

Richtlijn

Validatie, kalibratie en periodieke controle van elektronische meetreien

Beherende instantie:
Inhoud verantwoordelijke:
Status:

AM Techniek
Manager Civiele Techniek & Utilities
Definitief

Datum van kracht: 01-10-2021	Versie: 001	Documentnummer: RLN00451-6
--	-----------------------	--------------------------------------

INHOUD

1	Revisiegegevens.....	3
2	Inleiding	4
2.1	Algemeen	4
2.2	Doelgroep en status	4
3	Toepassingsgebied	5
3.1	Algemeen	5
3.2	Gebruiksbeperkingen	5
4	Referenties, definities en normeringen	6
5	Filter voor het elektronisch meten van de verticale (las)geometrie (Pv)	8
6	Kwaliteitsbewaking van elektronische meetreien.....	12
6.1	Algemeen	12
6.2	Toelichting stap 1 "Validatie"	13
6.2.1	Meettoleranties validatie	13
6.2.2	Meetopstelling en –condities t.b.v. de validatie	13
6.2.3	Meetprotocol validatie	16
6.2.4	Toepassingsgebied validatie.....	17
6.3	Toelichting stap 2 "Kalibratie"	17
6.3.1	Meettoleranties kalibratie	17
6.3.2	Meetopstelling en –condities t.b.v. de kalibratie	17
6.3.3	Meetprotocol kalibratie	17
6.3.4	Toepassingsgebied kalibratie	18
6.4	Toelichting stap 3 "Periodieke controle"	18
6.4.1	Meettoleranties periodieke controle.....	18
6.4.2	Meetopstelling, -condities en -proces t.b.v. de periodieke controle gebruiker.....	18
6.4.3	Beheer periodieke controle gebruiker	19
6.4.4	Toepassingsgebied periodieke controle gebruiker	19
6.5	Toetsingskaders elektronische meetreien voor stap 1 t/m stap 3	20

1 Revisiegegevens

Datum	Versie	Hoofdstuk/ paragraaf	Wijziging
23/07/2021	1.0	algemeen	De XXX00451 serie is een geheel nieuw opgestelde serie en vervangt de XXX00127 serie en de ISV00002 serie.

2 Inleiding

De elektronische meetrei ten behoeve van het vaststellen van de geometrie door middel van de QI-waarde is voorgeschreven in de RLN00451(-4) regelgeving ten behoeve van de metallurgische voeglassen. ProRail hecht veel waarde aan de juiste geometrie omdat de spoorbelasting vanwege een slechte lasgeometrie sterk toeneemt, ook defecten in de tijd worden vaak veroorzaakt door een onjuiste geometrie.

2.1 Algemeen

Middels dit document geeft ProRail de eisen voor:

- type validatie (door een instantie die voldoet aan de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025 en/ of NEN-EN-ISO 9001:2015, waarbij kalibratieactiviteiten genoemd moeten zijn in de scope en de gebruikte standaarden een aantoonbaar herleidbaar certificaat (conform EN-ISO/IEC 17025) dienen te hebben);
- kalibratie (door een instantie die voldoet aan de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025 en/ of NEN-EN-ISO 9001:2015, waarbij kalibratieactiviteiten genoemd moeten zijn in de scope en de gebruikte standaarden een aantoonbaar herleidbaar certificaat (conform EN-ISO/IEC 17025) dienen te hebben) en
- periodieke controle (door de gebruiker zelf in de praktijk) van elektronische meetreien.

Een meetrei voldoet indien de rei de bovenstaande stappen heeft doorlopen.

De elektronische meetrei kan ingezet worden voor een spoorstaaf profielmeting in langsrichting (loopvlak en rijkant) over een lengte van 1000 mm. Het betreft het meten van de verticale en horizontale spoorstaafgeometrie. De eisen voor de verticale geometrie zijn gebaseerd op een speciale verwerkingsmethodiek, waarbij gemeten pijlwaarden via software worden omgewerkt naar hellingen en een dimensie loze afkeurgrenswaarde van "1" (Quality Index QI > 1 is afkeur).

De meetrei wordt hoofdzakelijk ingezet voor het meten van lasgeometrie. De eisen voor lasgeometrie in ProRail-spoor staan aangegeven in RLN00451-4.

2.2 Doelgroep en status

De elektronische meetreien moeten gebruikt worden door alle lasbedrijven en/of andere bedrijven voor het vastleggen van de verticale en horizontale spoorstaafgeometrie in lengterichting van metallurgische lassen. Deze elektronische meetreien moeten voldoen aan de eisen uit dit document.

Alleen vrijgegeven en gecertificeerde meetreien dienen te worden toegepast. Elke meetrei moet gekalibreerd zijn en periodiek gecontroleerd worden volgens de eisen in dit document.

3 Toepassingsgebied

3.1 Algemeen

Validatie voor de fabrikant/leverancier van de meetrei.

Kalibratie voor de gebruiker (bijvoorbeeld lasbedrijven) van de meetrei.

Periodieke controle van de meetrei door de gebruiker (bijvoorbeeld lasser of controleur) .

3.2 Gebruiksbeperkingen

De lasgeometrie, Pverticaal (in QI) en de Phorizontaal (in mm), dient bepaald te worden met de in dit voorschrift aangegeven elektronische meetreien.

De goed- en afkeurcriteria voor de geometrie van lassen staan in de RLN00451-4.

De elektronische meetrei moet op verschillende spoorstaafmaterialen (zoals C-staal, RVS en Mn-staal) in een 1,8 kV gelijkstroom en 25 kV wisselstroom spooromgeving kunnen meten.

4 Referenties, definities en normeringen

Voor referenties, definities en normeringen zie RLN00451-5. De meest relevante voor dit document zijn hieronder opgenomen.

Voeglassen:

Het metallurgisch verbinden van twee bovenbouwconstructiedelen door toevoer van warmte en/of druk. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van een toevoegmateriaal.

Oppervlaktelassen (oplassen):

Een oppervlaktelas is het metallurgisch aanbrengen van een metaal op/in een oppervlak door toevoer van warmte (en/of druk) ter verbetering van de oppervlakte-eigenschappen of het repareren van thermisch, mechanisch en/of chemisch beschadigde oppervlakken. Ook wel oplassen genoemd.

Opmerking: Inzet meetrei voor oplassing kleiner dan 900 mm.

Geaccepteerde instantie:

Een organisatie welke door ProRail geaccepteerd is om certificatie werkzaamheden uit te voeren.

In kader van deze richtlijn: Een instantie die voldoet aan de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025 en/ of NEN-EN-ISO 9001:2015, waarbij kalibratieactiviteiten genoemd moeten zijn in de scope en de gebruikte standaarden een aantoonbaar herleidbaar certificaat (conform EN-ISO/IEC 17025) dienen te hebben. Deze werkzaamheden vallen buiten de scope van ProRail zelf.

