

Spanningskwaliteit in Nederland

Resultaten 2016

Kenmerk : RA-LD-170003429 / Versie 1.0

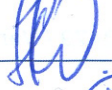
Datum : 25 april 2017

Netbeheer Nederland, vereniging van energienetbeheerders in Nederland

De vereniging Netbeheer Nederland is de belangenbehartiger van de landelijke en regionale elektriciteit- en gasnetbeheerders. Netbeheer Nederland is het aanspreekpunt voor netbeheerders aangelegenheden. De netbeheerders hebben twee hoofdtaken: zij faciliteren het functioneren van de markt en zij beheren de fysieke net-infrastructuur. Lid van deze vereniging zijn de wettelijk aangewezen landelijke en regionale netbeheerders voor elektriciteit en gas. Netbeheer Nederland organiseert het overleg met marktpartijen over aanpassingen van de marktfacilitering. Netbeheer Nederland doet namens de gezamenlijke netbeheerders voorstellen voor aanpassingen van de wettelijk verankerde codes voor ondermeer de structuur van de nettarieven. Netbeheer Nederland stelt ook de algemene voorwaarden op voor aansluiting en transport.

Autorisatieblad**Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2016**

Versie	Toelichting	Datum
0.1 (concept)	Ter review aangeboden aan leden contactgroep Spanningskwaliteit	14 april 2017
1.0 (definitief)	Commentaar van de contactgroep verwerkt	25 april 2017

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Tom Bogaert & Luuk Derksen		20 april 2017
Gecontroleerd door	Hans Wolse		24 april 2017
Vrijgegeven door	Rik Luiten		25 april 2017

Samenvatting

In opdracht van Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar, met ondersteuning van een onafhankelijk ingenieursbureau, het project Spanningskwaliteit in Nederland uit. Binnen dit project worden spanningsmetingen getoetst aan de kwaliteitscriteria zoals vastgelegd in de Netcode Elektriciteit [1] en NEN-EN 50160 [2]. Op basis van de meetresultaten wordt per netvlak een uitspraak gedaan over de landelijke spanningskwaliteit. Bij toetsing van de metingen zijn voor alle netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningsvervorming. Aanvullend worden in het (extra) hoogspanningsnet spanningsdips geanalyseerd.

Onderdeel van het project is het onderliggend rapport. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van metingen die het afgelopen jaar zijn uitgevoerd. Daarnaast worden trendanalyses getoond van de meetresultaten van de afgelopen 10 jaar. Meer informatie over de individuele metingen waarop dit rapport gebaseerd is, vindt u op www.UwSpanningskwaliteit.nl.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de bruikbare weekmetingen die in 2016 zijn uitgevoerd. Per netvlak wordt verder aangegeven bij hoeveel metingen een overschrijding heeft plaatsgevonden. De toezichthouder ACM eist dat er in zowel het laag- als middenspanningsnetvlak tenminste 250 weekmetingen worden uitgevoerd. Aan deze eis is ruim voldaan. In het (extra) hoogspanningsnet is in 2016 bij vrijwel alle klantaansluitingen de spanningskwaliteit bewaakt. Het rechterdeel van de tabel toont per netvlak en spanningsverschijnsel het aantal weekmetingen waarbij een overschrijding is geconstateerd.

Tabel S0.1: Bruikbare weekmetingen en overschrijdingen

Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
		Langzame spanningsvariatie	Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonisch en (incl. THD)
LS	263	-	2	-	60
MS	264	-	2	1	1
HS	3439	-	5	53	24
EHS	1010	121	1	1	-

In het **laagspanningsnetvlak** zijn 263 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Er zijn 62 metingen met overschrijding geconstateerd. Zestig metingen hebben een overschrijding ten aanzien van de harmonischen waarvan er 59 een overschrijding van de 15^e harmonische betreft. Verder zijn bij twee weekmetingen overschrijdingen opgetreden op het gebied van snelle spanningsvariatie. Bij de overige spanningsverschijnselen is geen overschrijding geconstateerd. Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2016 tussen de 72% en 82% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de 15^e harmonische. Met betrekking tot de overige verschijnselen wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2016 tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het **middenspanningsnetvlak** zijn 264 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Bij drie metingen zijn overschrijdingen geconstateerd. Bij twee metingen betreft het een overschrijding van de snelle spanningsvariatie, waarvan één meting ook een overschrijding laat zien van de asymmetrie. Bij de derde meting betreft het een overschrijding van de 11^e harmonische. Aan de hand van deze meetresultaten wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2016 tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle spanningsverschijnselen.

In het **hoogspanningsnetvlak** zijn bij 77 van de 3439 geanalyseerde weekmetingen overschrijdingen geconstateerd. Het betreft overschrijdingen van de snelle spanningsvariatie, spanningsasymmetrie en individuele harmonische. Aan de hand van deze meetresultaten wordt gesteld dat de klantaansluitingen in 2016 tussen de 97% en 98% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle spanningsverschijnselen. Uit de meetresultaten blijkt verder dat er gemiddeld 9,2 spanningsdips per meetlocatie zijn geregistreerd.

In het **extra hoogspanningsnetvlak** zijn bij 121 weekmetingen van de 1010 geanalyseerde weekmetingen overschrijdingen geconstateerd ten aanzien van langzame spanningsvariatie (99,9%-max). Daarnaast is bij één weekmeting een overschrijding opgetreden ten aanzien van de snelle spanningsvariatie en bij één weekmeting een overschrijding ten aanzien van de asymmetrie. Aan de hand van deze meetresultaten wordt gesteld dat de klantaansluitingen in 2016 tussen de 88% en 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle spanningsverschijnselen. Uit de meetresultaten blijkt verder dat er gemiddeld 5,6 spanningsdips per meetlocatie zijn geregistreerd.

Opgemerkt wordt dat van 3 tot en met 7 januari 2016 het fenomeen “Lijndansen” heeft opgetreden. Als gevolg van de combinatie ijzel, temperatuur en wind zijn de geleiders in de hoogspanningslijnen gaan bewegen (dansen). Hierdoor is overslag tussen de geleiders opgetreden. Dit heeft geresulteerd in relatief grote aantallen spanningsdips in het HS- en EHS-net. Lijndansen wordt gezien als een bijzondere omstandigheid die niet onder de normale bedrijfstoestand valt. De gemiddelde aantallen die hierboven zijn genoemd, zijn exclusief lijndansen. Het aantal spanningsdips inclusief lijndansen ligt hoger.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Bewaakte spanningsverschijnselen	8
2.1 Langzame spanningsvariatie	8
2.2 Snelle spanningsvariatie	8
2.3 Spanningsasymmetrie	9
2.4 Harmonische vervorming	9
2.5 Spanningsdips	10
3 Spanningskwaliteit in 2016	11
3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen	11
3.2 Laagspanningsnetvlak	12
3.3 Middenspanningsnetvlak	14
3.4 Hoogspanningsnetvlak	14
3.5 Extra hoogspanningsnetvlak	19
4 Trendanalyse	24
4.1 Langzame spanningsvariatie	25
4.2 Snelle spanningsvariatie	31
4.3 Spanningsasymmetrie	35
4.4 Totale harmonische vervorming	37
5 Ontwikkelingen PQM-project	40
Referenties	42
Bijlagen	43
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	44
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	48
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	52
Bijlage D: Spanningsdips hoogspanningsnetvlak	54
Bijlage E: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak	56
Bijlage F: Spanningsdips extra hoogspanningsnetvlak	58
Bijlage G: Toelichting overschrijdingen LS en MS	60
Bijlage H: Toelichting overschrijdingen HS en EHS	65
Bijlage F: Metingen en overschrijdingen, 2007 – 2016	74
Colofon	75

1 Inleiding

In opdracht van Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar het project Spanningskwaliteit in Nederland uit. De overheid stelt binnen wet- en regelgeving eisen aan de elektriciteitsnetten van Nederland, waaronder de spanningskwaliteit. Controle op naleving van deze eisen wordt gedaan door de Autoriteit Consument & Markt (ACM). Dit project staat ook bekend als PQM-project en geeft op basis van metingen inzicht in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. De trekking, verwerking en toetsing van de metingen wordt door een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau uitgevoerd.

In het voorliggende rapport worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteit voor de verschillende netvlakken binnen Nederland in 2016. Daarnaast vindt een trendanalyse plaats op basis van de meetresultaten van de afgelopen tien jaar. Dit rapport is de rapportage zoals bedoeld in artikel 6.1.4 van de Netcode en wordt digitaal beschikbaar gesteld via de website www.netbeheernederland.nl. In de Netcode Elektriciteit [1] is bepaald dat de spanningskwaliteit moet voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria. Deze criteria zijn een verscherpte versie van de kwaliteitseisen uit de norm NEN-EN 50160 [2]. Bij toetsing van de metingen zijn voor alle netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Aanvullend wordt voor het (extra) hoogspanningsnetvlak ook gerapporteerd over spanningsdips.

Binnen het project wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende netvlakken:

- Laagspanning (LS): nominale spanning ≤ 1 kV;
- Middenspanning (MS): nominale spanning > 1 kV en < 35 kV;
- Hoogspanning (HS): nominale spanning ≥ 35 kV en ≤ 150 kV;
- Extra Hoogspanning (EHS): nominale spanning > 150 kV en ≤ 380 kV.

Binnen het PQM-project vindt ieder jaar in zowel het LS- als MS-netvlak een aselechte trekking plaats uit EAN-codes. Er worden per netvlak 270 EAN-codes getrokken. Deze worden vervolgens gekoppeld aan een postcode. De desbetreffende netbeheerder moet in dit postcodegebied een power quality meting uitvoeren. Indien geen geschikt aansluitpunt in het opgegeven postcodegebied aanwezig is, wordt zo dicht mogelijk bij de getrokken locatie een alternatief aansluitpunt geselecteerd. De getrokken EAN-codes worden ook gekoppeld aan een aselekt gekozen kalendermaand. Metingen moeten zoveel mogelijk in de aangegeven maand gestart worden om de invloed van eventuele seizoenseffecten op de totale meetresultaten te voorkomen. Op basis van de meetresultaten wordt een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit binnen het LS- en MS-netvlak, vertaald naar landelijke proporties. De uitspraken gelden voor de aangesloten en binnen een netvlak en kunnen niet worden gebruikt voor statistisch onderbouwde conclusies over de spanningskwaliteit in de netten of op individuele aansluitingen.

In het HS- en EHS-netvlak wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem. Toetsing van de meetresultaten gebeurt conform de eisen uit de Netcode Elektriciteit per week. Op basis van de meetresultaten wordt een uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van de Nederlandse hoogspanningsnetvlakken.

Dit rapport richt zich op de presentatie van de meetresultaten en trends en gaat slechts beperkt in op de praktische uitvoering en opzet van het PQM-project. Meer gedetailleerde informatie over de steekproefmethode, geldende kwaliteitscriteria en berekening van de toetswaarden is vastgelegd in het Handboek Spanningskwaliteit in Nederland [3]. Dit handboek is mede door de contactgroep spanningskwaliteit samengesteld. Voor meer informatie over de individuele metingen waarop de uitspraken en figuren in dit rapport gebaseerd zijn, wordt verwezen naar de website www.UwSpanningskwaliteit.nl. Deze website wordt ieder kwartaal geüpdate en bevat meetresultaten vanaf 2013.

Hoofdstuk 2 van dit rapport geeft een algemene uitleg over de spanningsverschijnselen in elektriciteitsnetwerken. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten vermeld met betrekking tot de metingen van de spanningskwaliteit in 2016. Hoofdstuk 4 bevat een trendanalyse van de resultaten van de afgelopen tien jaar. De relevante ontwikkelingen rondom het PQM-project zijn vermeld in hoofdstuk 5. In de bijlagen van dit rapport zijn de figuren opgenomen van de meetresultaten en de toelichting van de netbeheerders bij geregistreerde overschrijdingen. Ook wordt hier een overzicht gegeven van de overschrijdingen van de afgelopen tien jaar.

2 Bewaakte spanningsverschijnselen

In dit hoofdstuk worden de spanningsverschijnselen die betrekking hebben op de spanningskwaliteit nader toegelicht. Binnen het PQM-project worden vijf verschijnselen van de kwaliteit van de spanning beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie, harmonische vervorming en spanningsdips. Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van elk verschijnsel en de mogelijke oorzaken, gevolgen en oplossingen hiervan. Dit hoofdstuk is informatief bedoeld en beoogt niet volledig te zijn. Voor een volledig overzicht van de geldende kwaliteitscriteria wordt verwezen naar de Netcode [1] in combinatie met de NEN-EN 50160 [2].

2.1 Langzame spanningsvariatie

Langzame spanningsvariatie wordt gedefinieerd als een daling of stijging van het spanningsniveau. In de Netcode zijn eisen gesteld aan de maximale afwijking van de spanning. Voor het laagspanningsnet is bijvoorbeeld vastgesteld dat de 10 minuten gemiddelde waarde van de spanning gedurende 95% van een week tussen 207 V en 253 V moet liggen. Wanneer het spanningsniveau zich buiten deze grenswaarden begeeft, kan dit leiden tot versnelde veroudering, storingen en - vooral in het geval van een spanningsstijging - beschadiging van elektrische apparaten.

Langzame spanningsvariatie wordt veroorzaakt door een wisselend belastingpatroon op het net. Naarmate bijvoorbeeld de totale belasting ten gevolge van de ochtend- en avondpiek stijgt, daalt de spanning. Wanneer deze daling te groot dreigt te worden, kan een netbeheerder maatregelen treffen. Bijvoorbeeld door het aanleggen van een extra kabel, of het bijplaatsen van een transformator. Het gedrag van klanten kan overigens ook leiden tot een stijging van het spanningsniveau. Een voorbeeld hiervan is het plaatsen van decentrale opwekeenheden zoals dieselgeneratoren, zonnepanelen, windmolens en warmtekrachtkoppelingen.

2.2 Snelle spanningsvariatie

Snelle spanningsvariatie kan leiden tot zogenaamde “flikker”. Flikker is een verschijnsel dat resulteert in zichtbare snelle veranderingen van de lichtintensiteit van elektrische verlichting. De mate waarin flikker doorwerkt op de lichtintensiteit hangt mede af van de gebruikte verlichtingstechniek. Flikker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel zorgen voor irritatie bij mensen, bijvoorbeeld tijdens het lezen. De ernst van flikker wordt uitgedrukt in P_{lt} (long term flicker severity). Het flikkerniveau is moeilijk te evalueren omdat niet iedereen dezelfde irritatiegraad heeft. Om toch een grenswaarde te kunnen stellen, is empirisch bepaald en internationaal vastgelegd bij welke frequentie en vorm van een spanningsverandering de flikkeringen van een 60 Watt gloeilamp door de helft van de mensen wordt waargenomen. In dit geval spreekt men over een snelle spanningsvariatie van 1. Er is sprake van een overschrijding van de kwaliteitseisen uit de Netcode, wanneer deze waarde gedurende meer dan 5% van een week wordt overschreden.

Snelle spanningsvariatiën kunnen veroorzaakt worden door het veelvuldig in- en uitschakelen van grote, lokale belastingen of door belastingen met een repeterend karakter. Voorbeelden zijn: lasapparatuur, liften, kopieermachines en röntgenapparatuur.

Vaak is een betere verdeling van storende belastingen over de fasen en/of kabels een kosteneffectieve oplossing van flikkerproblemen. Eventueel kan het schakelgedrag worden aangepast. Bij grotere verbruikers kan speciale compensatieapparatuur worden geplaatst.

2.3 Spanningsasymmetrie

We spreken over asymmetrie wanneer in een driefasen systeem de effectieve waarden van de fasespanningen en/of de fasehoeken niet aan elkaar gelijk oftewel in onbalans zijn. Door asymmetrie kunnen apparaten verstoord en beschadigd raken. Een ander belangrijk gevolg van asymmetrie is de opwarming van motoren, generatoren en kabels. Deze opwarming heeft energieverliezen tot gevolg, maar resulteert ook in levensduurverkortung.

In de Netcode worden eisen gesteld aan de maximale afwijking. Zo geldt voor het laag- en middenspanningsnet onder andere dat de inverse component van de spanning gedurende 95% van een week maximaal 2% van de normale component mag bedragen. In het (extra) hoogspanningsnet is deze eis strenger: maximaal 1% gedurende 99,9% van een week.

Een niet-symmetrische belasting is de veroorzaker van asymmetrie. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer één-fase belastingen (denk aan lampen, computers) niet goed over de verschillende fasen van een driefasen aansluiting worden verdeeld. In de praktijk kan bijvoorbeeld de aansluiting van zonnepanelen in een straat op dezelfde fase voor asymmetrie zorgen. Daarnaast zorgen illegale aansluitingen van bijvoorbeeld wiettelers vaak voor (tijdelijke) asymmetrie.

Asymmetrie kan worden opgelost door belastingen beter te verdelen over de fasen. Ook kan het plaatsen van een nulpuntransformator voor verbetering zorgen.

2.4 Harmonische vervorming

De spanning in Nederland is sinusvorming en heeft een frequentie van 50 Hz. Men spreekt over harmonische vervorming wanneer er in de spanning ook andere frequenties met een veelvoud dan deze basisfrequentie aanwezig zijn; de zogenaamde hogere harmonischen. Mogelijke gevolgen van harmonische vervorming zijn: extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. De Netcode stelt grenzen aan de totale harmonische vervorming. Een grenswaarde voor het laag- en middenspanningsnet (tot 35 kV) is 8% gedurende 95% van een week. Voor het hoogspanningsnet (tot 150 kV) geldt een strengere eis van maximaal 6% gedurende 95% van een week.

Harmonische vervorming wordt veroorzaakt door niet-lineaire belastingen. De belangrijkste bron van harmonische vervuiling is vermogenslektronica, zoals wordt toegepast in voedingen van computers, lichtdimmers, magnetrons of frequentieregelaars van elektrische motoren. Ook spaarlampen, LED-/ TL-verlichting en omvormers voor zonnepanelen kunnen hogere harmonischen in het elektriciteitsnetwerk veroorzaken. Er zijn verschillende methoden om harmonische vervuiling terug te dringen, zoals het toepassen van passieve filters voor een specifieke frequentie en actieve filters, die zich kunnen aanpassen aan de variatie van de harmonischen.

