Auteur: Jasper Peen                      Project: Ontwikkeling concepten rubber veerelement Y25+  
Versie: 2A (openbare versie tbv EA aanbesteding)  
Datum: 26 februari 2026  
Kenmerk: IBS1-97977174-2918764

## Ontwikkeling concepten rubber veerelement

### 1. Introductie

ProRail voert in opdracht van het Ministerie IenW het IBS programma uit waarbinnen Innovatieve Bronmaatregelen tegen Spoortrillingen worden onderzocht. Eén van de delen van het programma focust zich op innovaties aan materieel, waarin wordt gekeken naar innovatieve maatregelen om trillinghinder van goederenmaterieel met Y25 draaistellen te reduceren. Het effect van deze maatregelen wil ProRail in een testtrein beproeven.

Eén van de gewenste maatregelen om te testen op reductie van trillinghinder een extra rubberen veerelement tussen draaistel en onderstel van de wagon. Eerdere simulaties door Dekra hebben laten zien dat hiermee dynamische wiel-railkrachten konden worden gereduceerd, en daarmee mogelijk ook een stukje trillinghinder.

In de simulatiemodellen is Dekra uitgegaan van een rubber veerelement met de volgende eigenschappen:

- Verticale stijfheid: 15 kN/mm
- Verticale demping: 0.4 kNs/mm

### 2. Ontwikkeling veerelementen Y25+

Er zijn geen veerelementen op de markt voor Y25 draaistellen. Om het effect van een dergelijk veerelement te testen zijn in fase 1 van het project een tweetal leveranciers concepten ontwikkeld. Voor de ontwikkeling heeft ProRail een eisenset opgeteld, waaraan een veerelement minimaal zou moeten voldoen.

#### Eisenset veerelementen Y25+

Daarbij is eerst gekeken naar een eisenset die een voor serie toepassing geschikt veerelement zou opleveren, maar dat bleek heel complex, met name vanwege de combinatie van beperkte inbouwhoogte, gewenste stijfheid in combinatie met grote payload verschillen (die een grote veerweg opleveren) en de beperkingen die gelden ten gevolge van het profiel van vrije ruimte en de toleranties op de bufferhoogte. Om toch het werkingsprincipe van de veer te kunnen onderzoeken, is een deel van de eisen aangepast zodat er in ieder geval een concept is wat testbaar is.

Onderstaande tabel geeft aan welke eisen er zijn afgeleid voor een rubber veerelement voor het Y25 draaistel, voor serietoepassing en de afgeleide voor een testbaar prototype. Daar waar de eisen voor het prototype zijn afgezwakt, zijn rood gemarkeerd. Uit de eisenset volgen ook verschillende randvoorwaarden voor de testwagon en testomstandigheden  
(Bron: [Y25+ Eisen en rationale.xlsx](#))

| Aspect                                        | Requirements series production                                                                                                                        | Requirements prototype                                                                                                                                                                          | Rationale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Requirements on wagon level</b>            |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Coupling capabilities                         | During static displacement of the wagon the buffer height shall remain between 940 and 1065 mm in all loading conditions as described in the TSI WAG. | <p>For the prototype, the requirement is only applicable for loaded condition.</p> <p>As a consequence, the height of the added spring element should be &lt; 65 mm under preload of 400 kN</p> | <p>The buffer height requirement is there such that all wagons can be matched together and there is a right transferral of forces during braking and cornering.</p> <p>Due to the addition of the rubber element, the increased height in the unloaded situation will cause a too big of a difference in bufferheight between the prototype wagon and reference (normal) wagon.</p> <p><i>Consequence for test: Only possible to ride in (fully) loaded condition with wheels on minimal diameter.</i></p> <p><i>Or for the prototype wagons a construction should be put into place such that the transferal of forces is always good.</i></p> |
| Braking performance                           | The addition of the suspension ring shall have no negative influence on the brake performance of the wagon.                                           | Equal                                                                                                                                                                                           | We do not expect a specific requirement for the prototype to fulfill this requirement                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Transmitting brake forces from brake cylinder | The brake valve lever shall remain functional due to the height increase of the added suspension ring.                                                | Equal                                                                                                                                                                                           | <i>Consequence for test: Check if the height increase influences the functionality of the brake valve lever</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Running behaviour                             | The running behaviour shall comply to TSI/EN14363 requirements.                                                                                       | <p>The running behavior during the test runs (loaded condition), <math>v_{max} &lt; 90 \text{ km/h}</math> (?) is safe.</p>                                                                     | <p><i>Check influence on friction characteristics due to different vertical displacements.</i></p> <p><i>We should be aware that the side bearers are a critical component for high speed stability (&gt;80 km/h) so the height of the side bearers should be increased with the static height increase due to the suspension ring.</i></p> <p><i>Consequence for test:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Adapt side bearers to remain functional</li> <li>- Validation of the running behaviour needs to be arranged; might be by simulation or measurement during test</li> </ul>                                              |