Elektronische meetrei:

Meetapparaat dat de (las-)geometrie in verticale en horizontale richting meet en vastlegt in een digitale meetfile. De meetrei heeft een meetlengte van 1000 mm en de geometrie wordt in stapjes van maximaal 5 mm opgeslagen (201 stapjes) over een (geslepen) lengte van maximaal 900 mm. Voor bijv. lassen bevindt de meetrei zich boven de las welke in het midden moet liggen.

Pv:

Maximum verticale pijlwaarde van de las/profiel in QI.

Ph;

Maximum horizontale pijlwaarde van de las/profiel in mm.

Filter (voor het elektronisch meten van de verticale (las)geometrie Pv):

Rekenkundige verwerking (filtering) van de 201 pijlwaarden tot 40 hellingswaarden, zijnde de eerste afgeleide van het signaalverloop over 25 mm. Het maximum van de 40 hellingen wordt gebruikt voor bepaling van de QI.

Snelheidsafhankelijke normwaarde:

Interventiewaarden in mrad afhankelijk van de snelheidscategorie van het betreffende spoor. De interventiewaarden zijn uit eerdere theoretische onderzoeken van verticale hellingen ten gevolge van spoorstaafonregelmaticheden en het daarmee samenhangende dynamische krachterspel bepaald.

Helling:

$$D(i) = \frac{y(i+1) - y(i)}{dx} \text{ met:}$$

$D(i)$: eerste afgeleide signaal

$y(i)$: hoogtecoördinaat meetsignaal geometrie (na middelen+filteren)

dx : sample-interval na filteren (25 mm)

QI:

Het maximum van de absolute waarde van de (discrete) 1^e afgeleide (filter) wordt genormeerd.

Het maximum van de absolute waarde van de 1^e afgeleide, geschaald met de snelheidsafhankelijke normwaarde, levert de (las)kwaliteitsindex QI (quality index) voor bijv. de betreffende las.

$$QI = \frac{Helling_{max}}{Helling_{norm}} \leq 1 \Rightarrow OK$$

Een waarde kleiner dan of gelijk aan 1 betekent goedkeuring, een waarde groter dan 1 betekent afkeuring van de geometrie/las.

5 Filter voor het elektronisch meten van de verticale (las)geometrie (Pv)

Normering voor de verticale (las)geometrie van spoorstaven

In deze RLN staan onderbouwing en methode van de nieuwe las/geometrie-normering voor spoorstaven beschreven. Hierin wordt het meetsignaal van de verticale (las-)geometrie met digitale rei eerst gefilterd, waarna de (las-)kwaliteitsindex, volgend uit de eerste afgeleide van het meetsignaal en de norm per baanvaksnelheid, bepaald wordt. Onderstaand wordt de implementatie van de nieuwe normering kort beschreven.

Bij de meetinstrumenten wordt de verticale railgeometrie iedere 5 mm gesampeld. Voor bewerking van de meetgegevens wordt in de normering het sample-interval vergroot naar 25 mm, om oneffenheden met een kortere lengteschaal uit te filteren.

Deze aanpassing vindt plaats in 2 stappen: in de 1e stap wordt het signaal uitgemiddeld over 5 punten; in de 2e stap wordt het sample-interval vergroot naar 25 mm.

Aan de randen van het meetsignaal worden 2 meetpunten toegevoegd; de coördinaten worden bepaald d.m.v. spiegelen (punt-symmetrisch). Aan beide zijden valt dan het eerste 'gefilterde' datapunt samen met de rand van het originele meetsignaal (Fig. 1).

Ad stap 1:

De uitmiddellingsprocedure van het ingemeten signaal is doorlopend (running average); d.w.z. dat het uitgemiddelde signaal evenveel coördinaten telt als het originele signaal.

Wanneer we de verticale coördinaten in het ingemeten signaal y , met toegevoegde punten aan de randen, beschrijven als $[y_{s3}, y_{s2} | y_1, y_2, y_3, \dots]$ (zie Fig. 1), kan het uitgemiddelde signaal beschreven

worden als: $\left[\frac{y_{s3} + y_{s2} + y_1 + y_2 + y_3}{5}, \frac{y_{s2} + y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{5}, \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}, \dots \right]$

Ad stap 2:

Het sample-interval wordt nu vergroot naar 25 mm; het signaal wordt gefilterd op iedere 5e coördinaat (strikt genomen hoeven de overige coördinaten dus niet berekend te worden). De betreffende verticale coördinaten worden gekozen vanaf de rand van het origineel ingemeten signaal en vervolgens in veelvouden van 5 posities (in Fig. 1 zijn dit dus de 3e, 8e, 13e etc. posities)

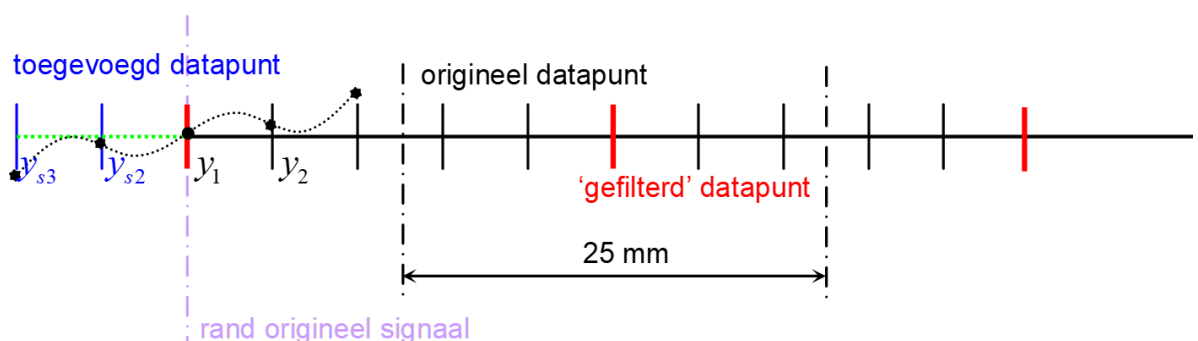


Fig. 1 Middeling, filtering en gevolgde methode aan randen meetsignaal

Een voorbeeld van de filtering voor een willekeurige lasgeometrie is gegeven in Fig. 2.