2.5 Spanningsdips

Vanaf 2005 worden binnen het PQM-project spanningsdips in het hoogspanningsnetvlak geregistreerd. Een spanningsdip is een korte (tijdelijke) en plotselinge daling van de spanning met minstens 10%. In het PQM-meetsysteem vindt registratie plaats ten opzichte van de op dat moment heersende spanning. In de Netcode Elektriciteit is een limiet vastgelegd voor het maximale aantal spanningsdips dat in een jaar op een locatie op mag treden. Door spanningsdips kan gevoelige elektronische apparatuur uitvallen. Het gaat hierbij onder andere om computers, frequentieomvormers en nulspanningsbeveiligingen van machines. Bij diepe spanningsdips kunnen motoren tot stilstand komen.

Spanningsdips worden vooral veroorzaakt door kortsluitingen in het elektriciteitsnetwerk, bijvoorbeeld ontstaan door blikseminslag of een kapot getrokken kabel. Daarnaast kan het inschakelen van grote apparaten (belastingen), zoals transformatoren en industriële motoren, leiden tot spanningsdips. Er zijn verschillende mogelijkheden om spanningsdips te voorkomen of te overbruggen. Soft-starters kunnen bijvoorbeeld worden toegepast om te zorgen voor een geleidelijke inschakeling van een zware belasting. Zo kunnen compressoren van koelhuizen na elkaar in plaats van tegelijkertijd ingeschakeld worden. Aan de verbruikerskant kan eventueel een spanningsstabilisator of UPS-systeem (back-up voeding/ batterij) worden geïnstalleerd.

3 Spanningskwaliteit in 2016

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de spanningskwaliteitsmetingen die in 2016 zijn uitgevoerd. Bij toetsing van de metingen zijn voor het LS- en MS-netvlak de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Voor het HS- en EHS-netvlak worden aanvullend de geregistreerde spanningsdips gepresenteerd.

3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de power quality metingen die in 2016 binnen het PQM-project zijn gepland en uitgevoerd. Met ‘gepland’ wordt bedoeld op het aantal weekmetingen dat volgt uit de steekproef. Voor het LS- en MS-netvlak zijn dit er 270. Binnen het HS-netvlak waren in totaal 4524 weekmetingen gepland en in het EHS-netvlak 1196. Voor het HS en EHS-netvlak wordt het aantal geplande weekmetingen bepaald door het aantal geplande meetlocaties vermenigvuldigd met 52. In 2016 waren er in het HS-netvlak 87 meetlocaties gepland en in het EHS-netvlak 23.

In de praktijk wordt het geplande aantal metingen niet gehaald, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan (korte) onderbrekingen, onderhoudswerkzaamheden, (vervanging van) defecte meetapparatuur of datacommunicatieproblemen.

Voor het continue meetsysteem in het hoogspanningsnet geldt daarnaast dat een meetweek wordt afgekeurd als er slechts één 10 minuten waarden ontbreekt of niet valide is. Dit om correct te kunnen toetsen conform de Netcode en NEN-EN50160. Een missende week betekent dus niet per definitie dat er in de desbetreffende week niks geregistreerd is. Voor de rapportage over spanningsdips worden ‘incomplete’ weken overigens wel gewoon meegenomen.

Wat in 2016 verder speelde was dat TenneT diverse meters door omstandigheden pas in de loop van het jaar in bedrijf heeft genomen, terwijl de oorspronkelijke planning was dat ze eind 2015 aangesloten zouden zijn. De weken dat de meter nog niet aangesloten was, worden als ‘niet-bruikbaar’ gezien. Het gaat hierbij om circa 200 weken.

Als een veld geaard wordt, zorgt dit ervoor dat er geen valide meetwaarden worden geregistreerd. Een aantal velden is een periode geaard geweest (niet in bedrijf). In totaal betreft de geaarde situatie circa 400 weekmetingen.

Van invloed op het aantal bruikbare weekmetingen is tenslotte de beschikbaarheid van de meetdata. Voor het PQM-project moet dit tenminste een half jaar (>26 meetweken) bedragen. De meetwaarden van de meters die niet aan dit criterium voldoen, worden verwijderd uit de dataset. In 2016 is bij 5 locaties niet voldaan aan een of meerdere van bovenstaande punten, hierdoor zijn deze 5 locaties in zijn geheel vervallen.

In 2016 zijn in het LS-netvlak 263 bruikbare weekmetingen uitgevoerd en in het MS-netvlak 264. Hiermee is ruim aan de eis van de toezichthouder ACM voldaan die stelt dat per netvlak over tenminste 250 metingen moet worden gerapporteerd. In het HS- en EHS-netvlak zijn respectievelijk 3439 en 1010 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Opgemerkt wordt dat dit aantal fors hoger is dan in 2015. Toen bedroeg het aantal bruikbare weekmetingen respectievelijk 1265 en 614. Zie bijlage F voor meer informatie.

Tabel 3.1: Geplande en bruikbare weekmetingen

Categorie	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning	Extra Hoogspanning
Gepland	270	270	4524	1196
Bruikbaar	263	264	3439	1010
Juiste maand	252	252	n.v.t.	n.v.t.

Tijdens de steekproeftrekking worden de LS- en MS-metingen gekoppeld aan een aselekt gekozen kalendermaand. De metingen moeten zoveel mogelijk in de aangegeven maand gestart worden om de invloed van eventuele seizoenseffecten op de totale meetresultaten te voorkomen. Bij HS en EHS speelt dit niet, omdat gedurende het hele jaar metingen uitgevoerd worden. Tabel 3.1 toont aan dat in 2016 in het LS-netvlak 252 (96% van bruikbare metingen) bruikbare metingen in de juiste maand gestart zijn en 252 (96% van bruikbare metingen) in het MS-netvlak.

3.2 Laagspanningsnetvlak

Tabel 3.2 bevat een overzicht van alle bruikbare metingen die in 2016 in het LS-netvlak zijn uitgevoerd. Ook worden de overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode getoond. Uit de tabel blijkt dat bij 61 van de 263 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd. Een groot deel van de overschrijdingen heeft betrekking op de 15^e harmonische, tevens zijn nog overschrijdingen van flikker en individuele harmonischen (excl. 15^e) geconstateerd.

In bijlage A worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd. Op basis van de meetresultaten wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2016 in het LS-netvlak tussen de 72% en 82% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de 15^e harmonische. Met betrekking tot de overige verschijnselen wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2016 in het LS-netvlak tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Tabel 3.2: Metingen en overschrijdingen LS-netvlak

Mate van stedelijkheid	Bruikbare weekmetingen	Metingen met overschrijdingen	Overschrijdingen		
			Flikker	Individuele harmonischen (excl. 15e)	15e harmonische
Zeer sterk	44	3	0	0	8
Sterk	65	13	0	1	14
Matig	63	18	0	0	12
Weinig	46	17	1	0	16
Niet	46	10	1	0	8
Totaal	263	61	2	1	59

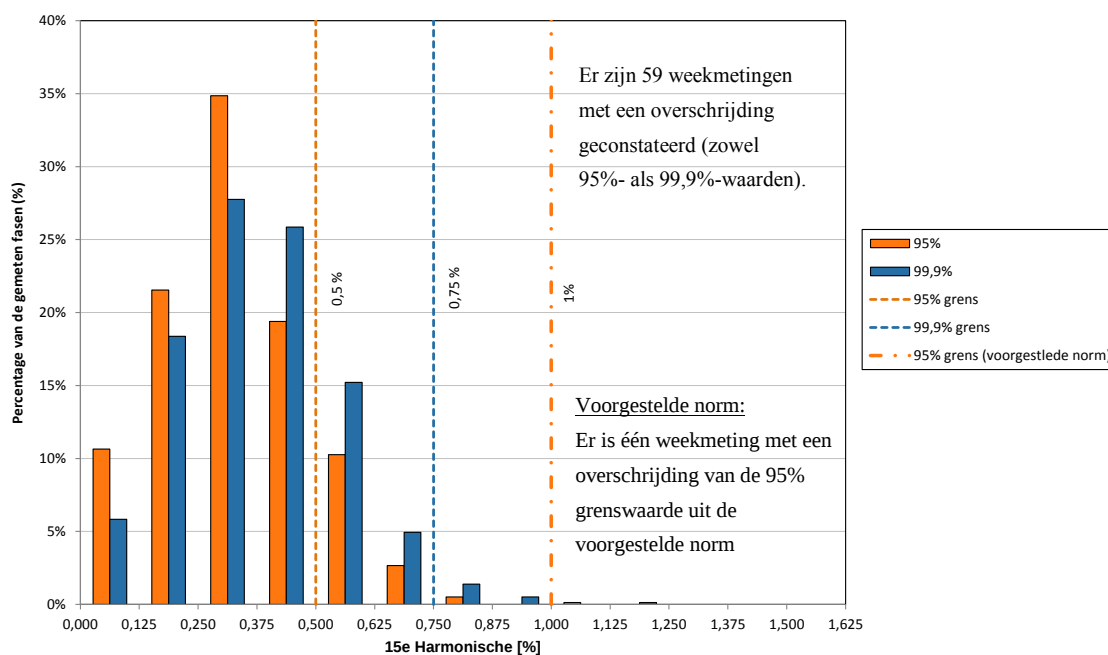
Uit tabel 3.2 blijkt dat zowel de metingen als de overschrijdingen binnen alle subpopulaties hebben plaatsgevonden. In Nederland wordt voor bepaling van de mate van stedelijkheid gebruik gemaakt van de omgevingsadressendichtheid (OAD). De OAD van een adres is het aantal adressen binnen een cirkel van één km rond dat adres. De niet stedelijke adressen worden doorgaans als platteland beschouwd.

Het CBS hanteert vijf subpopulaties en deze worden ongewijzigd overgenomen. De subpopulaties zijn:

- zeer sterk stedelijk: 2500 of meer adressen per km²
- sterk stedelijk: 1500 tot 2500 adressen per km²
- matig stedelijk: 1000 tot 1500 adressen per km²
- weinig stedelijk: 500 tot 1000 adressen per km²
- niet stedelijk: minder dan 500 adressen per km²

Figuur 3.1 toont de meetresultaten van de 15^e harmonische. Met de eerste twee stippellijnen zijn in de figuur de grenswaarden uit de Netcode weergegeven. De derde stippellijn ten hoogte van de 1% waarde betreft het voorstel voor herziening van de grenswaarden in de EN-50160 die momenteel in behandeling is. De figuur laat zien dat zowel de 95% als de 99,9% grens is overschreden. In totaal is bij 59 weekmetingen een overschrijding geconstateerd. Uitgaande van het normvoorstel is er één overschrijding opgetreden.

Afgelopen jaren is verder onderzoek uitgevoerd naar eventuele trends of correlaties tussen de overschrijdingen en locatie/tijdstip/seizoen/stedelijkheid/type aangeslotene. Zie voor achtergrondinformatie de rapportage van vorig jaar [10]. In 2015 is de paper Evaluation and updating of harmonic voltage limits [4] verschenen, in dit paper wordt ingegaan op een eventuele aanpassing van de huidige grenswaarden. Het normvoorstel is mede op dit paper gebaseerd. Overschrijdingen van de 15^e harmonische worden niet alleen in Nederland geconstateerd maar ook in het buitenland komt deze overschrijding voor [9].



Figuur 3.1: Meetresultaten 15^e harmonische LS-netvlak (incl. voorgestelde norm)

3.3 Middenspanningsnetvlak

Tabel 3.3 bevat een overzicht van alle bruikbare metingen die in 2016 in het MS-netvlak zijn uitgevoerd. Ook worden de overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode getoond. Uit de tabel blijkt dat bij drie van de 264 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd, dit is in lijn met voorgaande jaren. In twee gevallen betreft het een overschrijding van de snelle spanningsvariatie (waarbij bij één van de metingen ook een overschrijding is geconstateerd van de asymmetrie). Bij de derde meting is een overschrijding geconstateerd van de 11^e harmonische. In bijlage G wordt door de regionale netbeheerders nader ingegaan op de overschrijdingen, inclusief beschrijving van de oorzaak.

In bijlage B worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd. Op basis van de meetresultaten wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2016 in het MS-netvlak tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle verschijnselen.

Uit tabel 3.3 blijkt ook dat de metingen binnen verschillende subpopulaties van stedelijkheid hebben plaatsgevonden. Voor een definitie van de gehanteerde subpopulaties wordt verwezen naar voorgaande paragraaf.

Tabel 3.3: Metingen en overschrijdingen MS-netvlak

Mate van stedelijkheid	Bruikbare weekmetingen	Metingen met overschrijdingen	Overschrijdingen		
			Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Individuele harmonischen
Zeer sterk	41	1	1	1	0
Sterk	30	0	0	0	0
Matig	35	0	0	0	0
Weinig	68	1	1	0	0
Niet	90	1	0	0	1
Totaal	264	3	2	1	1

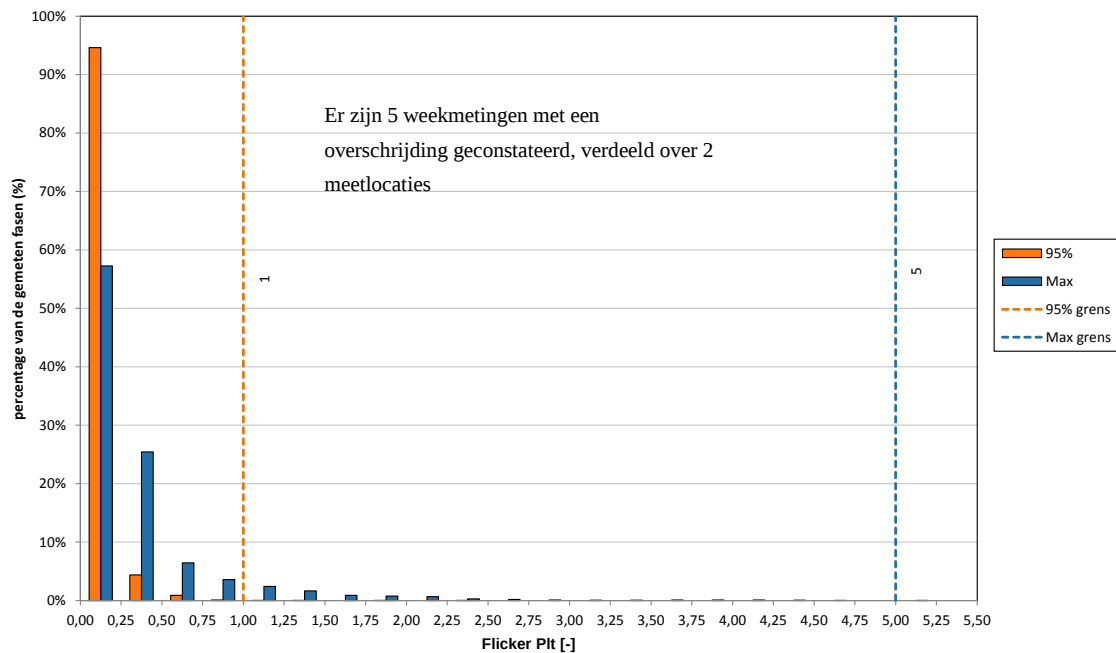
3.4 Hoogspanningsnetvlak

In het HS-netvlak is in 2016 op 82 meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 3439 weekmetingen geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat bij 77 weekmetingen een overschrijding van de continue verschijnselen heeft plaatsgevonden. Soms betreft de overschrijding meerdere verschijnselen. De verdeling van het aantal overschrijdingen over de verschijnselen is in tabel 3.4 samengevat.

Tabel 3.4: Metingen en overschrijdingen HS-netvlak

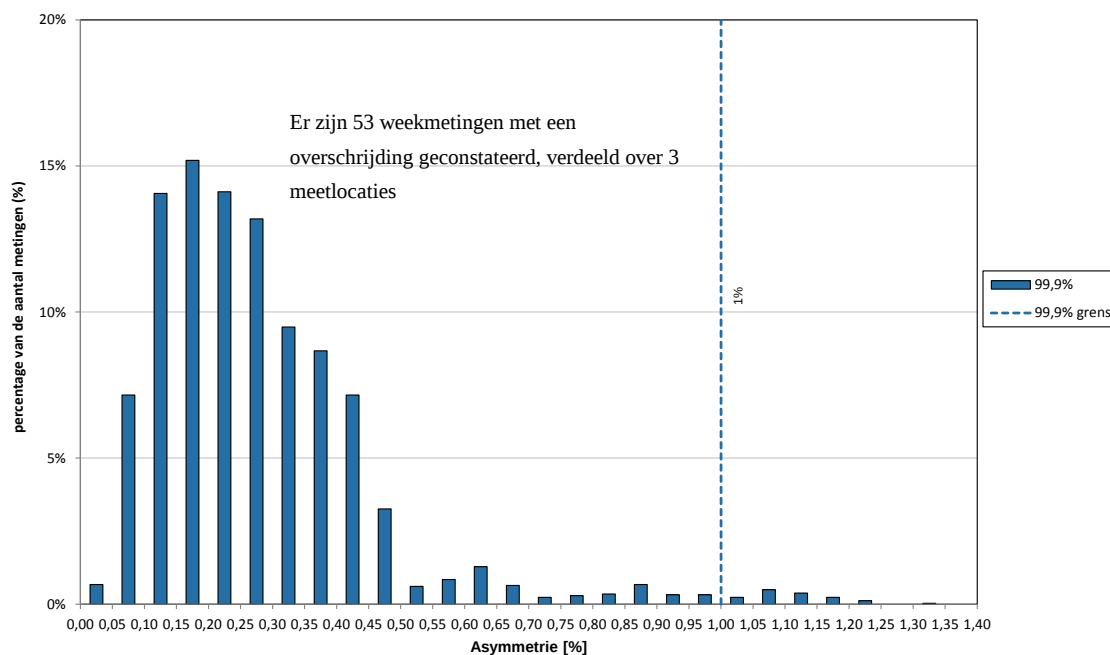
Netvlak	Bruikbare weekmetingen	Overschrijdingen		
		Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonische
HS	3439	5	53	24

Figuur 3.2 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor snelle spanningsvariatie. Uit toetsing van de metingen blijkt dat er overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode zijn geconstateerd. De vijf weekmetingen met overschrijdingen zijn gerelateerd aan twee meetlocaties. Aan de hand van deze meetresultaten wordt gesteld dat in 2016 ruim 99% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria ten aanzien van snelle spanningsvariatie. In bijlage H geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen, inclusief oorzaak.