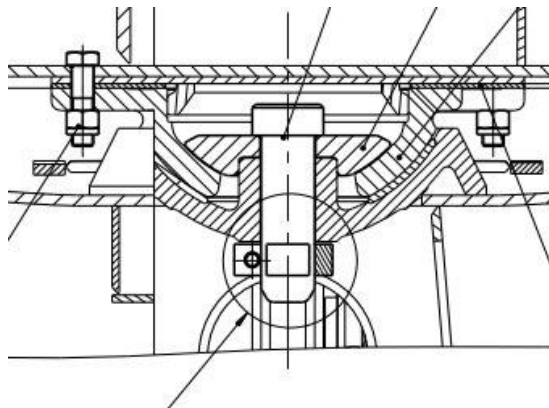
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- The maximum speed for the test runs might need to be limited</li> </ul>                                                                                                                                                                                      |
| Curve behavior       | <p>The wagon shall remain compliant with the gauging reference G1 as specified in the TSI WAG. In addition specific minimum curve radii can be requested. Commonly known values are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Horizontal curve: 75 m</li> <li>- Vertical curve (hill): 250 m</li> <li>- Vertical curve (valley): 300 m</li> </ul> | Equal                                                         | <p>For the prototype we have the need to select a wagon type for which the gauging is not critical.</p> <p><i>Consequence for test: A wagon with limited height shall be used.</i></p> <p><i>Check margin in gauge of wagon compared to estimated potential increase of roll/lateral movement</i></p> |
| Gauging              | <p>The height increase of the suspension ring shall be such that the wagon remains within the kinematic reference profile G1 as specified in the TSI WAG.</p>                                                                                                                                                                                         | Equal                                                         | <p>For the prototype we have the need to select a wagon type for which the gauging is not critical.</p> <p><i>Consequence for test: A wagon with limited height shall be used.</i></p> <p><i>Check margin in gauge of wagon compared to estimated potential increase of roll/lateral movement</i></p> |
| Loading/unloading    | <p>The wagon shall be able to withstand the loads regarding loading and unloading the wagon, as specified in the TSI WAG. The requirements should be adhered to with and without a payload of m_3 (~68700 kg)</p>                                                                                                                                     | Equal                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Maintainability      | <p>It shall be possible to maintain the wagon according to common maintenance procedures.</p>                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>This requirement is not valid for testing a prototype.</b> | <p>The wagons that will be used for testing the prototype are not part of regular transport, so they won't be part of common maintenance procedures.</p>                                                                                                                                              |
| Parking brake        | <p>The wagon shall be able to apply the parking brake as specified in the TSI WAG</p>                                                                                                                                                                                                                                                                 | Equal                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Sound                | <p>There shall be no (new) metallic contact between the bogie and the wagon inducing sounds</p>                                                                                                                                                                                                                                                       | Equal                                                         | <p>The rubber element might be not stiff enough in longitudinal and lateral direction to transfer the forces between wagon and bogie.</p>                                                                                                                                                             |
| Electrical Grounding | <p>The wagon and bogie combined shall be electrically grounded</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Equal                                                         | <p>The rubber element is most likely not conducting.</p> <p><i>Consequence for test: A solution is needed that ensures the wagon is electrically grounded.</i></p>                                                                                                                                    |