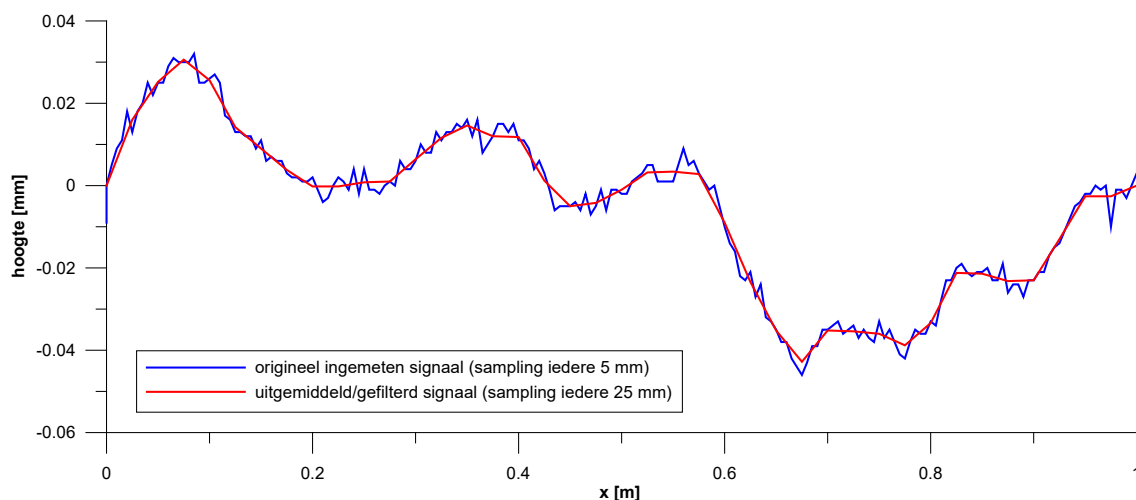


Fig. 2 Ingemeten signaal van de verticale railgeometrie en uitgemiddeld + gefilterd signaal

Na filtering wordt de (ruimtelijke) eerste afgeleide van het gefilterde discrete meetsignaal bepaald

(Fig. 3), via de formule: $D(i) = \frac{y(i+1) - y(i)}{dx}$ met:

$D(i)$: eerste afgeleide signaal

$y(i)$: hoogtecoördinaat meetsignaal geometrie (**na** middelen+filteren)

dx : sample-interval na filteren (25 mm)

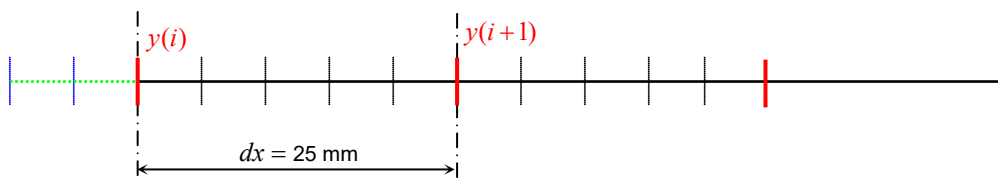


Fig. 3 Bepaling 1e afgeleide gefilterd meetsignaal

De waarden van de 1^e afgeleide behorend bij de **3 eindpunten aan beide randen** van het signaal worden vermenigvuldigd met resp. **70%**, **30%** en **0%** (in de richting van de rand), om het effect van randstoringen te vermijden.

Het maximum van de absolute waarde van de (discrete) 1^e afgeleide wordt genormeerd. De betreffende interventiewaarden zijn, per baanvaksnelheid, in milliradialen (mrad):

Tabel 1: Snelheid vs Helling

Snelheid in km/u	Helling in mrad
40	3.2
50	3.0
60	2.8
70	2.6
80	2.4
90	2.3
100	2.2
120	2.0
140	1.8
160	1.6
180	1.4
200	1.3
250	1.1
300	1.0

Het maximum van de absolute waarde van de 1^e afgeleide, geschaald met de snelheidsafhankelijke normwaarde, levert de *kwaliteitsindex QI* (quality index) voor bijv. de betreffende las.

$$QI = \frac{Helling_{max}}{Helling_{norm}} \leq 1 \Rightarrow OK$$

Een waarde kleiner dan of gelijk aan 1 betekent goedkeuring, een waarde groter dan 1 betekent afkeuring van de geometrie/las (ofwel voldoet niet aan de norm waarbij het resultaat eventueel aan ProRail voorgelegd kan worden middels een ACP00451).

In Fig. 4 is een voorbeeld gegeven van de grafische uitvoer van een meting van een verticale lasgeometrie. De geometrie is geschaald met de waarde 1 mm. De 1^e afgeleide van het meetsignaal wordt geschaald met de normwaarde per baanvaksnelheid en de absolute waarde is weergegeven. De baanvaksnelheid is dus een invoerparameter. De normwaarde zelf is op deze manier altijd 1.

In de grafische uitvoer worden zo uitsluitend dimensie loze grootheden weergegeven. Daarbij blijft de waarde 1 wat betreft de geometrie de betekenis 1 mm houden, wat van praktisch belang is. In de grafische uitvoer is onmiddellijk duidelijk of en waar de norm overschreden wordt. Men ziet dus direct waar de helling te groot is en hoe deze door bijv. slijpen gecorrigeerd kan worden. De las in Fig. 4 ligt in een baanvak voor 140 km/h met een norm van 1.80 mm/m. De gemeten QI bedraagt 1.06 en dus wordt de norm met 6 % overschreden. De pijlwaardegrafiek laat zien dat de helling daar ter plaatse net iets te groot is en deze eenvoudig door slijpen kan worden gecorrigeerd.

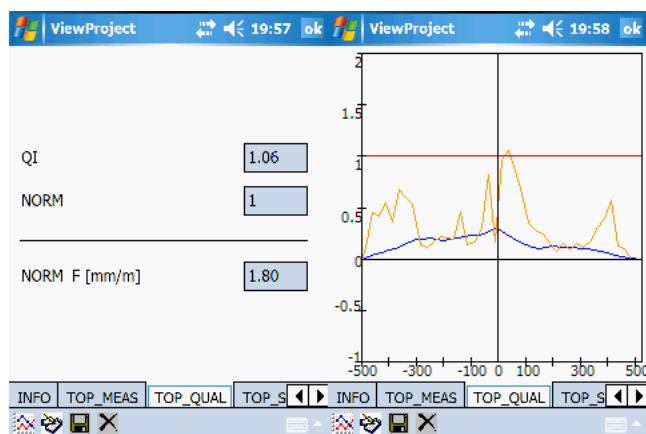


Fig. 4 Voorbeeld grafische uitvoer digitale meting verticale lasgeometrie

6 Kwaliteitsbewaking van elektronische meetreien

6.1 Algemeen

Een elektronische meetrei, hierna genoemd de Unit Under Test (UUT), dient een meetbereik te hebben van minimaal +1 mm (bolle las) en -2 mm (holle las).

Hiermee wordt ruimschoots zeker gesteld dat voor de snelheidsklasse 40 km/h en bijbehorende helling van 3,2 mrad (met een basis van 25 mm) en een mogelijk optredende maximum QI-waarde van 4 gemeten kan worden. De maximum verticale pijlwaarde is dan $25 \times (4 \times 0,0032) = 0,32$ mm.