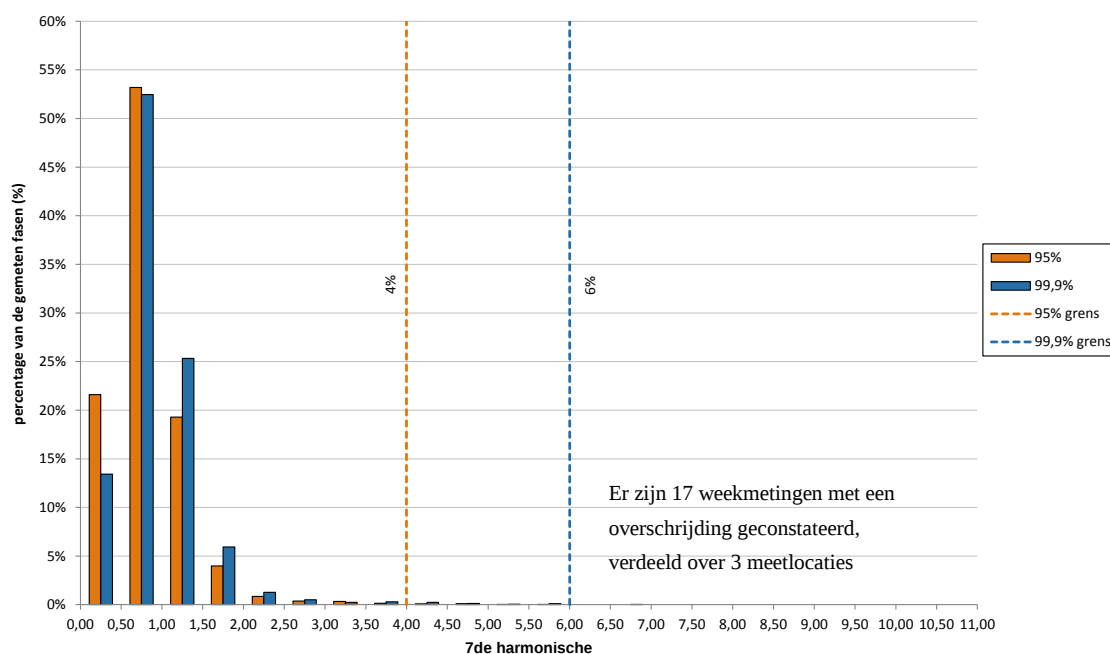
Figuur 3.2 Meetresultaten snelle spanningsvariatie (Plt) HS-netvlak

Figuur 3.3 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor asymmetrie. Uit toetsing van de metingen blijkt dat er overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode zijn geconstateerd. De 53 weekmetingen met overschrijdingen zijn gerelateerd aan drie meetlocaties. Aan de hand van deze meetresultaten wordt gesteld dat in 2016 98% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria ten aanzien van asymmetrie. In bijlage H worden de overschrijdingen nader toegelicht.



Figuur 3.3 Meetresultaten asymmetrie HS-netvlak

Er zijn 24 weekmetingen met een overschrijding van de individuele harmonischen. Het merendeel van de overschrijdingen betrof de 7^e harmonische, namelijk 17. Daarnaast hebben er zes overschrijdingen plaatsgevonden van de 6^e harmonische en één van de 23^e harmonische. In figuur 3.4 wordt de verdeling van meetresultaten voor de 7^e harmonische weergegeven. In bijlage H wordt nader ingegaan op de overschrijdingen.



Figuur 3.4 Meetresultaten 7^e harmonische HS-netvlak

In bijlage C worden de meetresultaten van verschillende verschijnselen grafisch gepresenteerd. Wanneer de resultaten vertaald worden naar een gezamenlijke uitspraak, kan worden gesteld dat in 2016 klantaansluitingen in het HS-netvlak tussen 97% en 98% van de tijd voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle verschijnselen.

Resultaten spanningsdips

Deze paragraaf presenteert de opgetreden spanningsdips conform tabel 3.5. Deze tabel onderscheidt een drietal categorieën, namelijk:

- A. Niet hinderlijke spanningsdips met een beperkte diepte;
- B. Hinderlijke spanningsdips met een duur kleiner dan of gelijk aan 500 ms;
- C. Hinderlijke spanningsdips met een duur groter dan 500 ms en diepte kleiner dan 80%.

Het onderscheidt tussen de niet-hinderlijke en hinderlijke spanningsdips sluit aan bij de Netcode Elektriciteit [1]. Voorheen is binnen het PQM-project de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld binnen PREGO onderzoek [5]. Deze meer gedetailleerde diptabel is opgenomen in bijlage D.

Tabel 3.5: Vereenvoudigde diptabel met drie categorieën

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1 000	1 000 < t ≤ 5 000
90 > u ≥ 80	Cat. A		Cat. C	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Cat. B			
5 > u				

In 2014 is een onafhankelijk onderzoek naar de oorzaak van hinderlijke spanningsdips uitgevoerd [6]. Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat een aantal meters de meetspanning verkrijgen uit een relaisschakeling. Dit kan leiden tot registratie van een spanningsdip door de PQ-meter terwijl er in werkelijkheid geen spanningsdip is opgetreden. Spanningsdips waarvan met grote zekerheid vastgesteld is dat de relaisschakeling de oorzaak is, worden niet meegenomen in deze rapportage. In tabel 3.6 zijn de geregistreerde spanningsdips weergegeven.

Opgemerkt wordt dat van 3 tot en met 7 januari 2016 het fenomeen “Lijndansen” is opgetreden. Als gevolg van de combinatie ijzel, temperatuur en wind zijn de geleiders in de hoogspanningslijnen gaan bewegen (dansen). Hierdoor is overslag tussen de geleiders opgetreden. Dit heeft geresulteerd in relatief grote aantallen spanningsdips in het HS-netvlak. Lijndansen wordt gezien als een bijzondere omstandigheid die niet onder de normale bedrijfstoestand valt. De tabellen met spanningsdips die hieronder zijn weergegeven bevatten de aantallen met en zonder lijndansen. De getallen weergegeven in de rode kleur (tweede getal) zijn de aantallen inclusief lijndansen.

Tabel 3.6: Geregistreeerde spanningsdips HS-netvlak, totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1 000	1 000 < t ≤ 5 000
90 > u ≥ 80	Gem. = 8,4 / 19,7 Tot. = 686 / 1612		Gem. = 0 / 0 Tot. = 0 / 0	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Gem. = 0,8 / 0,9 Tot. = 65 / 75			
5 > u				

Uit tabel 3.6 kan worden afgeleid dat er in 2016 zonder het fenomeen lijndansen in totaal 751 spanningsdips zijn geregistreerd. Het merendeel van de spanningsdips (91%) valt in de categorie A ‘niet hinderlijk’, gemiddeld zijn er in deze categorie 8,4 spanningsdips per meetlocatie geregistreerd. Circa 9% van de geregistreeerde spanningsdips valt in de hinderlijke categorie B. In categorie C zijn geen dips opgetreden.

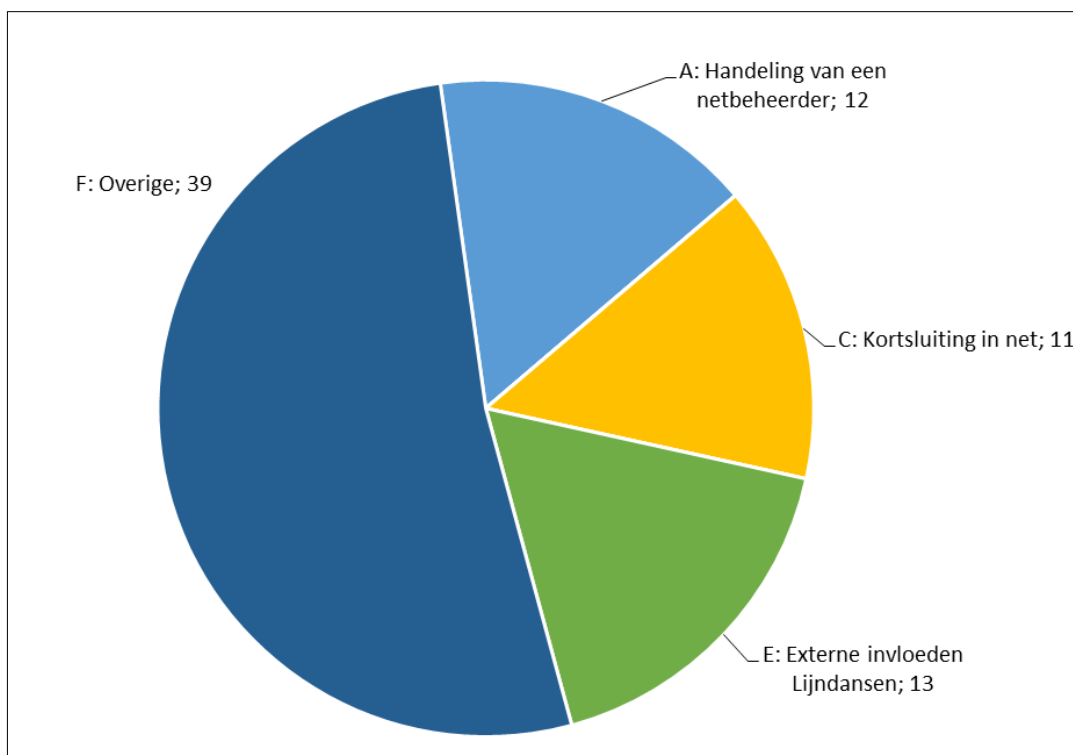
Als het gevolg van het lijndansen is het aantal spanningsdips in categorie A meer dan verdubbeld. Het effect van het lijndansen op het aantal dips in categorie B bedraagt ruim 10%.

In de praktijk zijn de meters niet altijd 100% van de tijd beschikbaar, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan onderbrekingen, onderhoudswerkzaamheden, defecte meetapparatuur, schakelhandelingen of problemen met de datacommunicatie. Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2016. Om een uitspraak over het gemiddelde per jaar te doen, is aan de hand van deze beschikbaarheid het aantal spanningsdips per meter gecorrigeerd. De gemiddelde beschikbaarheid van het HS meetsysteem bedraagt in 2016 91%. Tabel 3.7 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het HS-netvlak.

Tabel 3.7: Gecorrigeerde spanningsdips HS-netvlak, totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1 000	1 000 < t ≤ 5 000
90 > u ≥ 80	Gem. = 9,4 / 20,8 Tot. = 770 / 1704		Gem. = 0 / 0 Tot. = 0 / 0	
80 > u ≥ 70				
70 > u ≥ 40				
40 > u ≥ 5	Gem. = 0,8 / 0,9 Tot. = 66 / 75			
5 > u				

Conform de eisen uit de Netcode houden de netbeheerders van de hinderlijke spanningsdips bij wat de oorzaken zijn. Figuur 3.5 toont een overzicht van de geconstateerde oorzaken en laat eveneens zien wat de onderlinge verdeling is.



Figuur 3.5 Oorzaken hinderlijke spanningsdips HS-netvlak

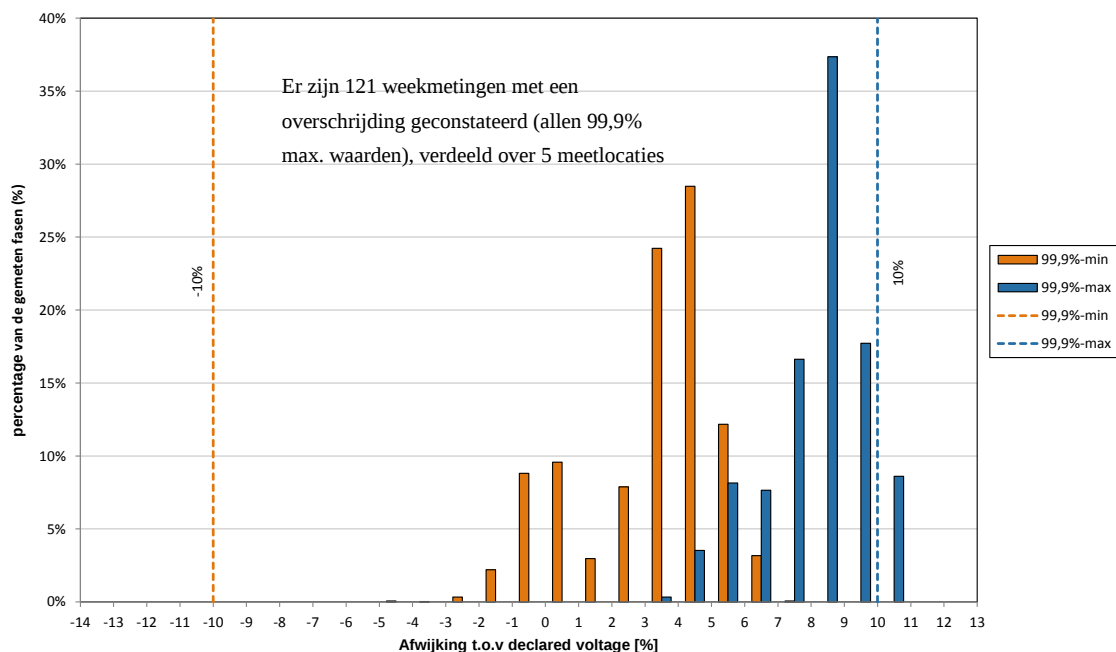
3.5 Extra hoogspanningsnetvlak

In het EHS-netvlak is in 2016 op 23 meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 1010 van de 1196 weekmetingen geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat bij 121 weekmetingen overschrijdingen zijn opgetreden ten aanzien van de langzame spanningsvariatie. Daarnaast is bij één weekmeting een overschrijding van snelle spanningsvariatie geconstateerd. Er is voor één weekmeting een overschrijding van de asymmetrie geconstateerd. Voor harmonische vervorming (THD) is geen overschrijding geconstateerd. De verdeling van het aantal overschrijdingen over de verschijnselen is in tabel 3.8 samengevat.

Tabel 3.8: Metingen en overschrijdingen EHS-netvlak

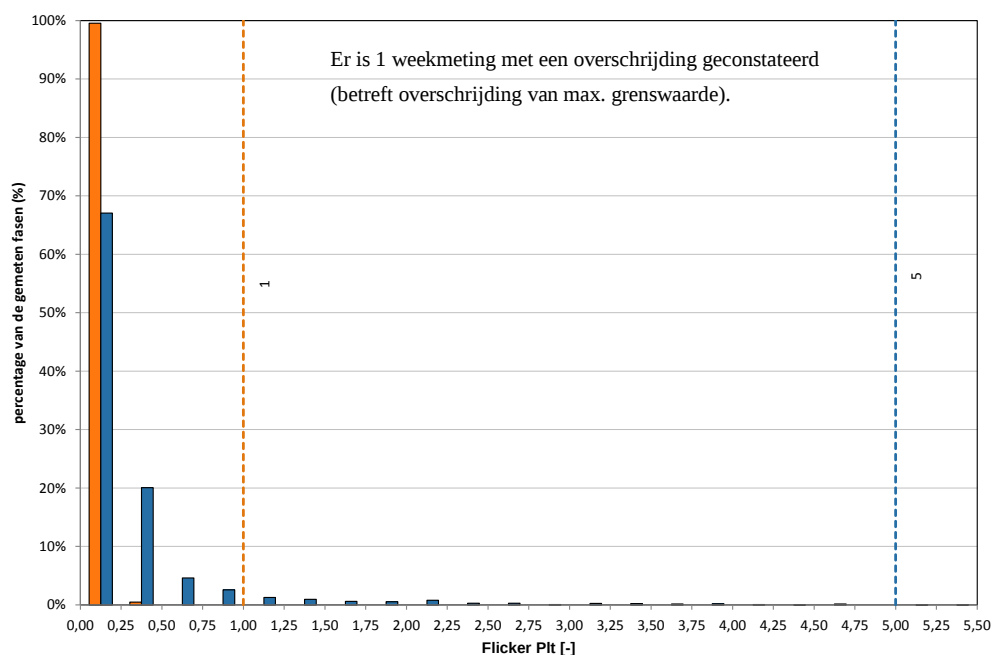
Netvlak	Bruikbare weekmetingen	Overschrijdingen		
		Langzame spannings-variatie	Snelle spannings-variatie	Asymmetrie
EHS	1010	121	1	1

Figuur 3.6 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor langzame spanningsvariatie. Voor 121 metingen blijkt dat 1 of meer fasen niet voldeden aan de gestelde eisen zoals gesteld in de Netcode. De 121 weekmetingen met overschrijdingen zijn gerelateerd aan vier meetlocaties. Voor de langzame spanningsvariatie kan worden gesteld dat in 2016 in het EHS-netvlak 88% van de weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria ten aanzien van langzame spanningsvariatie. In bijlage H geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen.