|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reliability/availability                            | The wagon shall be available for common periods and be maintained in common maintenance intervals                                                                                                                                                                                                                                         | This requirement is not valid for the prototype                                                                       | The wagons that will be used for testing the prototype are not part of regular transport.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| LCC                                                 | The impact on LCC for the wagon shall be as minimal as possible                                                                                                                                                                                                                                                                           | This requirement is not valid for the prototype                                                                       | The prototype wagons are specifically prepared for this test, so the LCC is not of importance.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Requirements on layer spring element level</b>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Vertical/lateral/longitudinal stiffness and damping | The suspension ring shall have the characteristics as used in the simulations by Dekra:<br>k <sub>z</sub> = 15 kN/mm<br>c <sub>z</sub> = 0.4 kNs/mm<br>k <sub>x</sub> = k <sub>y</sub> = very stiff                                                                                                                                       | Equal                                                                                                                 | During braking and cornering the bogie should stay under the wagon. That is why a high longitudinal and lateral stiffness are needed.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Torsional stiffness and damping                     | The suspension ring shall have an as high as possible torsional stiffness.                                                                                                                                                                                                                                                                | Equal                                                                                                                 | Torsional stiffness of the pivot is relevant for stable running. The pivot bearing plus side bearers have a stiffness of 6-14 kNm (unloaded) and 40 kNm (fully loaded). If the suspension ring has a low torsional stiffness, the suspension ring will deflect a lot until the force is high enough to overcome the friction force between in the pivot bearing. The higher the torsional stiffness will be, the less influence this will have on the movement of the pivot in the pivot bearing. |
| Forces/Loads                                        | The suspension ring and the fastening method shall not affect the translation of the forces between the bogie and the wagon.<br>F <sub>x_max</sub> = ~198 kN<br>F <sub>y_max</sub> = ~167 kN<br>(according EN13749)                                                                                                                       | Equal                                                                                                                 | There is a centring ring in place for the transferral of forces between the wagon and upper pivot part. The bolt connections are there for keeping these two together.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Lifting/jacking                                     | The jacking and lifting capabilities and requirements as specified in the TSI WAG shall be adhered to:<br>- The suspension ring shall be able to withstand a push force of ~845 kN (m <sub>1</sub> + m <sub>3</sub> )<br>- The suspension ring shall be able to withstand a pull force of ~40 kN (m <sub>2</sub> )<br>(according EN13749) | Equal                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Safety                                              | The suspension ring shall be safe for its lifespan.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | The suspension ring shall be able to withstand the nominal loads for 10.000 km for 30 days with 20.000 cycles per day | The prototype will be used for a limited amount of kilometers.<br><br><i>Consequence for test: The prototype can only be used for a limited amount of kilometers..</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Fire safety                                         | The material shall not propagate or induce fire hazards. It shall comply with the TSI WAG fire safety requirements.<br>The suspension ring shall be designed such that it either prevents                                                                                                                                                 | Equal                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