De kwaliteitsbewaking van de elektronische meetreien is opgesplitst in drie stappen, te weten:

Stap 1: Validatie

Validatie van een type meetrei door een instantie die voldoet aan de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025 en/of NEN-EN-ISO 9001:2015, waarbij kalibratieactiviteiten genoemd moeten zijn in de scope en de gebruikte standaarden een aantoonbaar herleidbaar certificaat (conform EN-ISO/IEC 17025) dienen te hebben. Als toetsingskader gelden de eisen in de ProRail RLN00451-4 en het voorliggende document. Bij een positief resultaat voldoet dit type elektronische meetrei.

Stap 2: Kalibratie

Kalibratie *) van elke gebruikte meetrei door een instantie die voldoet aan de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025 en/of NEN-EN-ISO 9001:2015, waarbij kalibratieactiviteiten genoemd moeten zijn in de scope en de gebruikte standaarden een aantoonbaar herleidbaar certificaat (conform EN-ISO/IEC 17025) dienen te hebben.

Als toetsingskader gelden de eisen in de ProRail RLN00451-4 en het voorliggende document.

Bij een positief resultaat mag de elektronische meetrei gebruikt worden voor de in deze regelgeving genoemde periode of aantal metingen (zie 6.3.4).

Stap 3: Periodieke controle gebruiker

Periodieke**) controle van elke gebruikte meetrei door de gebruiker zelf in de praktijk.

Als toetsingskader gelden de eisen in de ProRail RLN00451-4 en het voorliggende document.

Bij een positief resultaat mag de elektronische meetrei gebruikt worden voor uit te voeren metingen in het veld.

De te gebruiken toetsingskaders zijn per stap samengevat in Tabel 2.

Per stap wordt hierna een toelichting gegeven.

Ter plaatse van de testopstelling (binnenklimaat) mag geen zonlicht kunnen doordringen.

De omgevingstemperatuur van de ruimte waar de testopstelling staat en de validaties en kalibraties worden uitgevoerd dient 21 °C +/- 3 °C te zijn.

*) Kalibratie is het vergelijken van de actuele meetwaarden met de waarden van een kaliber. Indien afwijkingen worden vastgesteld die de norm (6.3) overschrijden, dient justering plaats te vinden door de leverancier van het apparaat of onder licentie van de leverancier.

**) Periodiek: frequentie (bijv.: 1 x per week of na elke 50 metingen of voordat de meting in het veld wordt uitgevoerd) mag door de gebruiker zelf bepaald worden zolang de gebruiker de kwaliteit (voldoen aan de eisen zoals aangegeven in deze specificatie) van de metingen kan waarborgen.

6.2 Toelichting stap 1 “Validatie”

6.2.1 Meettoleranties validatie

Eisen worden gesteld m.b.t. meetnauwkeurigheid en reproduceerbaarheid.

Verticaal:

- Meetnauwkeurigheid: de meest strikte norm van ProRail (200-300 km/h - trajecten) bedraagt 1 millirad over 25 mm. Dit betreft een 2-tal trajecten in het conventionele netwerk. De meest frequente normwaarde is 1.8 mrad voor 140 km/h. De toe te laten tolerantie is 20% op de norm voor 140 km/h. Dit betekent een tolerantie van 0,36 mrad. Gegeven het feit dat de kwaliteit van nieuwe rail 0,7 mrad is met 95% betrouwbaarheid, is dit een redelijke waarde. De toegestane afwijking is dan ca. 50% van de ‘rechtheid’ van nieuwe rail. Voor conventioneel spoor is dit afdoende.
- Reproduceerbaarheid: 100% van de testmetingen dient te voldoen aan de harde afkeureis van +0,36 en -0,36 millirad voor de snelheidsklasse 140 km/h (QI 0,8 en 1,2 [-]).

Horizontaal:

- Toegestane afwijking van 20% op de normwaarde van 0.5 mm (eis voor 80 – 300 km/h) levert een horizontale tolerantie van $\pm 0,1$ mm; 100% van de testmetingen moet voldoen.

6.2.2 Meetopstelling en –condities t.b.v. de validatie

Hiervoor dienen bij voorkeur twee kalibers aanwezig te zijn :

Type A: Spoorstaaf met aangebrachte en nauwkeurig ingemeten V-vorm of cosinus-vorm;

Type B: Spoorstaaf met aangebrachte en nauwkeurig ingemeten V-vorm of cosinus-vorm en geroest.

Toepassing van alleen kaliber type A (niet geroest) is voldoende.

6.2.2.1 Type A kaliber spoorstaaf met aangebrachte V-vorm

Type A kaliber met V-vorm dient vervaardigd te zijn volgens onderstaande methodiek.

- Een spoorstaafsegment 54E1 ter lengte van 1,5 m wordt gezaagd. De restspanningen in de spoorstaaf worden uitgegloeid. Hierna (wanneer de oplegpunten vast liggen) wordt de kop van de spoorstaaf, aan de bovenzijde en aan de zijkant, volledig vlak bewerkt (mogelijk via lasertechnieken om de rechtheid te garanderen), waarbij de ronding van de kop mag worden afgevlakt in dwarsrichting.

Bovenzijde kaliber Type A spoorstaaf met V-vorm:

- In het spoorstaafoppervlak wordt aan de bovenzijde een dakvormige verticale inkeping aangebracht over een lengte van 300 mm ter weerszijde van het midden en met een topwaarde van - 0.54 mm, hetgeen theoretisch een helling van 1.8 mrad oplevert op voldoende afstand van de knikken. Ter plaatse van de knikken (de zijkanten en het midden van de dakvorm) dient een afrondingsstraal van 0,3 mm aangebracht te zijn. Dit zal door een precisie fijnmechanisch bedrijf dienen te worden uitgevoerd. Er dient ook een precisiemeting (pijlmaten) uitgevoerd te worden, waarvan de resultaten vervolgens maatgevend zijn en niet de theoretische waarde.

De inmeting van het kaliber dient door een geaccrediteerde instantie uitgevoerd te worden.

De meting dient een meetnauwkeurigheid te hebben van beter dan een factor 4 van de kalibratietolerantie. Van de kalibers dienen aantoonbaar herleidbare certificaten (conform EN-ISO/IEC 17025) van het inmeten aanwezig te zijn.

De gemeten pijlwaarden dienen vervolgens te worden gefilterd via het algoritme. De hieruit resulterende waarden voor pijlmaat en QI dienen als normen voor de validatie te worden gebruikt.

Fig. 5 toont een voorbeeld van een dergelijke spoorstaaf en het bijbehorende pijlwaarde- en QI-verloop.