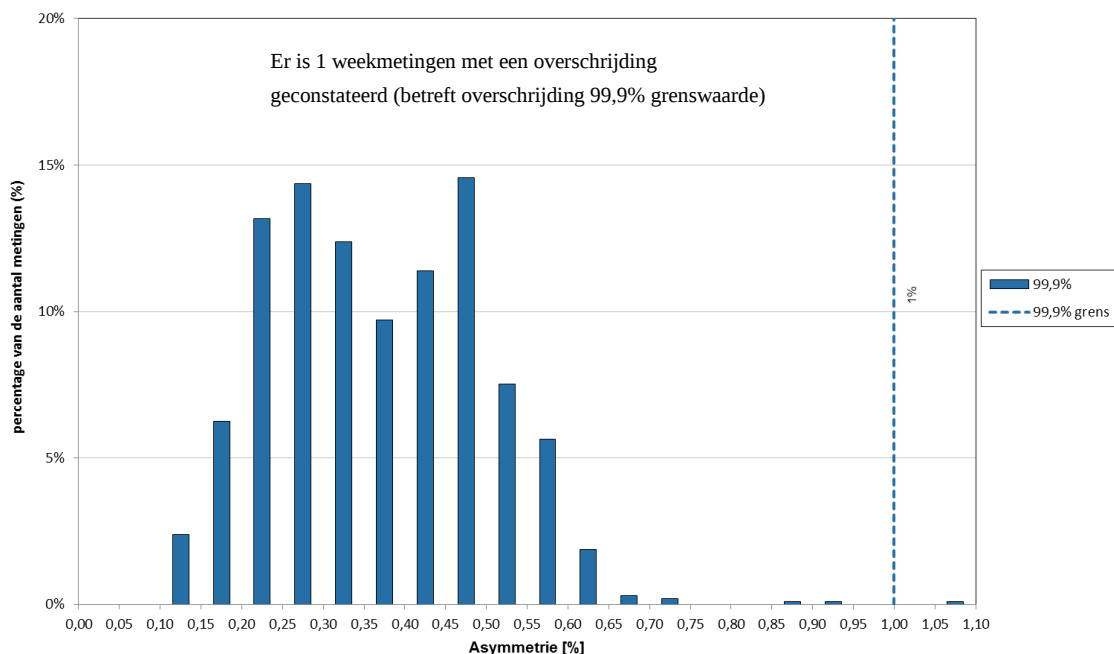
Figuur 3.6: Meetresultaten langzame spanningsvariatie EHS-netvlak

Figuur 3.7 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor snelle spanningsvariatie (Plt). Uit de toetsing van de metingen blijkt dat er één overschrijding ten aanzien van de eisen uit de Netcode is geconstateerd. De weekmeting met overschrijding is toe te schrijven aan één meetlocatie. Voor snelle spanningsvariatie kan worden gesteld dat in 2016 in het EHS-netvlak ruim 99% van de weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. In bijlage H geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen.



Figuur 3.7: Meetresultaten snelle spanningsvariatie (Plt) EHS-netvlak

Figuur 3.8 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor asymmetrie. Uit de toetsing van de metingen blijkt dat er één overschrijding ten aanzien van de eisen uit de Netcode is geconstateerd. Voor asymmetrie kan worden gesteld dat in 2016 in het EHS-netvlak ruim 99% van de weekmetingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. In bijlage H geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen.



Figuur 3.8: Meetresultaten asymmetrie EHS-netvlak

In bijlage E worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd.

Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in onderstaande tabel; volgens de categorisering zoals besproken in paragraaf 3.4. Het onderscheidt tussen de niet-hinderlijke en hinderlijke spanningsdips sluit aan bij de Netcode Elektriciteit [1]. Voorheen is binnen het PQM-project de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld binnen PREGO onderzoek [5]. Deze meer gedetailleerde diptabel is opgenomen in bijlage F.

Opgemerkt wordt dat van 3 tot en met 7 januari 2016 het fenomeen “Lijndansen” is opgetreden. Als gevolg van de combinatie ijzel, temperatuur en wind zijn de geleiders in de hoogspanningslijnen gaan bewegen (dansen). Hierdoor is overslag tussen de geleiders opgetreden. Dit heeft geresulteerd in relatief grote aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak. Lijndansen wordt gezien als een bijzondere omstandigheid die niet onder de normale bedrijfstoestand valt. De tabellen met spanningsdips die hieronder zijn weergegeven bevatten de aantallen met en zonder lijndansen. De getallen weergegeven in de rode kleur (tweede getal) zijn de aantallen inclusief lijndansen.

Uit tabel 3.9 kan worden afgeleid dat er in 2016 zonder het fenomeen lijndansen in totaal 129 spanningsdips zijn geregistreerd. Het merendeel van de spanningsdips (94%) valt in de categorie A 'niet hinderlijk', gemiddeld zijn er in deze categorie 5 spanningsdips per meetlocatie geregistreerd. Circa 6% van de geregistreerde spanningsdips valt in de hinderlijke categorie B. In categorie C zijn geen dips opgetreden.

Als het gevolg van het lijndansen wordt het aantal spanningsdip in categorie A meer dan verdrievoudigd. Het effect van het lijndansen op het aantal dips in categorie B is zeer groot; het aantal stijgt een factor 30.

Tabel 3.9: Geregisteerde spanningsdips EHS-netvlak, totaal en gemiddelde

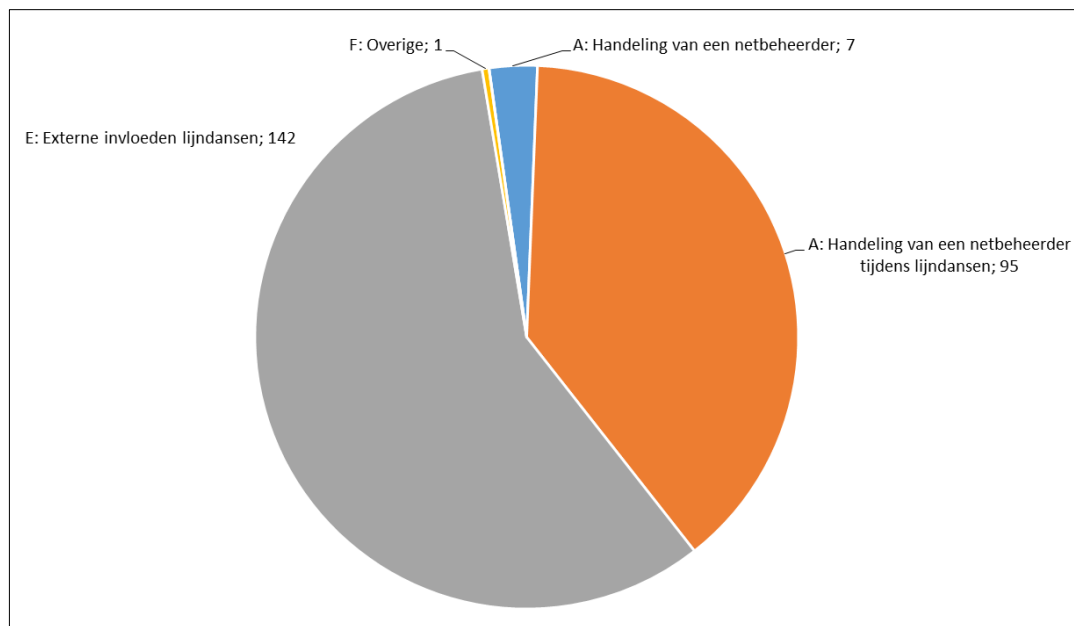
Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	Gem. = 5,0 / 17,8 Tot. = 121 / 410		Gem. = 0 / 0 Tot. = 0 / 0	
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$	Gem. = 0,3 / 10,7 Tot. = 8 / 245			
$5 > u$				

In de praktijk zijn de meters niet altijd 100% van de tijd beschikbaar, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan onderbrekingen, onderhoudswerkzaamheden, defecte meetapparatuur, schakelhandelingen of problemen met de datacommunicatie. Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2016. Om een uitspraak over het gemiddelde per jaar te doen, is aan de hand van deze beschikbaarheid het aantal spanningsdips per meter gecorrigeerd. De gemiddelde beschikbaarheid van 23 meetlocaties bedraagt in 2016 91%. Tabel 3.10 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak.

Tabel 3.10: Gecorrigeerde spanningsdips EHS-netvlak, totaal en gemiddelde

Restspanning u (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1\,000$	$1\,000 < t \leq 5\,000$
$90 > u \geq 80$	Gem. = 5,4 / 19,2 Tot. = 131 / 441		Gem. = 0 / 0 Tot. = 0 / 0	
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$	Gem. = 0,3 / 10,8 Tot. = 8 / 248			
$5 > u$				

Conform de eisen uit de Netcode houdt TenneT van de hinderlijke spanningsdips bij wat de oorzaken zijn. Figuur 3.9 toont een overzicht van de geconstateerde oorzaken en laat eveneens zien wat de onderlinge verdeling is.



Figuur 3.9 Oorzaken hinderlijke spanningsdips EHS-netvlak

4 Trendanalyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van een trendanalyse van een select aantal verschijnselen. De trendanalyse betreft de afgelopen tien jaar en geeft inzicht in het stijgen of dalen van de spanningskwaliteit in Nederland. De volgende verschijnselen zijn beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, asymmetrie en totale harmonische vervorming.

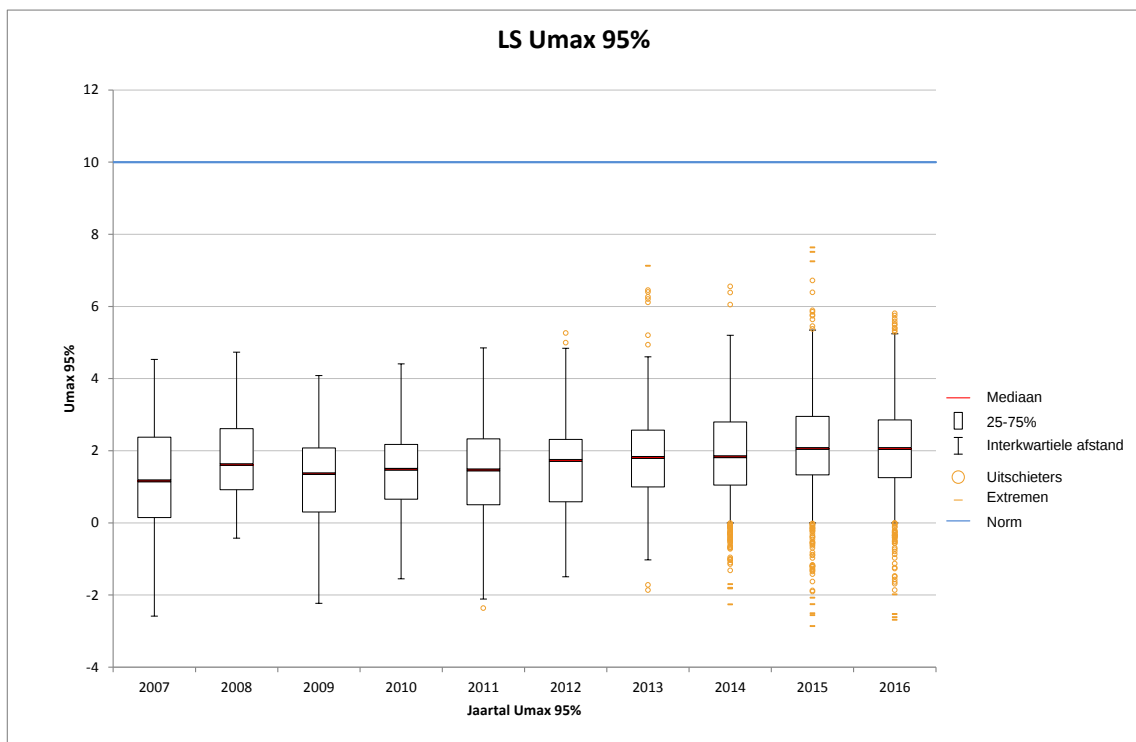
Voor het LS-, MS- en HS-netvlak is de meetdata van de afgelopen tien jaar beschouwd. Oftewel de periode 2007-2016. Voor het EHS-netvlak is meetdata vanaf 2009 beschouwd. In dit jaar heeft een ombouw van het meetsysteem plaatsgevonden naar een systeem met een hogere frequentiebandbreedte. Hierdoor is het geschikt gemaakt voor het meten van onder andere harmonische spanningen. Daarnaast is het meetsysteem in 2009 uitgebreid naar negen meetlocaties (inmiddels telt het meetsysteem 23 locaties). Voor 2009 werd de spanningskwaliteit op slechts enkele locaties gemeten, daarom zijn deze meetgegevens niet meegenomen.

Voor de trendanalyse wordt bij alle netvlakken gebruik gemaakt van de 95% toetswaarden. Een uitzondering hierop vormen de verschijnselen langzame spanningsvariatie en spanningsasymmetrie in het HS-netvlak. Voor deze verschijnselen wordt van de 99,9% toetswaarden gebruik gemaakt. Dit is in lijn met de eisen uit de Netcode [1]. De toetswaarden zijn gebruikt om zogenaamde boxplots samen te stellen.

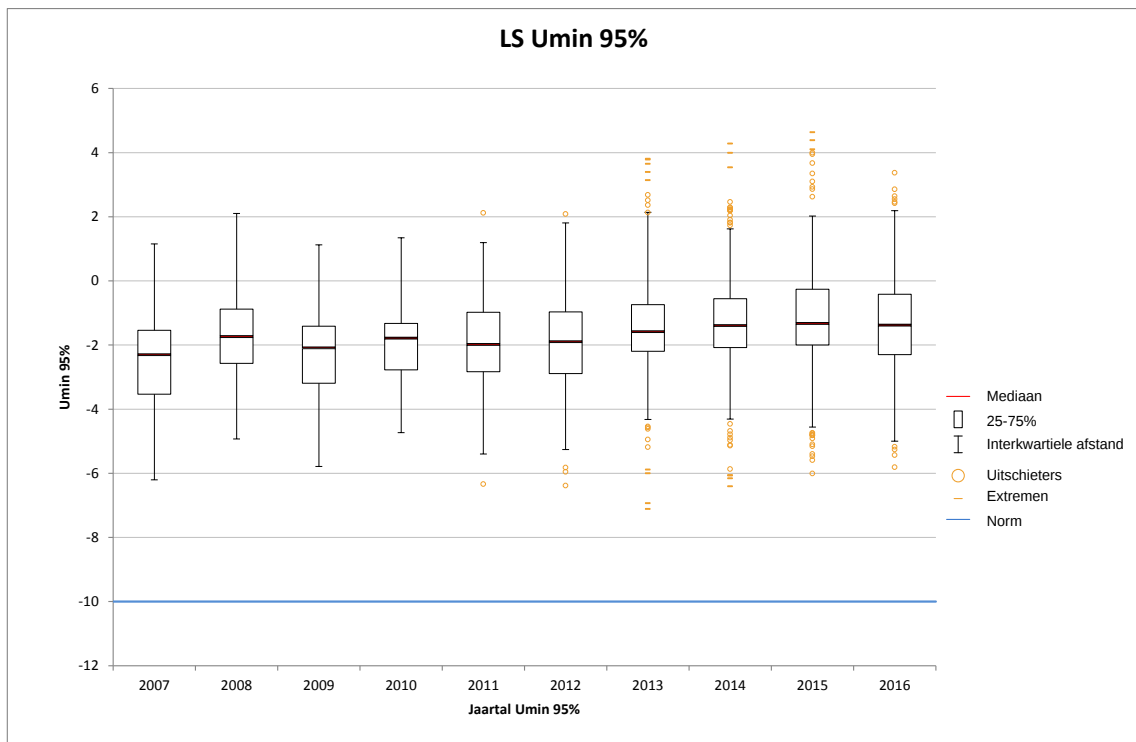
Boxplots geven een grafische weergave van de verdeling van de toetswaarden. In deze weergave wordt middels een 'box' de middelste 50% van de waarden getoond. Het streepje in de box betreft de mediaan, ook wel bekend als centrummaat. De mediaan wordt in de statistiek veel gebruikt voor trendanalyses. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Deze hoogte staat bekend als de interkwartiele afstand. Indien waarden boven of onder de poten liggen, wordt over uitschieters en extremen gesproken. In de figuren zijn deze waarden vanaf 2011 opgenomen. Voorheen werden uitschieters en extremen niet in kaart gebracht, waardoor deze informatie niet voorhanden is.

4.1 Langzame spanningsvariatie

De figuren 4.1 en 4.2 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) in het LS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren onder de 3 en boven de -3. Uit beide figuren blijkt verder dat de boxplots alle jaren voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan laten de figuren in de afgelopen vijf jaar een licht stijgende trend zien. De netbeheerders houden de stijgende trend van U_{max} de komende jaren nauwlettend in de gaten.