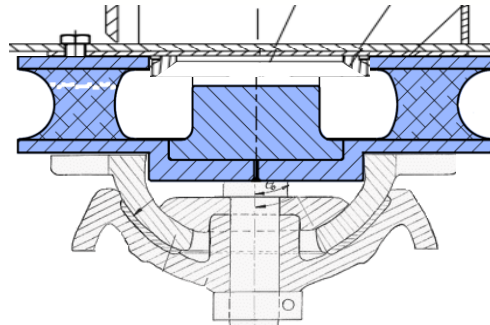
|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                |                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    | fire from occurring or limits the effect of fire.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                |                                                                                                                                                                                                                                     |
| Climate conditions | <p>The suspension ring shall fulfill the requirements of Zone T1 of the fire safety requirements</p> <p>Temperature: The suspension ring shall be able to function in zone T1, between -25 and +40 degrees Celsius</p> <p>Snow and Hail: The wagon shall stay operational under the conditions of 15mm hailstones, as specified in EN50125-1:2014</p> <p>The wagon shall be operational under the conditions of Snow Level S1, as specified in EN50125-1:2014</p> <p>General: Environmental conditions shall have no influence on the coupling capabilities of the wagon</p> | The requirement is not valid for the prototype | <p>The prototype will be tested under relatively normal conditions and not the extremities that are mentioned in this requirement.</p> <p><i>Consequence for test: Not possible to conduct the tests in extreme conditions.</i></p> |
| Geometry           | <p>The geometry of the suspension ring shall be such that it fits in the design of the standard wagon and bogie interface, according to UIC 510-1 Appendix 9A (Drawing , including standard centring and pivot parts</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Equal                                          | <i>Consequence for testwagon: It shall have a standard wagon/bogie interface.</i>                                                                                                                                                   |
| Installation       | Installation of the added components should be possible in normal workplace environment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                |                                                                                                                                                                                                                                     |

## 3. Ontwikkelde concepten

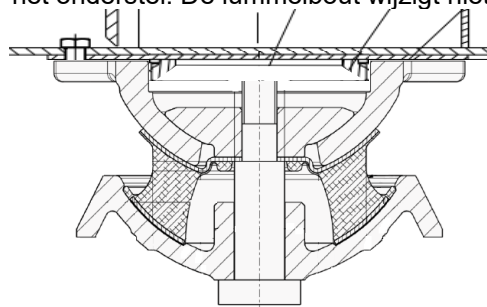
Op basis van de eisenset hebben twee leveranciers; LEVERANCIER A en LEVERANCIER B een concept veerelement ontwikkeld. Onderstaande figuren geven de standaard situatie en de beide concepten voor.



Standaard situatie: De bovenste draaikom is middels bouten aan het onderstel verbonden. Deze draait in de onderste draaikom, die op het middenframe van het draaistel is gelast. De lummelbout verbindt beide delen.



LEVERANCIER A: Hierbij wordt een rubber/staal deel geplaatst tussen de bovenste draaikom en het onderstel. De lummelbout wijzigt niet.



LEVERANCIER B: Hierbij wordt een rubber/staal deel geplaatst tussen beide draaikommen. De lummelbout wordt aangepast, zodat deze van onderaf door de assembly heen aangebracht kan worden en daarmee het rubber veerelement ook borgt.

Beide leveranciers hebben de concepten ook doorgerekend in FEM, om inzicht te geven in de te verwachten stijfheid en sterkte van het veerelement.

## 4. Conformiteit concepten

In onderstaande tabel is de conformiteit van beide concepten beschreven. De conformiteit met de eisen set is niet op alle aspecten 100%, haalbaar. Bijvoorbeeld de gewenste hoogte van het veerelement van 65 mm bleek niet haalbaar te combineren met de gewenste stijfheid. Ook is de conformiteit niet geheel aantoonbaar of aangetoond op basis van de beschikbare informatie. Deels omdat nog niet bekend is in welke wagon de veerelementen worden ingebouwd, deels omdat de eigenschappen van de rubber veerelementen nog niet 100% vaststaan of te bepalen zijn. Dat kan bijvoorbeeld pas na productie.