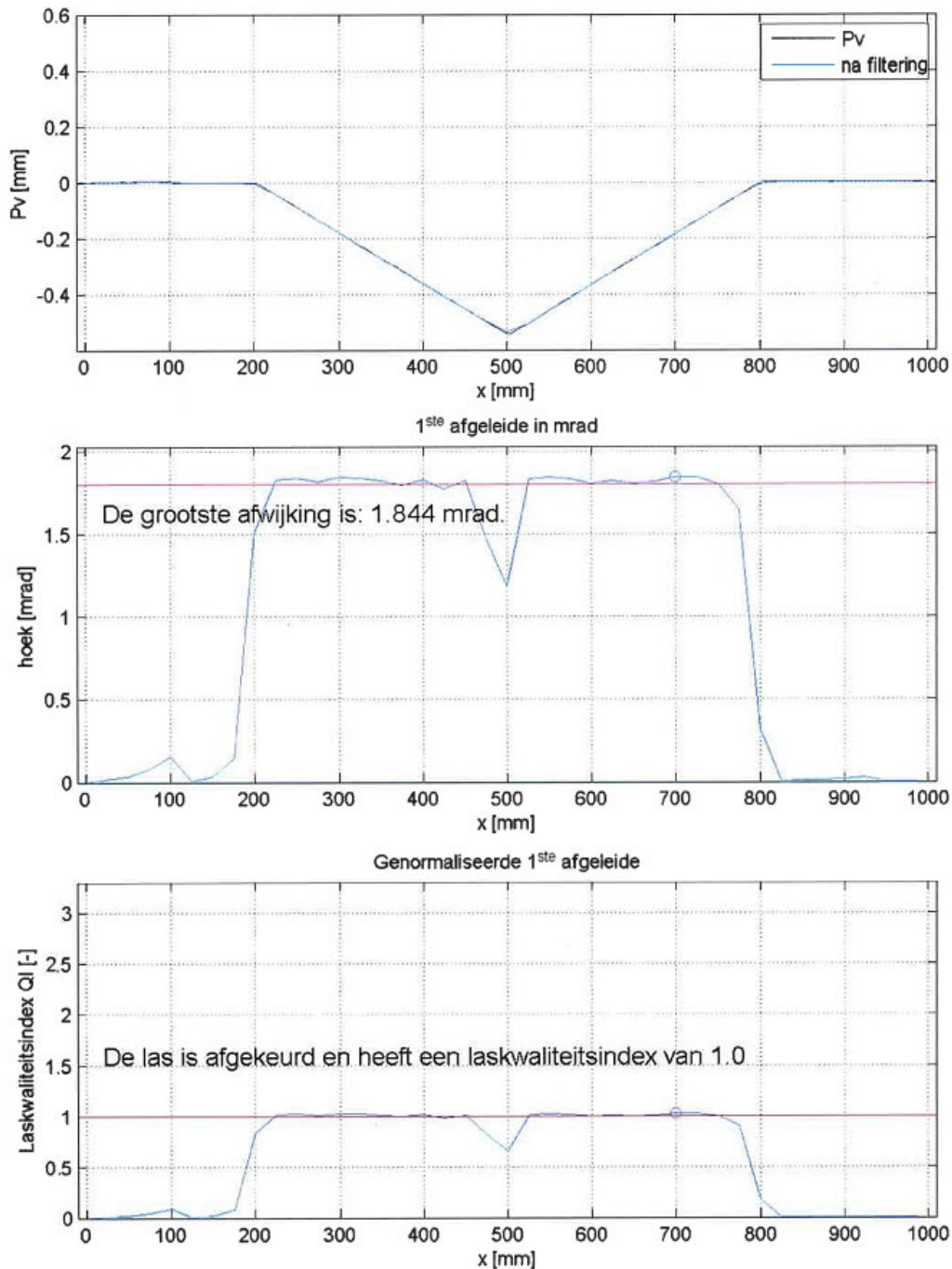


Fig.6 Voorbeeld inmeting dakvormige verticale inkeping kaliber Type A met P_v , hoek en QI-waarde

Opmerking: Indien het uit praktische overwegingen makkelijker zou zijn om de spoorstaaf van een positioneel dak te voorzien, dan bestaan daartegen geen bezwaren.

Zijkant kaliber Type A spoorstaaf met V-vorm:

- Aan de zijkant van de kop van het spoorstaafsegment wordt een trapvorm aangebracht. De trapvorm bestaat uit vijf delen en is symmetrisch aangebracht ten opzichte van het midden van het kaliber en ieder deel heeft een lengte van 200 mm. Het middelste deel van 200 mm (symmetrisch om het midden) is 0,6 mm diep, de daarnaast gelegen delen van iedere 200 mm zijn 0,4 mm diep en de daar naast gelegen delen van ieder 200 mm zijn 0,2 mm diep. Er dient ook een precisie meting (pijlmaten) uitgevoerd te worden, waarvan de resultaten vervolgens maatgevend zijn en niet de theoretische waarde.

Het spoorstaafkaliber wordt opgelegd ter plaatse van de momentennulpunten.

6.2.2.2 Type A kaliber spoorstaaf met aangebrachte cosinus-vorm

Type A kaliber met cosinus-vorm dient vervaardigd te zijn volgens onderstaande methodiek.

- Een spoorstaafsegment 54E1 ter lengte van 1,5 m wordt gezaagd. De restspanningen in de spoorstaaf worden uitgegloeid. Hierna (wanneer de oplegpunten vast liggen) wordt de kop van de spoorstaaf, aan de bovenzijde en aan de zijkant, volledig vlak bewerkt (mogelijk via lasertechnieken om de rechtheid te garanderen), waarbij de ronding van de kop mag worden afgevlakt in dwarsrichting.

Bovenzijde kaliber Type A spoorstaaf met cosinus-vorm:

- In het spoorstaafoppervlak wordt aan de bovenzijde een cosinus-vormige verticale inkeping gefabriceerd over een lengte van 500 mm en met een topwaarde van -0,3 mm. De QI van deze rail bedraagt 1,034 voor de baanvaksnelheid van 140 km/h. Dit zal door een precisie fijnmechanisch bedrijf dienen te worden uitgevoerd. Er dient ook een precisiemeting (pijlmaten) uitgevoerd te worden, waarvan de resultaten vervolgens maatgevend zijn en niet de theoretische waarde.

De inmeting van het kaliber dient door een geaccrediteerde instantie uitgevoerd te worden.

De meting dient een meetnauwkeurigheid te hebben van beter dan een factor 4 van de kalibratie tolerantie. Van de kalibers dienen aantoonbaar herleidbare certificaten (conform EN-ISO/IEC 17025) van het inmeten aanwezig te zijn.

De gemeten pijlwaarden dienen vervolgens te worden gefilterd via het algoritme. De hieruit resulterende waarden voor pijlmaat en QI dienen als normen voor de validatie te worden gebruikt.

Fig. 7 toont een voorbeeld van een dergelijke spoorstaaf.