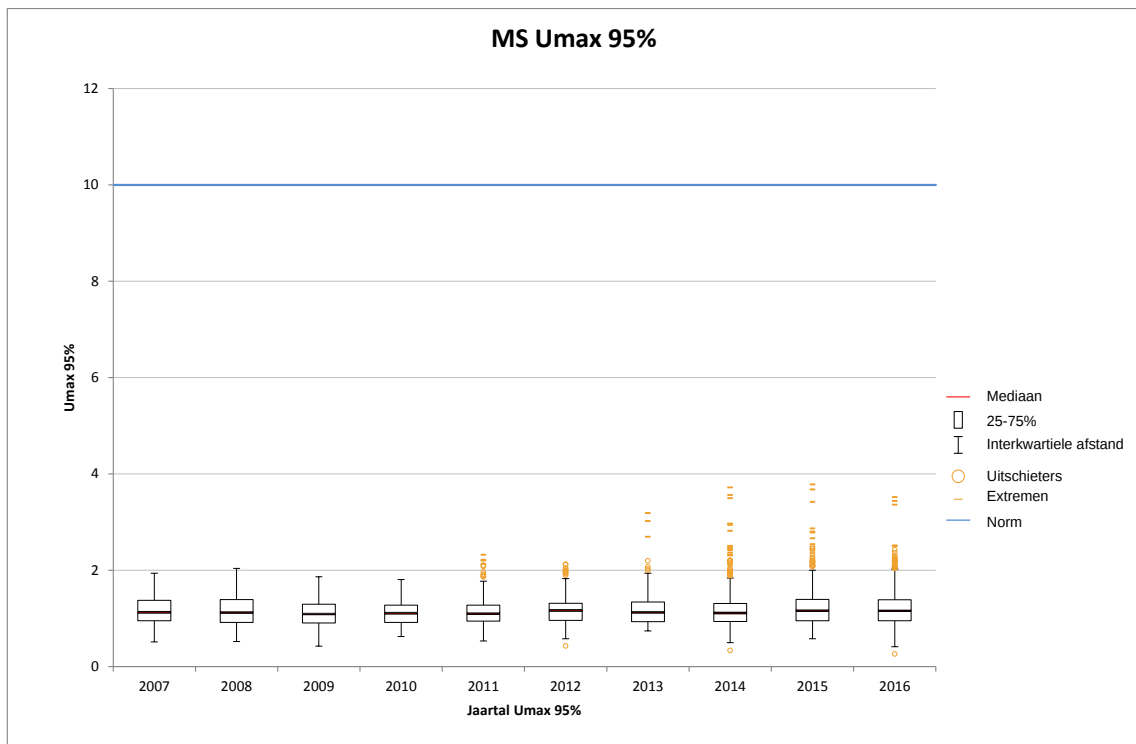


Figuur 4.1: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) LS-netvlak, 2007-2016

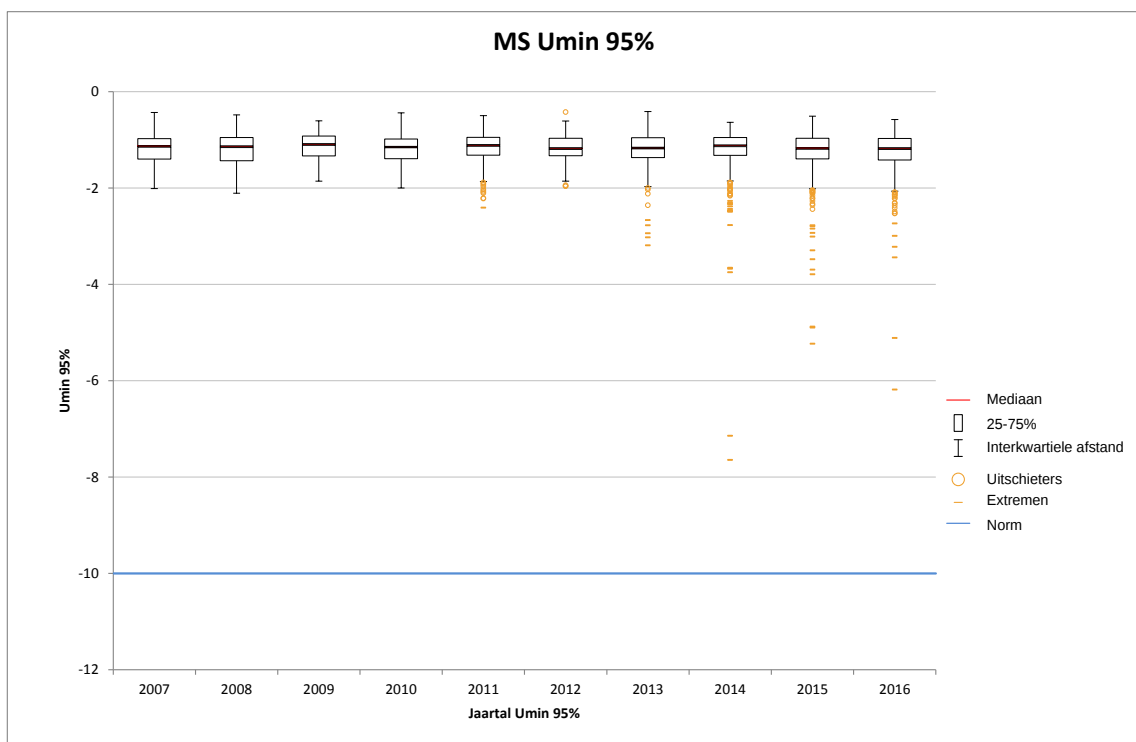


Figuur 4.2: Langzame spanningsvariatie (Umin) LS-netvlak, 2007-2016

De figuren 4.3 en 4.4 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (Umax en Umin) in het MS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren rond de 1 en -1. Uit beide figuren blijkt dat de boxplots alle jaren ruimschoots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in de afgelopen tien jaar geen duidelijke trend zichtbaar.



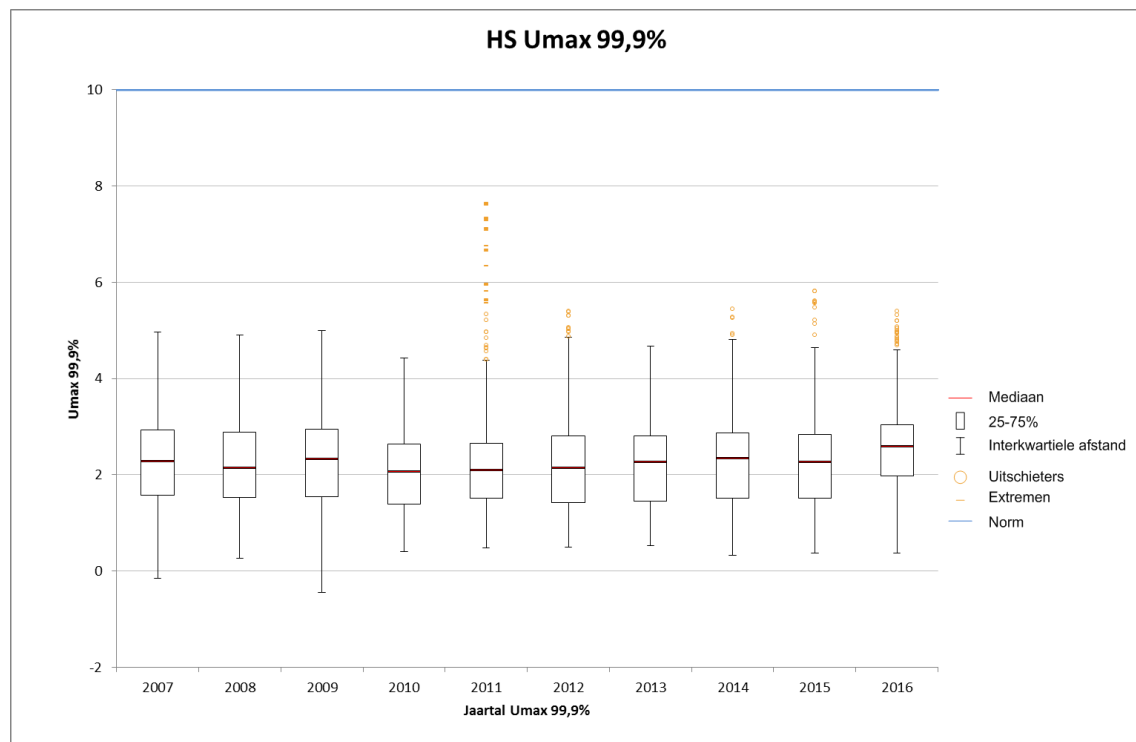
Figuur 4.3: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) MS-netvlak, 2007-2016



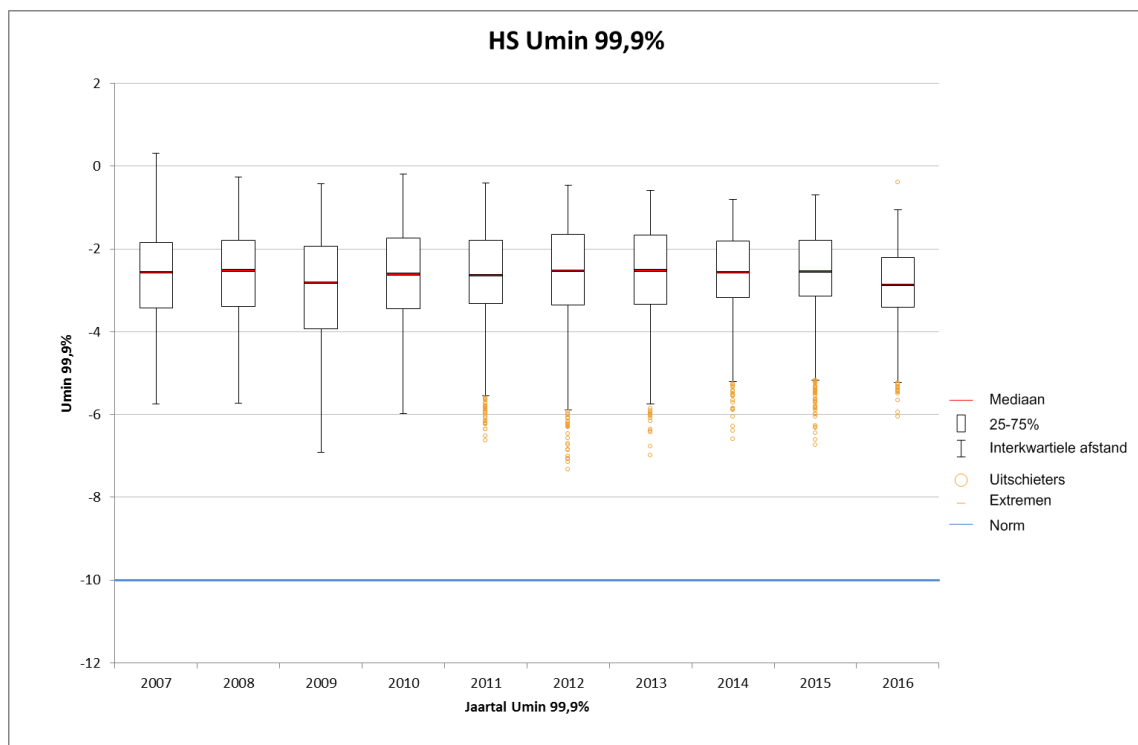
Figuur 4.4: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) MS-netvlak, 2007-2016

De figuren 4.5 en 4.6 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) in het HS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt voor de jaren 2007 tot en met 2016 onder de 3 en boven de -4.

Uit beide figuren blijkt dat de boxplots voor de jaren 2007 tot en met 2016 voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in de afgelopen tien jaar geen duidelijke trend zichtbaar.

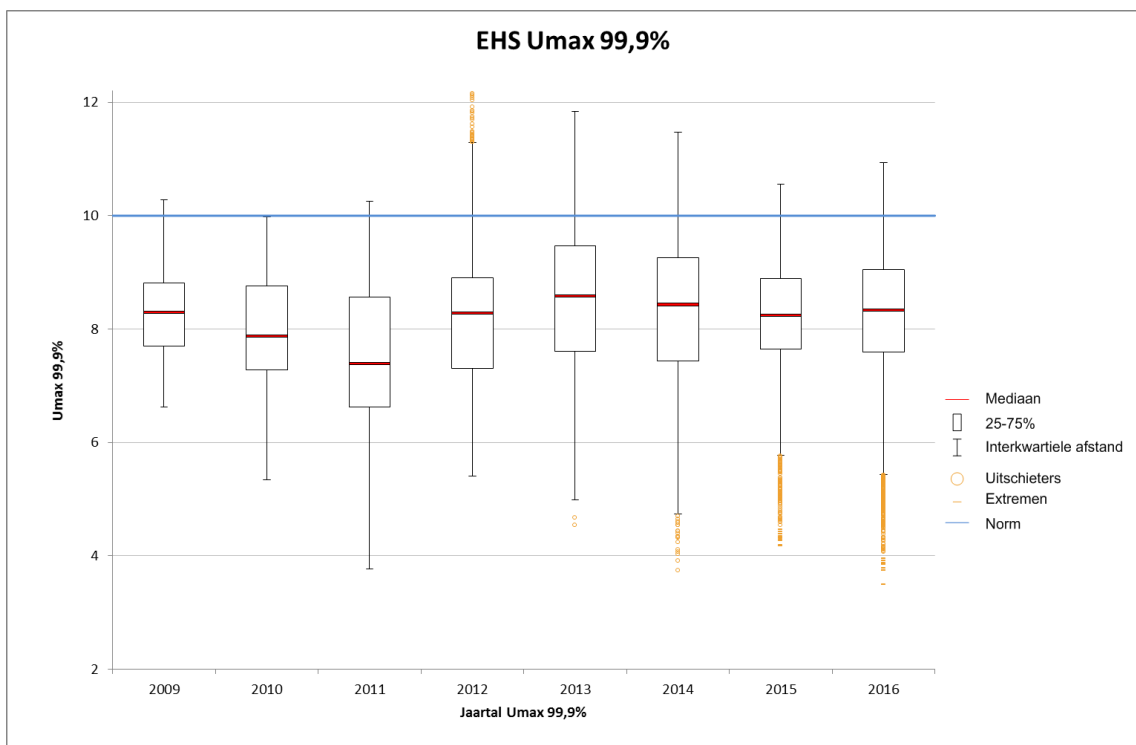


Figuur 4.5: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) HS-netvlak, 2007-2016

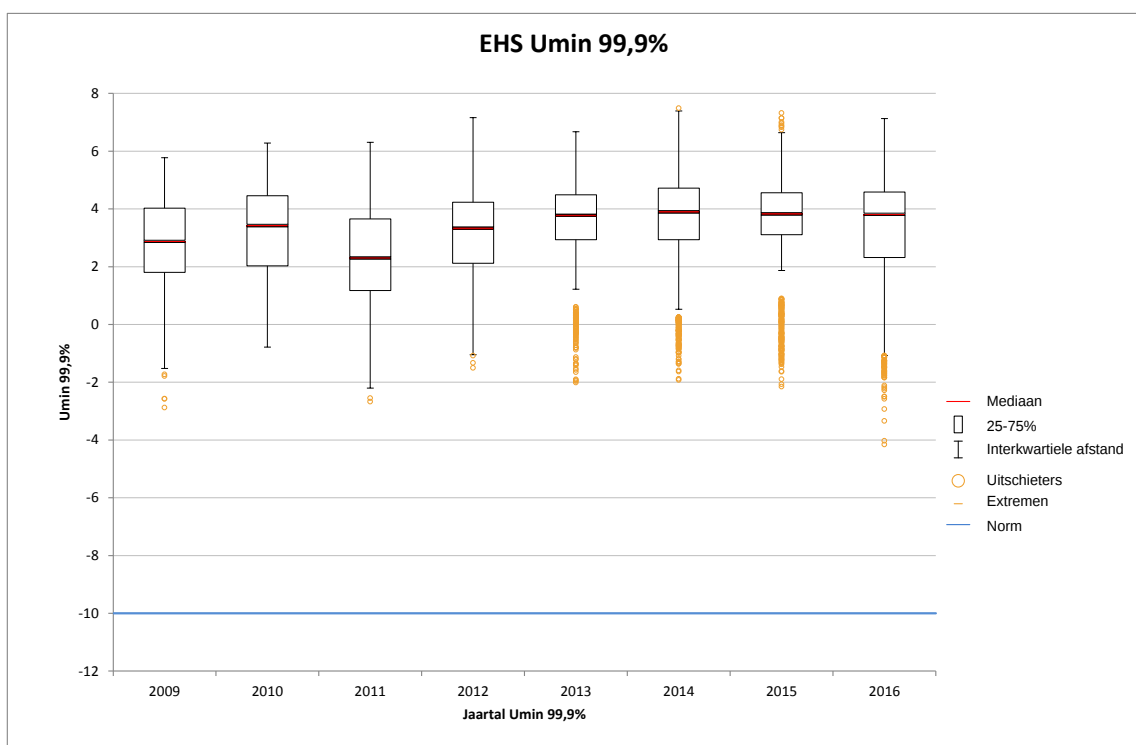


Figuur 4.6: Langzame spanningsvariatie (Umin) HS-netvlak, 2007-2016

De figuren 4.7 en 4.8 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (Umax en Umin) in het EHS-netvlak. Bij figuur 4.7 valt het op dat een deel van de meetwaarden boven de 99,9%-grens ligt (zie bijlage H voor een toelichting). Bij figuur 4.8 zijn geen overschrijdingen aanwezig. Op basis van de mediaan is er in de afgelopen zeven jaar geen duidelijke trend zichtbaar.