| Aspect                                        | LEVERANCIER A ontwerp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | LEVERANCIER B ontwerp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Requirements on wagon level                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Coupling capabilities                         | <p>Hoogte van de ring in beladen toestand (bij 400 kN preload) is circa 90 mm. Afhankelijk van de toleranties in de wagon en aanwezige vulplaten is er 65 tot 120 mm beschikbaar. Dit betekent dus dat niet zeker is dat de ring in alle gevallen past tov de max bufferhoogte uit de TSI. Obv de toestand van de wagons moet gecheckt worden of hij er tussen past of dat evt ontheffing nodig is.</p> <p>Note: In de email aan LEVERANCIER A van 13/1/2025 is aan LEVERANCIER A doorgegeven dat de hoogte van de rubber ring bij 200 kN voorspanning 100 mm mag zijn; daarmee is dit risico dus ingecalculeerd.</p> | <p>Hoogte van de ring in onbelaste toestand is 98.7 mm, bij 400 kN drukt deze 19-30 mm in (afhankelijk van stijfheid rubber) dus wordt de hoogte 80-68 mm.</p> <p>Afhankelijk van de toleranties in de wagon en aanwezige vulplaten is er 65 tot 120 mm beschikbaar. Dit betekent dus dat niet zeker is dat de ring in alle gevallen past tov de max bufferhoogte uit de TSI. Obv de toestand van de wagons moet gecheckt worden of hij er tussen past of dat evt ontheffing nodig is.</p> |
| Braking performance                           | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Transmitting brake forces from brake cylinder | Niet afhankelijk van ontwerp, wel checken in testtrein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Niet afhankelijk van ontwerp, wel checken in testtrein                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Running behaviour                             | Bekend is dat rotatiestijfheid 836 Nm/deg is bij een volle wagon. Voor testwagon nog te onderzoeken invloed op loopgedrag. Voor testwagon nog oplossing voor ophogen glijstukken nodig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Bekend is dat rotatiestijfheid 285 Nm/deg is bij een volle wagon. Voor testwagon nog te onderzoeken invloed op loopgedrag. Voor testwagon nog oplossing voor ophogen glijstukken nodig                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Curve behavior                                | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Gauging                                       | Oké, mits wagon niet te hoog is                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Oké, mits wagon niet te hoog is                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Loading/unloading                             | Oké, rubber kan statische payload (409 kN) aan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Oké, rubber kan statische payload (409 kN) aan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Maintainability                               | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Parking brake                                 | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Sound                                         | Extra geluid is wel een risico van het ontwerp; maar voor testtrein vinden we dit niet relevant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Extra geluid is wel een risico van het ontwerp; maar voor testtrein vinden we dit niet relevant                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Grounding                                     | Electrische geleiding is niet geborgd in ontwerp; in testtrein litze plaatsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Electrische geleiding is niet geborgd in ontwerp; in testtrein litze plaatsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Reliability/availability                      | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| LCC                                           | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Requirements on layer spring element level |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stiffness and damping                      | Rond een preload van 400 kN (beladen wagon) is de stijfheid van het element circa 25kN/mm (bij 45ShA), zie rapport AZ015205. Mbt damping opgaaf LEVERANCIER A (Ivan) 11/7/2025: we expect a Lehr damping coefficient around 0,039. Dit komt neer op damping circa 0.06 kNs/mm.<br>-> Stijfheid is hoger en damping lager dan gespecificeerd. Dwars/langsstijfheid is zeer hoog door de ingebouwde axiale geleiding.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Damping is een loss angle tussen de 12 en 18 graden. Materiaal met hardheid van 70-75 Sh (NR, NR/SBR, NR/BR)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Torsional stiffness                        | Bekend is dat rotatiestijfheid 836 Nm/deg is bij een volle wagon.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bekeen is dat de rotatiestijfheid 285 nm/deg is bij een volle wagon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Forces                                     | Komt de binnendiameter van de centreerring overeen met de "hard stop + geleiding"?<br>Is er voldoende hoogte van de centreerring beschikbaar met de inverting van de rubber ring?<br>Valt de geleiding niet buiten de centreerring bij het uitveren van de rubber ring?<br><br>Bij standaard centreerring geldt dat:<br>- De binnendiameter van de centreerring (170) groter is dan de hard stop (160)<br>- ER bij beladen wagon een speling is tot hard stop van 6 mm voor inveren, de hard stop komt in aanraking bij circa 600 kN. Dit is voldoende. En als de centreerring hoger is dan 6 mm valt hij er dus 'statisch' omheen. Minimale standaard centreerringhoogte is 30 mm. Dit gaat dus goed.<br>- Bij uitveren beladen wagon gaan we uit van een last op de ring van 200 kN. Dan is de ruimte boven de hardstop 16.5 mm. Als de centreerring dus hoger is dan 16.5 mm valt hij er om heen. Minimale standaard centreerringhoogte is 30 mm dus dit gaat goed.<br><br>-> kan pas def gecheckt als bekend is welke wagon je hebt met welke diameter/hoogte centreerring.<br>-> boutverbinding lijkt sterk genoeg. Definitieve check ook rekening houdend met wagon blijft nodig. | De vraag is of de uitgewerkte geleiding van de gladde bout voldoende robuust is om de dwarskracht in alle omstandigheden goed door te geleiden. Risico's zijn dat de inlegplaat ('special washer') omhoog wipt doordat die niet op zijn plek wordt gehouden door de bovenplaat rubber ring. Of dat de gladde bout vervormd. Of dat dat de geleiding van de gladde bout vervormd. Sterktebeschouwing is gemaakt => spanningen in de bout gaan over de vloei grens. |
| Lifting/jacking                            | LEVERANCIER A bevestigt dat de rubberring de trekkracht aankan.<br>Er moet nog een nette boutberekening komen voor de bevestiging van dit onderdeel!                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Er moet komt nog een check komen of dat de kop en het schroefdraad de van de gladde bout sterk genoeg is (risico beperkt)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Safety                                     | Vermoeiingstest van het prototype veerelement is voorzien in offerte LEVERANCIER A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Prototype van het rubber kan evt op de testbank voor deze controle, indien noodzakelijk.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Fire safety                                | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Climate conditions                         | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Oké                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Geometry                                   | Oké, uitgaande van standaard interface wagen/draaistel. Nog te controleren met geometrie testwagon.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Oké, uitgaande van standaard interface wagen/draaistel. Nog te controleren met geometrie testwagon.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Installation                               | Nog een openstaande vraag is of er nog voldoende bouwruimte blijft voor de lummelbout of dat deze in botsing komt met de onderzijde van de rubber ring. Zie email aan LEVERANCIER A per 6 februari 2026<br><br>Aandachtspunt is verder nog de bovenste boutbevestiging tussen onderstel en rubber ring;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Oké, geen grote issues voorzien. Rubber ring wordt toegevoegd tussen boven/onderkom.<br>Aandachtspunt is montage gladde bout; door de laatste aanpassing in design moet dat plaatsbaar zijn.                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|  |                                                                                                 |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | kan de bout van bovenaf worden geplaatst?<br>Component weegt circa 125 kg - is die te plaatsen? |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 5. Conditioes voor implementatie en inzet ontwikkelde concepten rubber ring