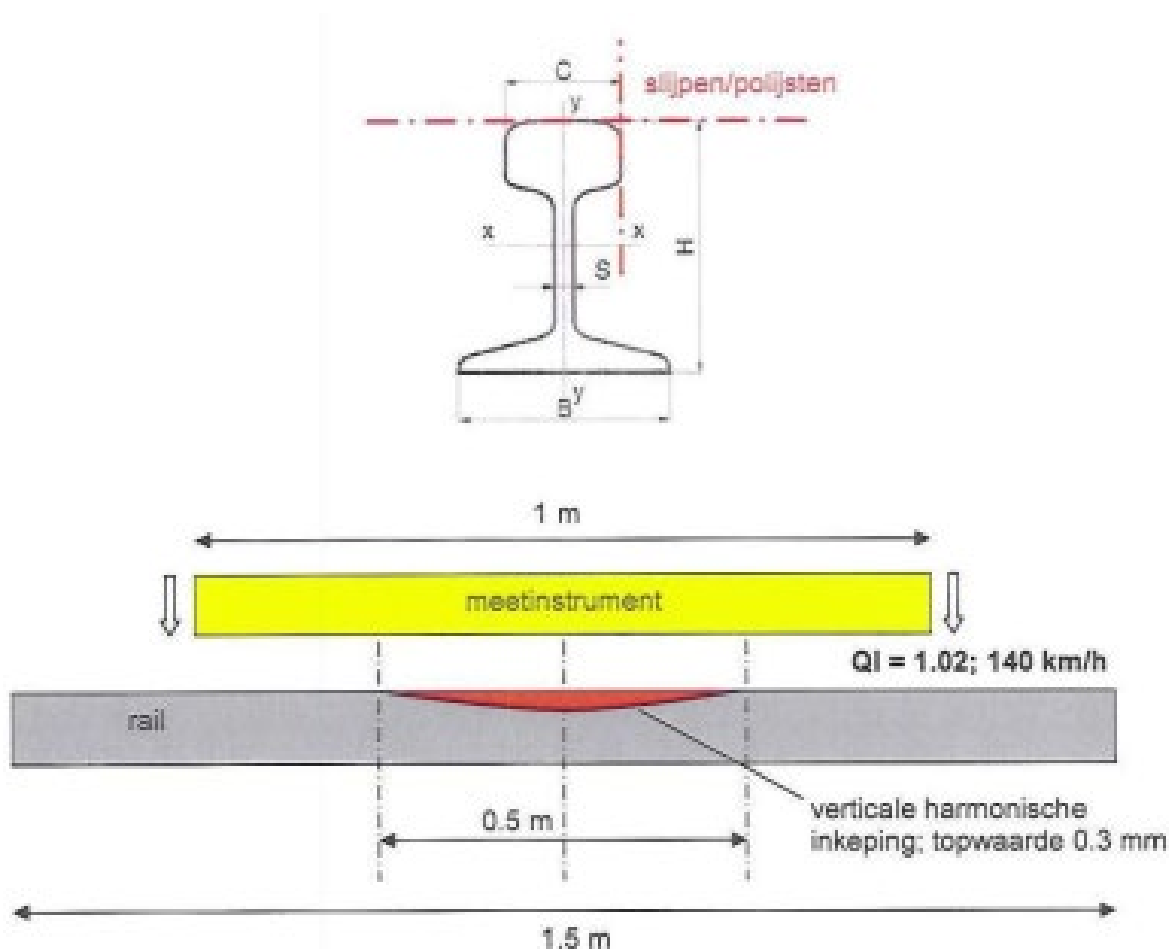


Fig. 7: Type A kaliber spoorstaaf met cosinus-vorm

Opmerking: Indien het uit praktische overwegingen makkelijker zou zijn om de spoorstaaf van een positioneel dak te voorzien, dan bestaan daartegen geen bezwaren.

Zijkant kaliber Type A spoorstaaf met cosinus-vorm:

- Aan de zijkant van de kop van het spoorstaafsegment wordt een trapvorm aangebracht. De trapvorm bestaat uit vijf delen en is symmetrisch aangebracht ten opzichte van het midden van het kaliber en ieder deel heeft een lengte van 200 mm. Het middelste deel van 200 mm (symmetrisch om het midden) is 0,6 mm diep, de daarnaast gelegen delen van ieder 200 mm is 0,4 mm diep en de daar naast gelegen delen van ieder 200 mm is 0,2 mm diep. Er dient ook een precisiemeting (pijlmaten) uitgevoerd te worden, waarvan de resultaten vervolgens maatgevend zijn en niet de theoretische waarde.

Het spoorstaafkaliber wordt opgelegd ter plaatse van de momentennulpunten

6.2.2.3 Type B kaliber Spoorstaaf met V-vorm of cosinus-vorm en geroest

Type B kaliber dient vervaardigd te zijn volgens onderstaande methodiek.

- Een tweede spoorstaafsegment 54E1 ter lengte van 1.5 m is een spoorstaaf met een nauwkeurig vastgestelde bekende geometrie.

Op dit spoorstaafsegment wordt een roest laag (imitatie walshuid nieuw walsprofiel) ofwel natuurlijk tot stand gebracht ofwel, via het aanbrengen van een laag, gesimuleerd.

Bovenzijde kaliber Type B:

Van dit spoorstaafsegment dient een precisiemeting (pijlmaten) uitgevoerd te worden, waarvan de resultaten vervolgens maatgevend zijn en niet de theoretische waarde.

De precisiemeting dient te geschieden voordat de roest laag wordt aangebracht.

De gemeten pijlwaarden dienen vervolgens te worden gefilterd via het algoritme. De hieruit resulterende waarden voor pijlmaat en QI dienen als normen voor de validatie te worden gebruikt.

Zijkant kaliber Type B:

Van dit spoorstaafsegment dient een precisiemeting (pijlmaten) uitgevoerd te worden, waarvan de resultaten vervolgens maatgevend zijn.

6.2.3 Meetprotocol validatie

Algemeen:

Het meetinstrument wordt 10 maal op zowel de geslepen spoorstaaf/standaard als de spoorstaaf met gecorrodeerd oppervlak geplaatst, waarbij telkens een geometriemeting wordt verricht. In totaal dus 20 metingen. De afwijkingen van de verrichte metingen met de nauwkeurig vastgelegde en gecertificeerde waarden voor de helling (verticaal QI) en de pijl-waarde (horizontaal Ph) van het kaliber worden per meting vastgelegd. 100% van de metingen moet voldoen aan de eisen onder 1.

Uitvoering:

- De testmetingen 1-5 worden verricht voor zowel voor het kaliber type A met de aangebrachte V-vorm als voor het geroeste kaliber type B (indien toegepast). De volgende 2 punten betreffen het simuleren van de fluctuerende meetomstandigheden in de praktijk, als: zon, schaduw, vorst, temperatuurwisseling transport - gebruik, regen en vocht.
- Het meetinstrument wordt, na 5 metingen per kaliber, bij voorkeur onderworpen aan een temperatuurverandering van tenminste 10°C (koelkast). Hierna worden de testmetingen 6-10 verricht voor het kaliber met inkeping en de testmetingen 6-9 voor het gecorrodeerde kaliber (indien toegepast).