Figuur 4.7: Langzame spanningsvariatie (Umax) EHS-netvlak, 2009-2016

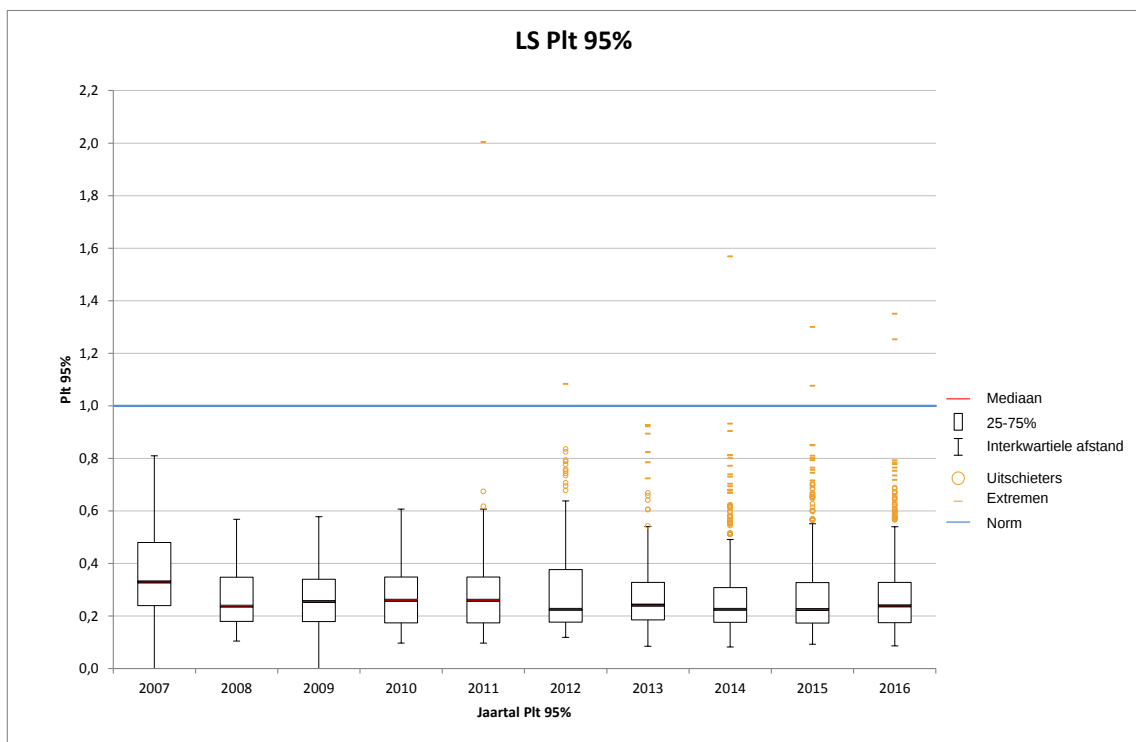


Figuur 4.8: Langzame spanningsvariatie (Umin) EHS-netvlak, 2009-2016

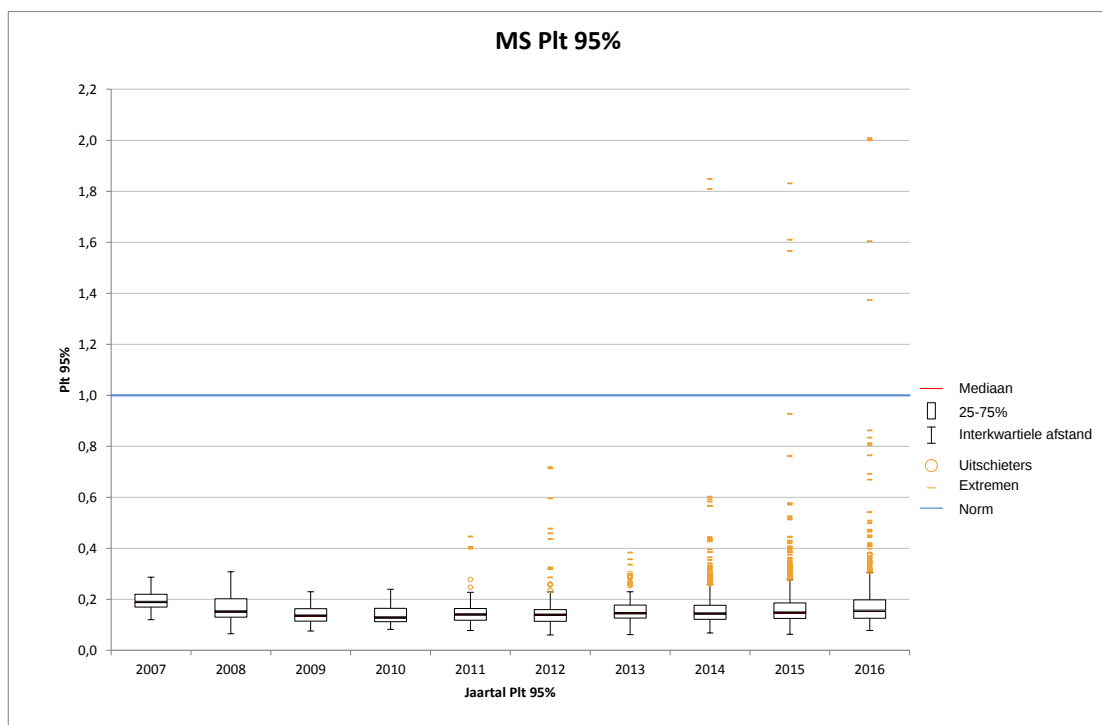
4.2 Snelle spanningsvariatie

De figuren 4.9 en 4.10 tonen de trendanalyse van snelle spanningsvariatie (Plt) in het LS- en MS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren bij het LS-netvlak onder de 0,4 en bij het MS-netvlak onder de 0,2. Uit beide figuren blijkt verder dat de boxplots alle jaren voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn), maar in het LS-netvlak de spreiding groter is. Afgelopen jaar zijn er in het MS-netvlak een tweetal overschrijdingen opgetreden, in het LS-netvlak zijn er ook twee overschrijdingen van de 95%-grenswaarde van de snelle spanningsvariatie opgetreden.

Op basis van de mediaan is er geen duidelijke trend zichtbaar. Wel is tussen 2007 en 2008 een sprong waarneembaar. Deze sprong wordt verklaard door de overstap naar een klasse A meetinstrument voor de metingen in het LS- en MS-netvlak. Met dit nieuwe meetinstrument worden de spanningsverschijnselen als gevolg van soft- en hardwarematige verbeteringen anders gemeten. De overstap was benodigd om te voldoen aan de laatste eisen zoals gesteld in de normen IEC 61000-4-30 [7] en IEC 61000-4-7 [8].

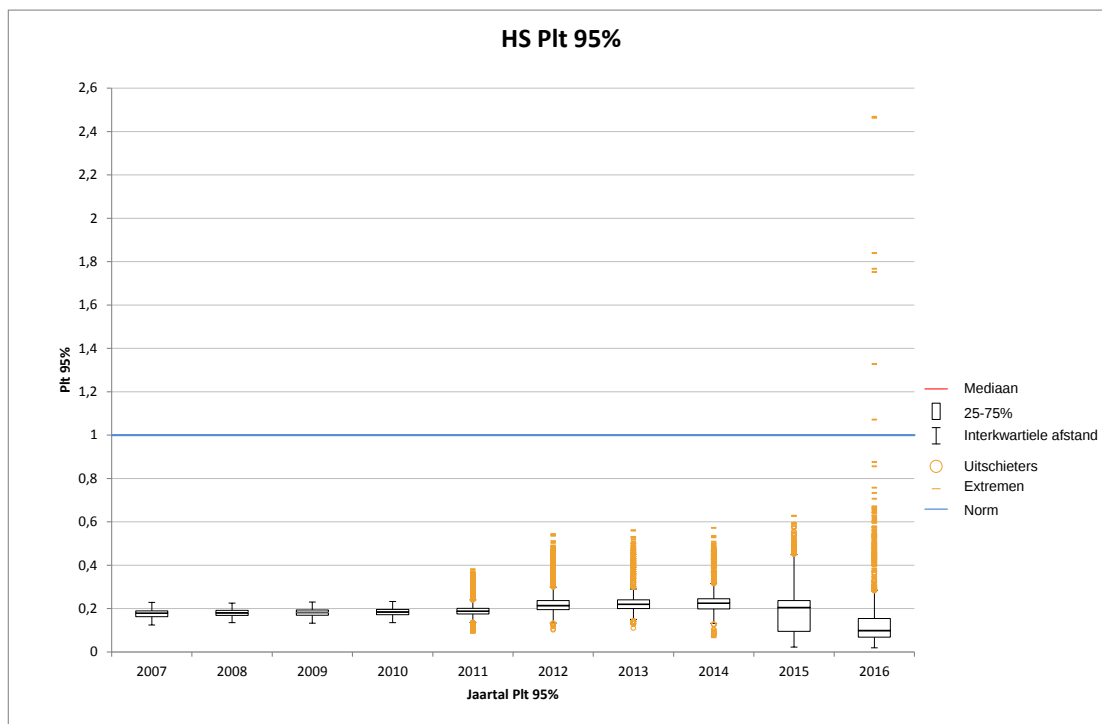


Figuur 4.9: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak, 2007-2016



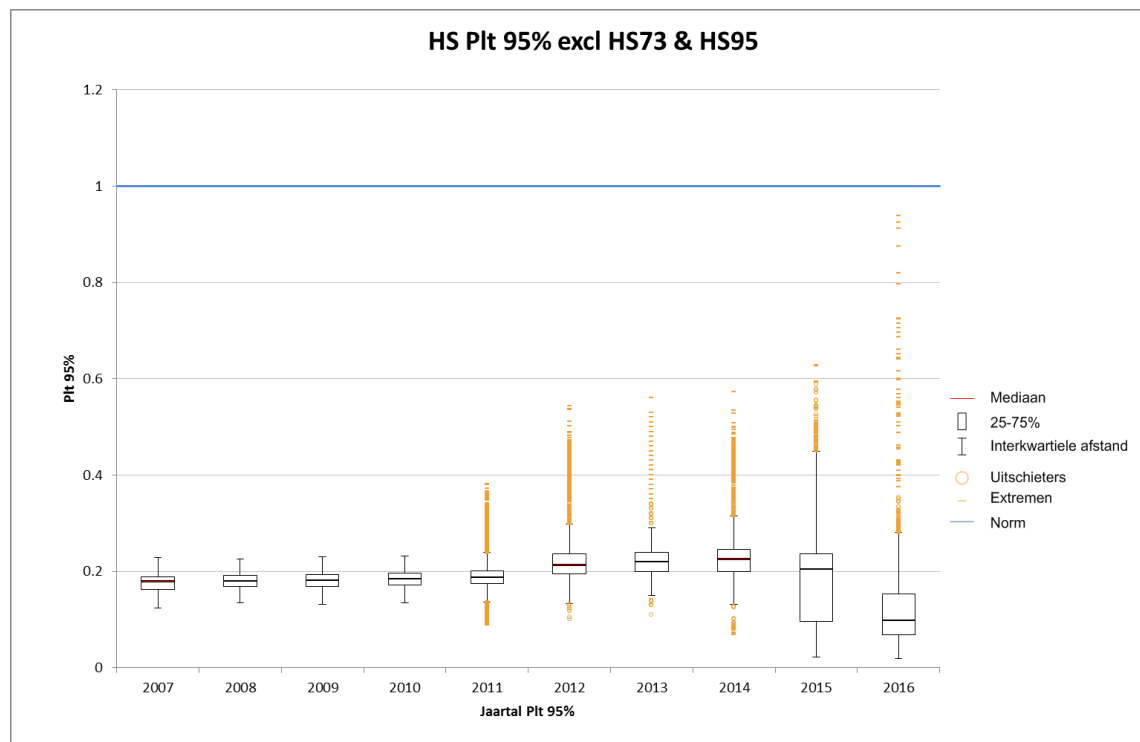
Figuur 4.10: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak, 2007-2016

Figuur 4.11 toont de trendanalyse van snelle spanningsvariatie in het HS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt doorgaans onder de 0,3. Uit de figuur blijkt dat de boxplots tot en met 2015 voldoen aan de 95%-grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). In 2016 zien we een daling van de mediaan naar 0,1 en tegelijkertijd een forse toename van het aantal uitschieters en extremen.



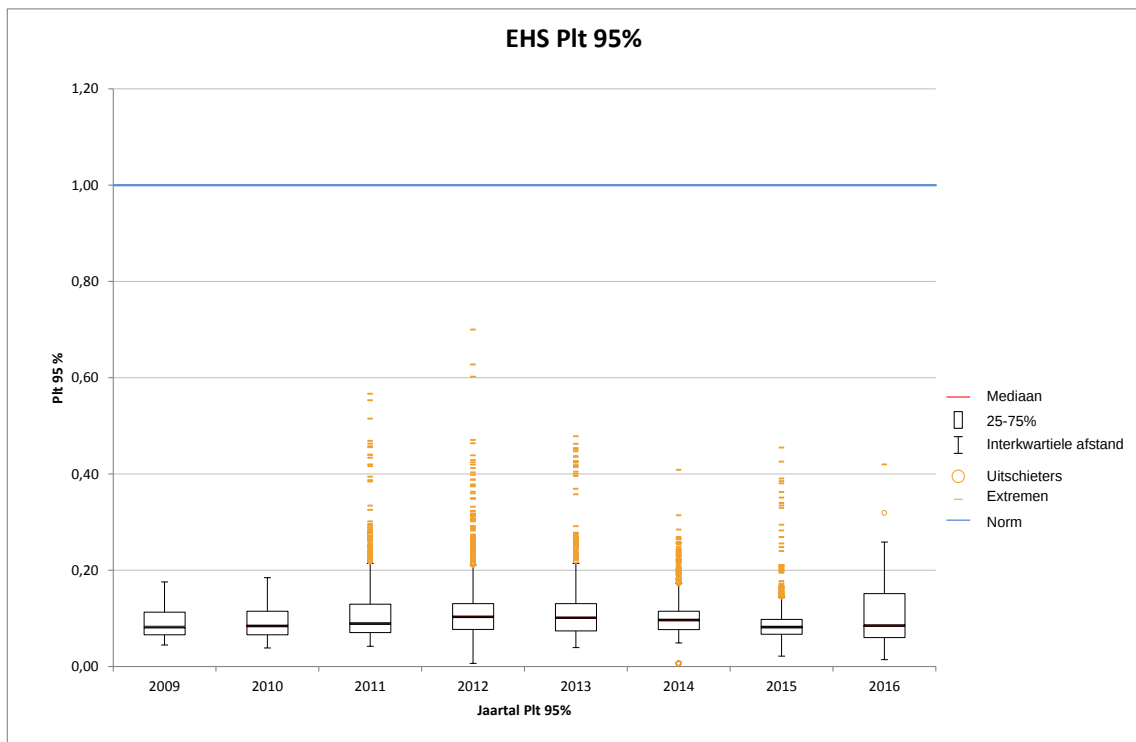
Figuur 4.11: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak, 2007-2016

Nader onderzoek heeft uitgewezen dat de extremen en uitschieters voor 57% werden veroorzaakt door twee meetlocaties, te weten H73 en H95. In bijlage H wordt nader op de oorzaak van deze hoge waarden ingegaan. Figuur 4.12 toont de trendanalyse exclusief deze meetlocaties. De extremen en uitschieters liggen zonder deze meetlocaties allen onder 95% grenswaarde. Een mogelijke verklaring voor de blijvende trendbreuk betreft mogelijk de gewijzigde meetpopulatie.



Figuur 4.12 Snelle spanningsvariatie HS-netvlak, 2007-2016, exclusief HS73 en HS95

Figuur 4.13 toont de trendanalyse van snelle spanningsvariatie in het EHS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt doorgaans onder de 0,2. Uit dit figuur blijkt dat de boxplots alle jaren voldoen aan de 95%-grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is in het EHS-netvlak is geen trend zichtbaar.

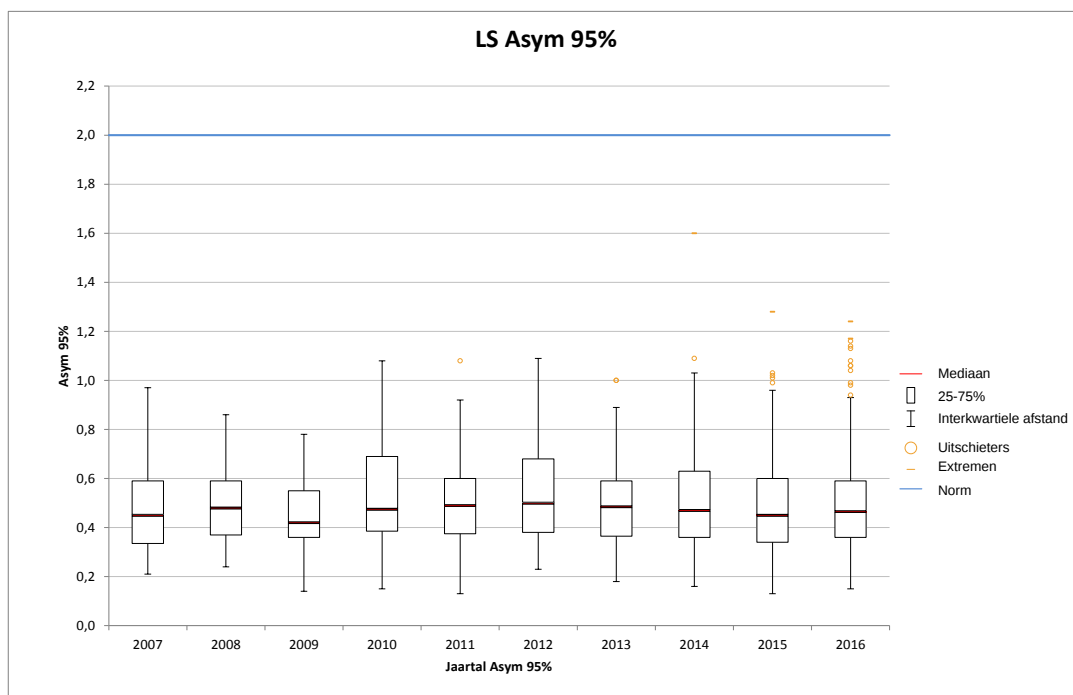


Figuur 4.13: Snelle spanningsvariatie EHS-netvlak, 2009-2016

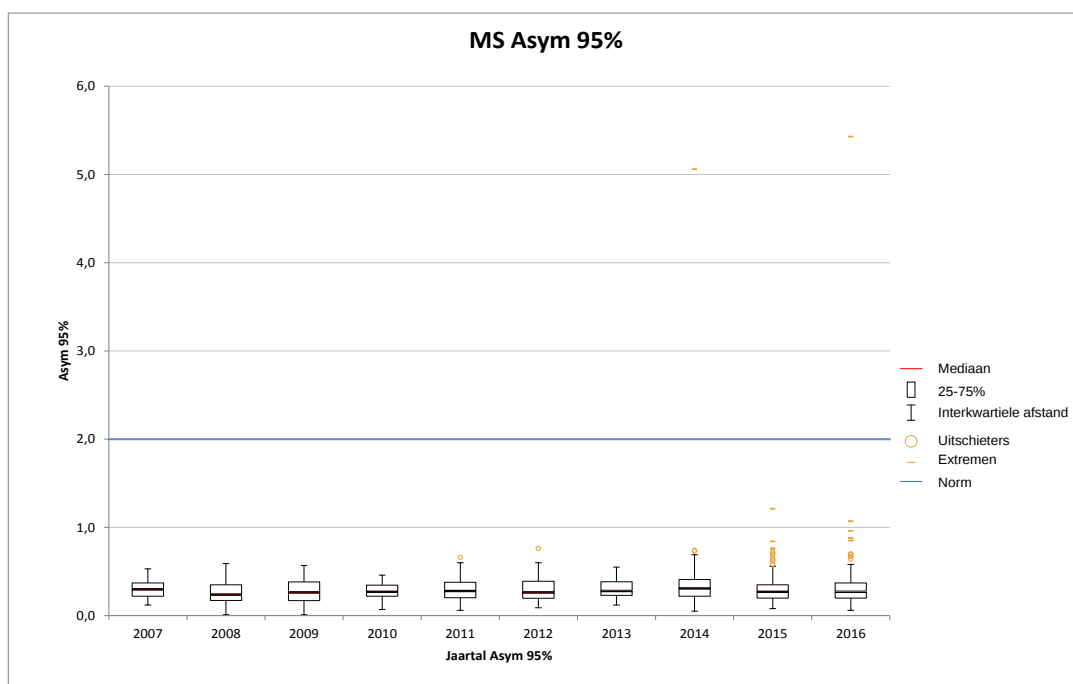
4.3 Spanningsasymmetrie

De figuren 4.14 en 4.15 tonen de trendanalyse van spanningsasymmetrie in het LS- en MS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren bij het LS-netvlak onder de 0,7 en bij het MS-netvlak onder de 0,5.