### Conditioes m.b.t. de selectie van de wagon:

- Wagon met relatief lage bufferhoogte en/of aanwezige opvulplaten die kunnen verwijderd, zodat de hoogtetoename door het plaatsen van het veerelement in beladen toestand niet leidt tot te hoge bufferhoogte na plaatsing. Dit betekent een wagon die (met 920 mm wielen, maar na verwijdering evt. opvulplaten) een bufferhoogte van max 1039 mm heeft – zie berekening bijlage 6)
- Een lage bouw, zodat na plaatsing van het veerelement de wagon niet te hoog wordt om binnen PVR te passen (bv containerwagon, platte wagon).
- Bij voorkeur een wagon die ook in zijdelingse richting marge heeft ten opzichte van PVR, en waarvan een profielberekening beschikbaar is.
- Een wagon met een interface tussen onderstel en draaikom die past met de ontwikkelde veerelementen (uitgegaan is van standaard interface vlgS UIC 510-1 uitgave 1/1/1978 Appendix 9A/tekening 100 M1250 0010 – zie bijlage 1 en 2, dus met centreerring zoals getekend in bijlage 3 of bijlage 4)
- Voor LEVERANCIER A: Een wagon waar voldoende montageruimte is om het rubber veerelement d.m.v. bouten te bevestigen.