- Het spoorstaafoppervlak van het gecorrodeerde kaliber wordt, voorafgaand aan meting 10 op dit kaliber (indien toegepast), nat gemaakt (spons).
- De door het meetinstrument gemeten en opgeslagen ruwe pijlwaarden (201 stuks) worden toegevoerd aan een gevalideerde QI-filter softwaremodule.

De gevalideerde QI-filter softwaremodule dient van de instantie te zijn die de validatie uitvoert. Met deze stap wordt het software algoritme in het meetinstrument gecontroleerd.

Uitgifte meetrapport en certificaat:

De validerende instantie vervaardigt een meetrapport met vermelding van de gemeten meetwaarden en bij voldoen aan de normwaarden (Pass) wordt een goedkeuringscertificaat afgegeven.

Bij het niet voldoen (Fail) gaat de meetrei terug naar de leverancier. Het meetrapport en het certificaat worden uniek gekoppeld aan het betreffende type meetinstrument met vermelding van de softwareversie.

Beheer:

Goed- en afkeur per instrument worden door de eigenaar/gebruiker bijgehouden in een database, ter beschikking van ProRail.

6.2.4 Toepassingsgebied validatie

Een meetinstrument dient gevalideerd te worden als:

- een leverancier wil aantonen dat een nieuwe meetrei voldoet;
- een meetrei die voldeed een hardware-matige aanpassing heeft ondergaan, die de bepaling van de QI kan beïnvloeden en
- een meetrei die voldeed een softwarematige aanpassing heeft ondergaan, die de bepaling van de QI kan beïnvloeden.

De hardware en software dienen een versienummer te hebben, welke bij de validatie en kalibratie worden geregistreerd. Bij twijfel houdt ProRail zich het recht voor om de actuele staat van de hard- en software te vergelijken met de laatst uitgevoerde validatie van de meetrei.

6.3 Toelichting stap 2 “Kalibratie”

6.3.1 Meettoleranties kalibratie

Idem aan validatie.

6.3.2 Meetopstelling en –condities t.b.v. de kalibratie

Idem aan validatie.

6.3.3 Meetprotocol kalibratie

Algemeen

Het meetinstrument wordt 3 maal op zowel de geslepen spoorstaaf/standaard als de spoorstaaf met gecorrodeerd oppervlak geplaatst (indien deze gebruikt wordt), waarbij telkens een geometriemeting wordt verricht. In totaal dus 3 of 6 metingen. De afwijkingen van de verrichte metingen met de nauwkeurig vastgelegde en gecertificeerde waarden voor de helling (verticaal QI) en de pijlwaarde (horizontaal Ph) van het kaliber worden per meting vastgelegd. 100% van de metingen moet voldoen aan de eisen onder 6.2.1.

Uitvoering

Het QI-filter wordt bij de kalibratie niet getest, dit wordt afgedekt bij de stap validatie.

Uitgifte meetrapport en certificaat

Een meetrapport wordt vervaardigd met vermelding van de gemeten meetwaarden en bij voldoen aan de normwaarden wordt een kalibratiecertificaat afgegeven. Het meetrapport en het certificaat worden uniek gekoppeld aan het betreffende meetinstrument, de Unit Under test (UUT), met vermelding van de UUT-softwareversie.

Beheer

Goed- en afkeur per instrument worden centraal bij de kalibratie-instantie bijgehouden in een database. De instantie voldoet aan de norm NEN-EN-ISO/IEC 17025 en/ of NEN-EN-ISO 9001:2015, waarbij kalibratieactiviteiten genoemd moeten zijn in de scope en de gebruikte standaarden een aantoonbaar herleidbaar certificaat (conform EN-ISO/IEC 17025) dienen te hebben. Deze database staat ter beschikking van ProRail. De gebruiker van de meetrei dient het aantal metingen per jaar bij te houden. Deze informatie staat ter beschikking van ProRail

6.3.4 Toepassingsgebied kalibratie

Een meetinstrument dient op de volgende momenten gekalibreerd te worden:

- bij een afwijking van groter of gelijk aan 8 % bij de periodieke controle door de gebruiker t.o.v. de waarden van het kaliber van de gebruiker;
- eens in de 2 jaar als de gebruiker heeft aangetoond dat de laatste drie achtereenvolgende jaarlijkse kalibraties voldeden aan de gestelde eisen, zonder dat justeringen zijn uitgevoerd. Indien de gebruiker dit niet kan aantonen is de kalibratietermijn één jaar;
- na 3000 opgeslagen metingen bij een kalibratietermijn van twee jaar of 1500 opgeslagen metingen bij een kalibratietermijn van één jaar.

Al naargelang wat het eerst aan de orde is.

6.4 Toelichting stap 3 “Periodieke controle”

6.4.1 Meettoleranties periodieke controle

Verticaal

Tijdens het gebruik mag de output van de meetrei in verticale richting niet meer verlopen dan 8%, gerekend vanaf het moment van een validatie of kalibratie door een geaccepteerde instantie. Voor de periodiciteit zie onderaan Tabel 2 in 6.5.

Horizontaal

Tijdens het gebruik mag de output van de meetrei in horizontale richting niet meer verlopen dan 8%, gerekend vanaf het moment van een validatie of kalibratie door een geaccepteerde instantie. Voor de periodiciteit zie onderaan Tabel 2 in 6.5.

6.4.2 Meetopstelling, -condities en -proces t.b.v. de periodieke controle gebruiker

Verticaal

Na een officiële kalibratie van de meetrei door de geaccepteerde instantie wordt door de gebruiker, tussen oplevering van de gekalibreerde meetrei en vóór het eerste gebruik in productie, een meting op een eigen kaliber uitgevoerd. De meetresultaten ($QI_{eigen,start}$) worden aan de geaccepteerde instantie beschikbaar gesteld. De geaccepteerde instantie beheert en archiveert deze meetresultaten.

Als kaliber van de gebruiker kan een willekeurig stuk spoorstaaf ter lengte van 1,5 m gebruikt worden met een QI bij 140 km/u van $1 \pm 0,2$. Dit eigen kaliber hoeft niet officieel gekalibreerd te worden.

Tijdens de productie-levensduur van de rei dient regelmatig (tussen productie-inzetten) via een meting op het eigen kaliber (QI_{check}) gecontroleerd te worden of het instrument nog voldoet, volgens de volgende formule:

$$\left| \frac{QI_{check}}{QI_{eigen,start}} - 1 \right| \leq 0,08$$

Dit voorschrift betekent dat de rei maximaal 8% mag ‘verlopen’.

Bij afkeur aanbieden aan producent en daarna aan geaccepteerde instantie.

Voorbeeld:

$Q_{\text{eigen,start}} = 1,12$

$Q_{\text{check}} = 1,08$

Invullen van de formule levert: $\text{ABS}((1,08/1,12) - 1) = 0,0357$.

En $0,0357 \leq 0,08$ dus de rei voldoet nog en is geschikt voor productie inzetten.