Uit alle figuren blijkt dat de boxplots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in geen van de figuren een duidelijke trend zichtbaar.

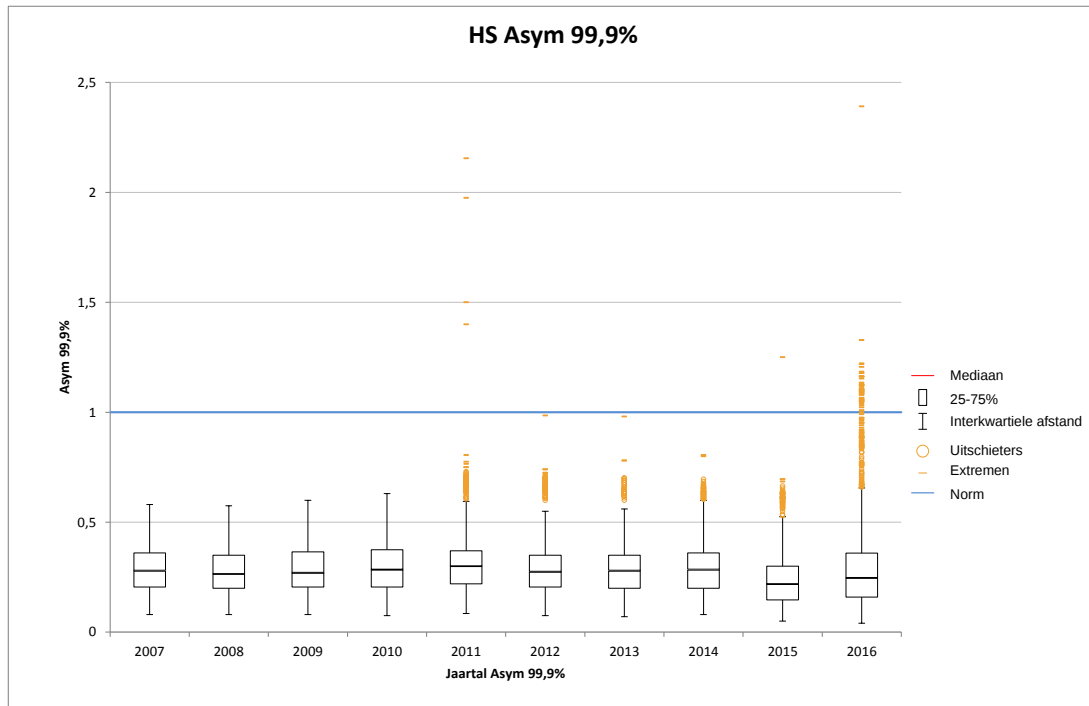


Figuur 4.14: Spanningsasymmetrie LS-netvlak, 2007-2016

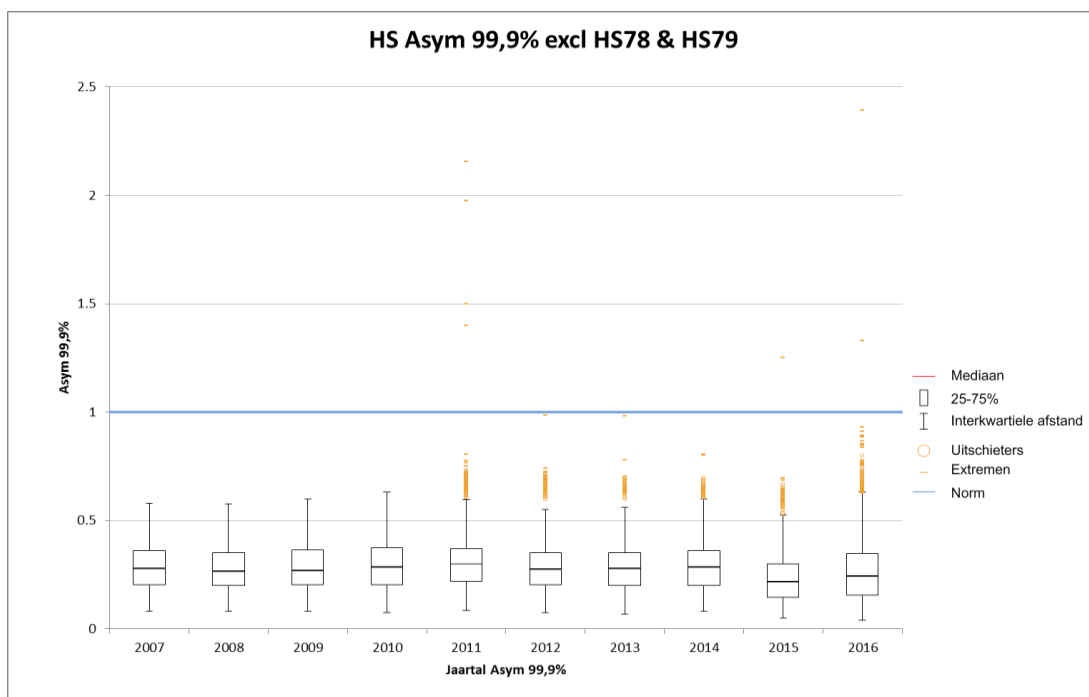


Figuur 4.15: Spanningsasymmetrie MS-netvlak, 2007-2016

Figuur 4.16 toont de trendanalyse van spanningsasymmetrie in het HS-netvlak. Op basis van de mediaan is er in geen van de figuren een duidelijke trend zichtbaar. Opvallend is het fors grotere aantal uitschieters en extremen. Nader onderzoek heeft uitgewezen dat de extremen en uitschieters voor 70% werden veroorzaakt door twee meetlocaties in Helmond. In bijlage G wordt nader op de oorzaak van deze hoge waarden ingegaan. Figuur 4.17 toont de trendanalyse exclusief deze meetlocaties.

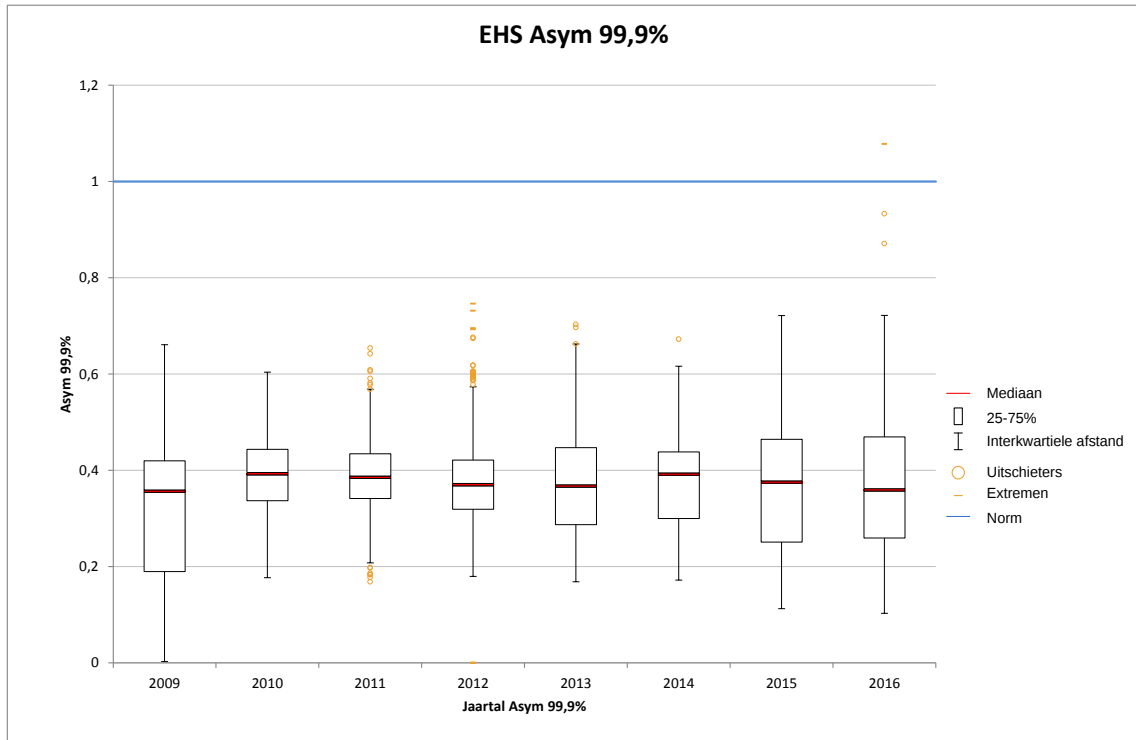


Figuur 4.16: Spanningsasymmetrie HS-netvlak, 2007-2016



Figuur 4.17: Spanningsasymmetrie HS-netvlak, 2007-2016

Figuur 4.18 toont de trendanalyse van spanningsasymmetrie in het EHS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren onder de 0,5. Op basis van de mediaan is er in geen duidelijke dalende of stijgende trend zichtbaar.

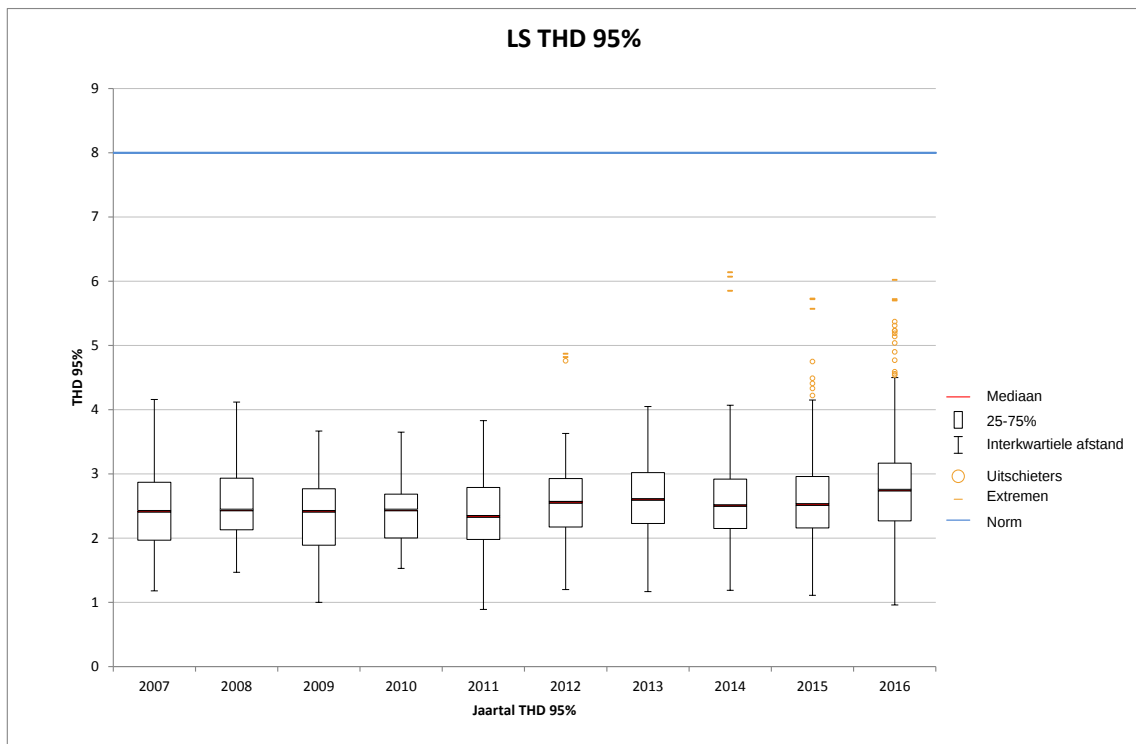


Figuur 4.18: Spanningsasymmetrie EHS-netvlak, 2009-2016

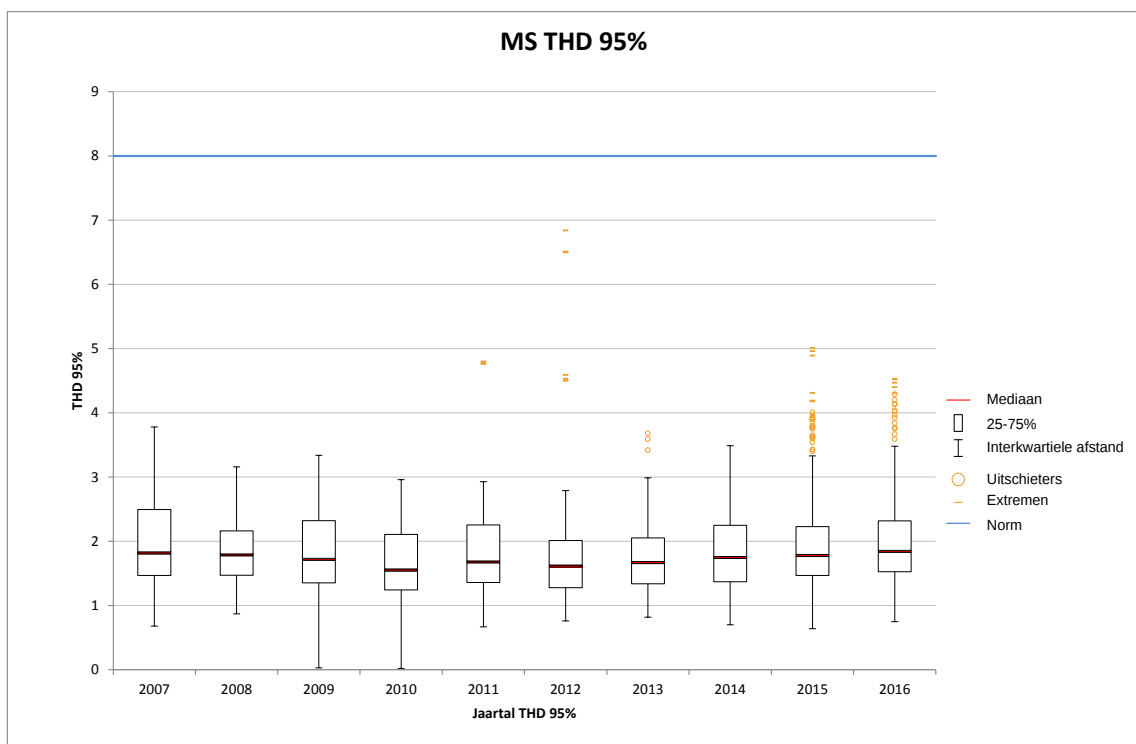
4.4 Totale harmonische vervorming

De figuren 4.19 tot en met 4.22 tonen de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD) in alle netvlakken. Uit de figuren blijkt dat de boxplots doorgaans ruimschoots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt over het algemeen in alle netvlakken onder de 3.

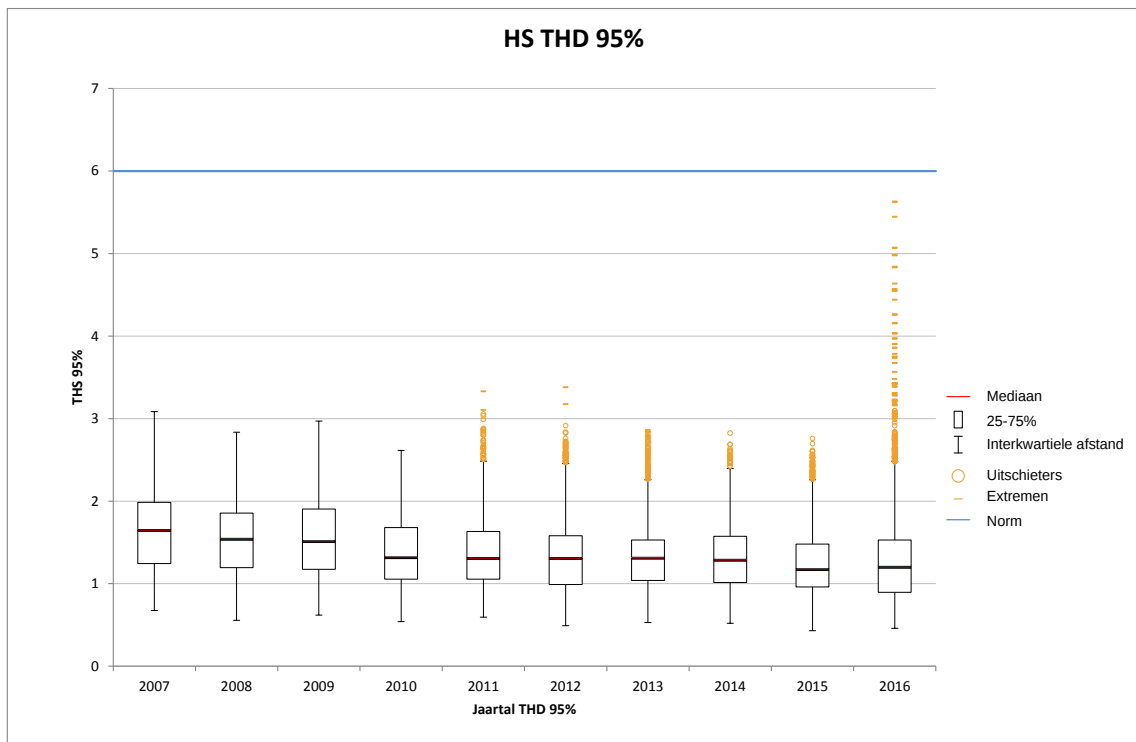
Op basis van de mediaan is er in afgelopen 10 jaar geen duidelijke trend zichtbaar.