### Conditioes m.b.t. de ombouw/vrijgave van de wagons

- Controle werking/vrijloop remsysteem na inbouw veerelement
- Ontwikkeling en aanbrenging extra aardingsmaatregelen (litze) in wagon (tgv elektrische isolatie van veerelement)
- Ontwikkeling en aanbrengen van maatregel om schuivende veerelementen op te hogen.

### Conditioes m.b.t. de veilige inzet testwagons:

- Wagons alleen in te zetten in max. beladen toestand en met minimale wieldiameter (uitgegaan wordt van 850 mm).
- Invloed loopstabiliteit te borgen door simulaties vooraf en/of bewaking tijdens de rit, op basis hiervan waarschijnlijk beperking van de inzett snelheid

### Conditioes m.b.t. de uitwerking van de rubber ring

#### LEVERANCIER B:

- Ontwikkelen maatregelen ter voorkoming loslopen moer lummelbout
- Definitief vaststellen stijfheid, sterkte en duurzaamheid veerelement op proefbank na productie

#### LEVERANCIER A:

- Controle en eventueel aanpassen ontwerp mbt inbouwruimte tussen kop lummelbout en onderzijde veerelement.
- Definitief opstellen boutberekening verbinding veerelement met draaikom en onderstel
- Definitief vaststellen stijfheid, sterkte en duurzaamheid veerelement op proefbank na productie

## **Bijlage 1 – UIC 510-01 Appendix 9A**

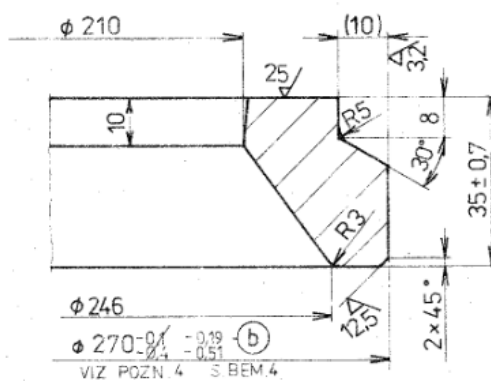
Deze tekening is te verkrijgen bij <https://shop.uic.org/>

## **Bijlage 2 – standaard draaikom samenstelling (100 M1254 0010)**

Deze tekening is te verkrijgen bij <https://shop.uic.org/>

## **Bijlage 3 – standaard centreerring – optie 1 (300 M 2129 0003)**

Deze tekening is te verkrijgen bij <https://shop.uic.org/>



## **Bijlage 5 – standaard draaikom (200 M1254 0006)**

Deze tekening is te verkrijgen bij <https://shop.uic.org/>

## Bijlage 6 – Uitgangspunten bufferhoogte

|    |                                                          |           |
|----|----------------------------------------------------------|-----------|
| A  | Max toelaatbare bufferhoogte (TSI)                       | 1065 mm   |
|    | Payload wagon                                            | 68700 kg  |
|    | Toename draaistelbelasting bij plaatsing belading        | 337.0 kN  |
|    | Indrukking primaire vering bij plaatsing belading        | 29.0 mm   |
| B  | Afname bufferhoogte tgv belading                         | 29.0 mm   |
| C  | Afname bufferhoogte tgv afdraaien wielen 920 naar 850 mm | 35 mm     |
|    | Hoogte rubber element bij beladen wagon                  |           |
| D1 | LEVERANCIER A                                            | 90 mm     |
| D2 | LEVERANCIER B (max)                                      | 80 mm     |
|    | Max bufferhoogte testwagon voor inbouw                   |           |
|    | LEVERANCIER A (=A-D1+B+C)                                | 1039.0 mm |
|    | LEVERANCIER B (=A-D2+B+C)                                | 1049.0 mm |

Bron zie [Y25 berekeningen.xlsx](#)