Horizontaal

Na een officiële kalibratie van de meetrei door de geaccepteerde instantie wordt door de gebruiker, tussen oplevering van de gekalibreerde meetrei en vóór het eerste gebruik in productie, een meting op een eigen kaliber uitgevoerd. De meetresultaten ($Ph_{\text{eigen,start}}$) worden aan de geaccepteerde instantie beschikbaar gesteld. De geaccepteerde instantie beheert en archiveert deze meetresultaten.

Als kaliber van de gebruiker kan een willekeurig stuk spoorstaaf ter lengte van 1.5 m gebruikt worden met een Ph van ongeveer 0,5 mm. Dit eigen kaliber hoeft niet officieel gekalibreerd te worden.

Tijdens de productielevensduur van de rei dient regelmatig (tussen productie-inzetten) via een meting op het eigen kaliber (Ph_{check}) gecontroleerd te worden of het instrument nog voldoet, volgens de volgende formule:

$$\left| \frac{Ph_{\text{check}}}{Ph_{\text{eigen,start}}} - 1 \right| \leq 0,08$$

Dit voorschrift betekent dat de rei maximaal 8% mag 'verlopen'.

Bij afkeur aanbieden aan producent en daarna aan geaccepteerde instantie.

Voorbeeld:

$Ph_{\text{eigen,start}} = 0,52$

$Ph_{\text{check}} = 0,54$

Invullen van de formule levert: $\text{ABS}((0,54/0,52) - 1) = 0,039$.

En $0,039 \leq 0,08$ dus de rei voldoet nog en is geschikt voor productie inzetten.

6.4.3 Beheer periodieke controle gebruiker

Goed- en afkeur per instrument worden door de gebruiker bijgehouden en vastgelegd, ter beschikking van ProRail.

6.4.4 Toepassingsgebied periodieke controle gebruiker

De controle frequentie (bijv.: 1 x per dag of voordat de meting in het veld wordt uitgevoerd) mag door de gebruiker zelf bepaald worden zolang de gebruiker de kwaliteit (voldoen aan de eisen zoals vermeld in deze specificatie) van de metingen kan waarborgen.

6.5 Toetsingskaders elektronische meetreien voor stap 1 t/m stap 3

De toetsingskaders voor de stappen 1 t/m 3 zijn weergegeven in onderstaande Tabel 2.

Tabel 2 : Toetsingskaders elektronische meetreien voor stap 1 t/m stap 3

Nr.	Onderwerp	STAP 1 Validatie door een instantie die voldoet aan hetgeen in par. 6.1 beschreven is	STAP 2 Kalibratie door een instantie die voldoet aan hetgeen in par. 6.1 beschreven is	STAP 3 Periodieke con- trole door ge- bruiker
1	Gebruik maken van kaliber type A met V-vorm of met cosinus-vorm (nauwkeurig ingemeten): ongeroest	Ja	Ja	Nee
2	Gebruik maken van kaliber type B met V-vorm of met cosinus-vorm (nauwkeurig ingemeten) : geroest	Bij voorkeur	Bij voorkeur	Nee
3	Gebruik maken van eigen niet ingemeten kaliber	Nee	Nee	Ja
4	Frequentie	Eenmalig per : • Type; • Hardware uitvoering; • Software versie	• 1 x per jaar of per twee jaar; • Na 1.500 of 3000 metingen. Zie par. 6.3.4.	Periodiek *)
5	Toegestane afwijking Verticaal QI	20 % van Waarde $QI_{\text{officieel}}$ (ordegrootte: $20 \% \times 1,8 \text{ mrad} = 0,36 \text{ mrad}$)	20 % van waarde $QI_{\text{officieel}}$ (ordegrootte: $20 \% \times 1,8 \text{ mrad} = 0,36 \text{ mrad}$)	QI_{check} mag maximaal 8 % van $QI_{\text{eigen, start}}$ afwijken. (ordegrootte: 0,14 mrad)
6	Reproduceerbaarheid: Waarde QI [-]	+ en – 0,2	+ en – 0,2	n.v.t.
7	Reproduceerbaarheid QI : % vd uitgevoerde metingen	100 %	100 %	n.v.t.
8	Toegestane afwijking Horizontaal pijlwaarde Ph (100 % vd metingen)	20 % van de maximale waarde $Ph_{\text{officieel}}$ (ordegrootte: $20 \% \times 0,6 \text{ mm} = 0,12 \text{ mm}$)	20 % van de maximale waarde $Ph_{\text{officieel}}$ (ordegrootte: $20 \% \times 0,6 \text{ mm} = 0,12 \text{ mm}$)	Ph_{check} mag maximaal 8 % van $Ph_{\text{eigen, start}}$ afwijken (ordegrootte: 0,048 mm)
9	Totaal aantal metingen eigen niet ingemeten kaliber	n.v.t.	n.v.t.	3
10	Totaal aantal metingen kaliber type A (ongerost)	10	3	n.v.t.
11	Totaal aantal metingen kaliber type B (geroest) indien toegepast	10	3	n.v.t.
12	% dat moet voldoen aan toegestane afwijking per meting per kaliber	100 %	100 %	100 %

13	Meetserie bij omgevingstemperatuur kaliber type A (ongeroot)	Nr. 1 t/m 5	Nr. 1 t/ m 3	n.v.t.
14	Meetserie bij omgevingstemperatuur kaliber type B (geroot)	Nr. 1 t/m 5	Nr. 1 t/m 3	n.v.t.
15	Meetserie met gekoelde meetrei (delta T >= 10 °C) kaliber type A (ongeroot)	Nr. 6 t/m 10	Geen	n.v.t.
16	Meetserie met gekoelde meetrei (delta T >= 10 °C) kaliber type B (geroot) indien toegepast	Nr. 6 t/m 9	Geen	n.v.t.
17	Meetserie met gekoelde meetrei (delta T >= 10 °C) en nat gemaakte kaliber type B (geroot) indien toegepast	Nr. 10	Geen	n.v.t.
18	Vervaardigen meetrapport met meetwaarden en aanduiding pass / fail	Ja	Ja	n.v.t. Wel registratie bijhouden
19	Vervaardigen certificaat bij voldoen aan de norm	Ja	Ja	n.v.t.
20	Resultaten pass / fail per unieke meetrei centraal bijhouden in database	Ja	Ja	n.v.t. Wel registratie bijhouden
21	Meetrei meetdata toe voeren aan filter-module van een geaccepteerde instantie ter verificatie van de berekening van het filter tot QI	Ja	Nee	n.v.t.

*) Periodiek: met een frequentie (bijv.: 1 x per week of na elke 50 metingen of voordat de meting in het veld wordt uitgevoerd. Indien een overschrijdingswaarde > 8 % wordt vastgesteld, dienen de veldmetingen vanaf de datum van de laatste controle als verdacht te worden beschouwd (nieuwe meting uitvoeren).