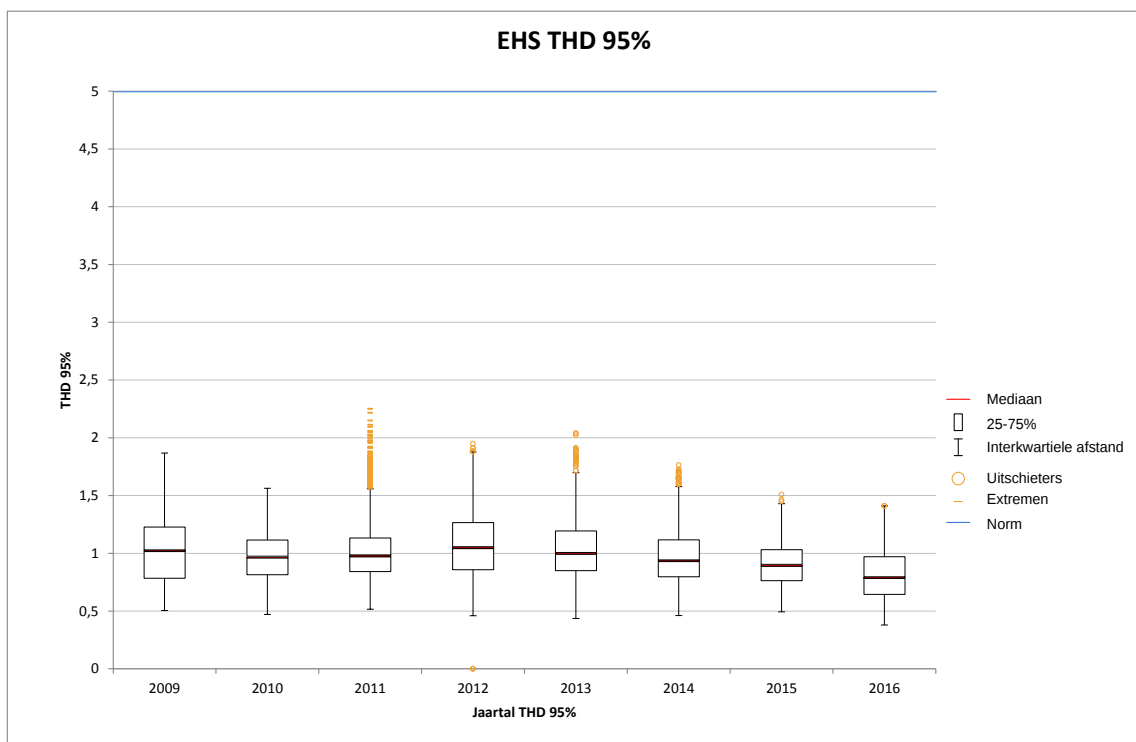
Figuur 4.19: Totale harmonische vervorming LS-netvlak, 2007-2016



Figuur 4.20: Totale harmonische vervorming MS-netvlak, 2007-2016



Figuur 4.21: Totale harmonische vervorming HS-netvlak, 2007-2016



Figuur 4.22: Totale harmonische vervorming EHS-netvlak, 2009-2016

5 Ontwikkelingen PQM-project

De Nederlandse netbeheerders bewaken al vele jaren de spanningskwaliteit van hun elektriciteitsnet. Ze zijn hier grotendeels op eigen initiatief mee begonnen. In het PQM-project zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd, waarmee werd ingespeeld op ontwikkelingen in de (Europese) regelgeving en de maatschappij.

circa 1989	Diverse Nederlandse netbeheerders bewaken de 5e en 11e harmonischen in hun elektriciteitsnetten.
1994	In het kader van het Meerjarenprogramma Studie en Onderzoek van Netbeheer Nederland (voorheen: EnergieNed) wordt gestart met het ontwikkelen van een meetsysteem voor het bewaken van de netspanning in de Nederlandse elektriciteitsnetten.
1995	Het Nederlands Elektrotechnisch Comité aanvaardt de EN 50160 als Nederlandse norm en noemt het: NEN-EN 50160: Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten.
1996	Het ontwikkelde meetsysteem wordt binnen het pilot-project Power Quality Monitoring (PQM) uitgerold. Dit project toetst volgens criteria uit de norm NEN-EN 50160. De volgende spanningsverschijnselen worden statistisch bewaakt: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, spanningsasymmetrie en harmonische spanningen. PQM richt zich op drie netvlakken: laag-, midden- en hoogspanning (50 – 150 kV). Per netvlak wordt op minimaal 50 locaties gedurende één week de spanningskwaliteit geregistreerd.
1997	Het pilot-project is succesvol verlopen en de netbeheerders besluiten per 1998 over te gaan op een jaarlijks terugkerend landelijk PQM-project. De rapportage Spanningskwaliteit in Nederland wordt voor het eerst uitgebracht.
1999	Er wordt een handleiding uitgebracht, die betrokkenen meer inzicht geeft in de achtergrond, opzet en praktische uitvoering van het PQM-project.
2000	In het kader van de Elektriciteitswet 1998 wordt de Netcode uitgebracht. Deze nationale standaard bepaalt dat de kwaliteit van de geleverde transportdienst moet voldoen aan de eisen uit de NEN-EN 50160.
2002	Er verschijnt een nieuwe versie van de Netcode die een verdere aanscherping en aanvulling bevat van de kwaliteitscriteria uit de NEN-EN 50160.
2003	In opdracht van het ministerie van Economische Zaken wordt binnen het programma Elektriciteitsnetwerk Gebruikers Onderzoek (PREGO) een meet-systeem ontworpen dat de spanningskwaliteit in het hoogspanningsnet continu bewaakt. De NMa besluit dat de spanningskwaliteit van hoogspanningsnetten dient te worden bewaakt. Tot 2003 was er nog geen verplichting. De NMa scherpt de kwaliteitscriteria met betrekking tot HS-netten in de Netcode nogmaals aan.
2004	Het continue meetsysteem wordt bij twintig aselekt getrokken HS meetlocaties geïnstalleerd en is vanaf eind 2004 volledig operationeel. Met het continue meetsysteem worden in Nederland voor het eerst structureel spanningsdips geregistreerd.
2005	In opdracht van het ministerie van Economische Zaken wordt binnen het programma Elektriciteitsnetwerk Gebruikers Onderzoek (PREGO) een

	verbeterde rapportagevorm voor de PQM-resultaten ontwikkeld en toegepast.
2007	Het Handboek Power Quality Monitoring wordt uitgebracht en zal worden bijgewerkt indien van toepassing. Dit document is een uitgebreide versie van de handleiding uit 1999. Introductie van vertalingen van de steekproefsgewijze metingen naar landelijke proporties.
2008	De steekproeftrekking voor de LS- en MS-metingen wordt gebaseerd op EAN-codes in plaats van postcodes met als doel een betere afspiegeling te krijgen van de “gemiddelde klantaansluiting”. De netbeheerders maken vanaf 2008 voor de PQM-metingen in het LS- en MS-netvlak gebruik van een klasse A meetinstrument, conform NEN-EN-IEC 61000.
2009	Per medio 2009 is gestart met het registreren van transiënten in het hoogspanningsnetvlak.
2010	De nieuwe versie van de norm NEN-EN 50160 bevat een diptabel voor het rapporteren van spanningsdips. De diptabel in de PQM rapportage is hierop aangepast. In aanvulling op deze tabel zijn de (vier) indicatoren volgens de PREGO methodiek echter gehandhaafd.
2012	Er is een workshop georganiseerd voor alle betrokken meetspecialisten. Tijdens de workshop is nader aandacht besteed aan het belang van het meten in de juiste maand
2013	De rapportage met betrekking tot LS-, MS, HS en EHS-netvlakken worden geïntegreerd in één rapport. Een onafhankelijke instantie neemt het beheer van het EHS-meetsysteem over. In opdracht van toezichthouder ACM wordt door de netbeheerders een plan van aanpak opgesteld dat betrekking heeft op uitbreiding van het PQM-project.
2014-2015	De ACM keurt in 2015 het plan van aanpak goed. Dit houdt onder andere in dat: • Het aantal geplande metingen in zowel het LS- als MS-netvlak wordt uitgebreid van 60 naar 270. • Het aantal meetlocaties in het HS- en EHS-netvlak wordt uitgebreid van 37 naar ruim 100 stuks. • Er een openbare website verschijnt die de resultaten van de uitgevoerde metingen individueel beschikbaar stelt.
2015	De regionale netbeheerders hebben op 200 locaties power quality meters geïnstalleerd ten behoeve van de registratie van spanningsdips in het MS-netvlak. De meetresultaten dienen als input voor een op te stellen codewijzigingsvoorstel voor kwaliteitscriteria. Dit voorstel wordt uiterlijk 1 januari 2018 door de netbeheerders ingediend.
2015-2016	TenneT breidt in opdracht van toezichthouder ACM haar HS- en EHS-meetsysteem uit (van 37 meters naar ruim 120 meters). Tevens worden een aantal foutief aangesloten meters opnieuw geïnstalleerd en wordt de datacommunicatie verbeterd.

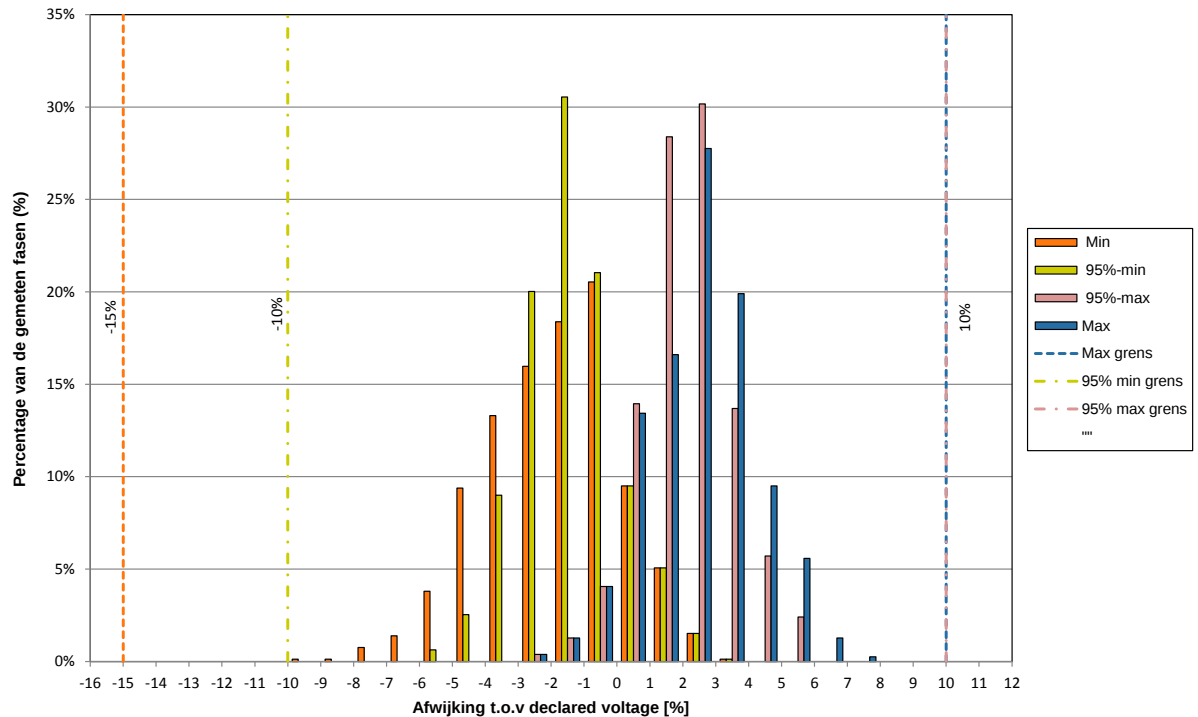
Referenties

- [1] ACM (januari 2017). Netcode Elektriciteit. Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998.
- [2] NEN (augustus 2010). NEN-EN 50160. Spanningskarakteristieken in openbare Elektriciteitsnetten Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks.
- [3] Movares / Netbeheer Nederland (2016). Handboek: Spanningskwaliteit in Nederland.
- [4] Sjef Cobben et al/TU/e (2015). Paper: Evaluation and updating of harmonic voltage limits.
- [5] KEMA (februari 2005). Diplomatiek: Grenzen aan spanningsdips. PREGO 21.
- [6] Movares (2015). Onafhankelijk onderzoek naar hinderlijke spanningsdips.
- [7] NEN (maart 2015). NEN-EN-IEC 61000-4-30. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurements methods.
- [8] IEC (november 2009). IEC 61000-4-7. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurement and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto.
- [9] Jan MEYER et al /CIGRE (juni 2015). Nequal – Web-based voltage quality monitoring in Switzerland.
- [10] Movares (2016). Spanningskwaliteit in Nederland, Resultaten 2015

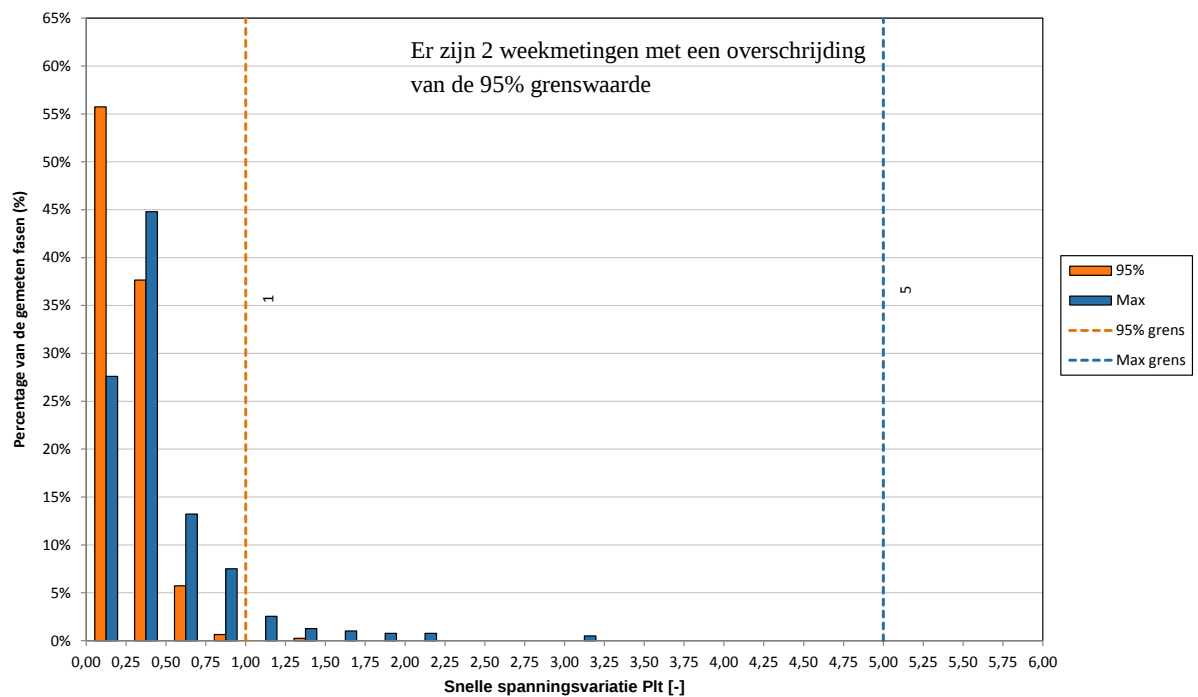
Bijlagen

Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	44
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	48
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	52
Bijlage D: Spanningsdips hoogspanningsnetvlak	54
Bijlage E: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak	56
Bijlage F: Spanningsdips extra hoogspanningsnetvlak	58
Bijlage G: Toelichting overschrijdingen LS en MS	60
Bijlage H: Toelichting overschrijdingen HS en EHS	65
Bijlage F: Metingen en overschrijdingen, 2007 – 2016	74

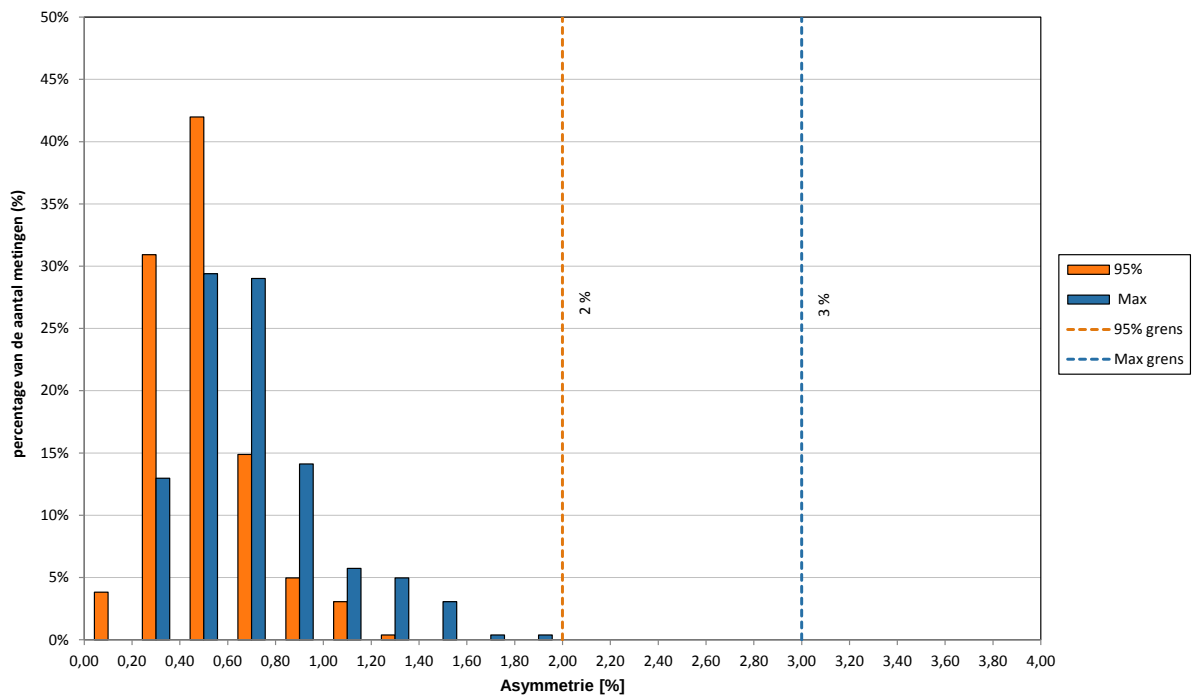
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak



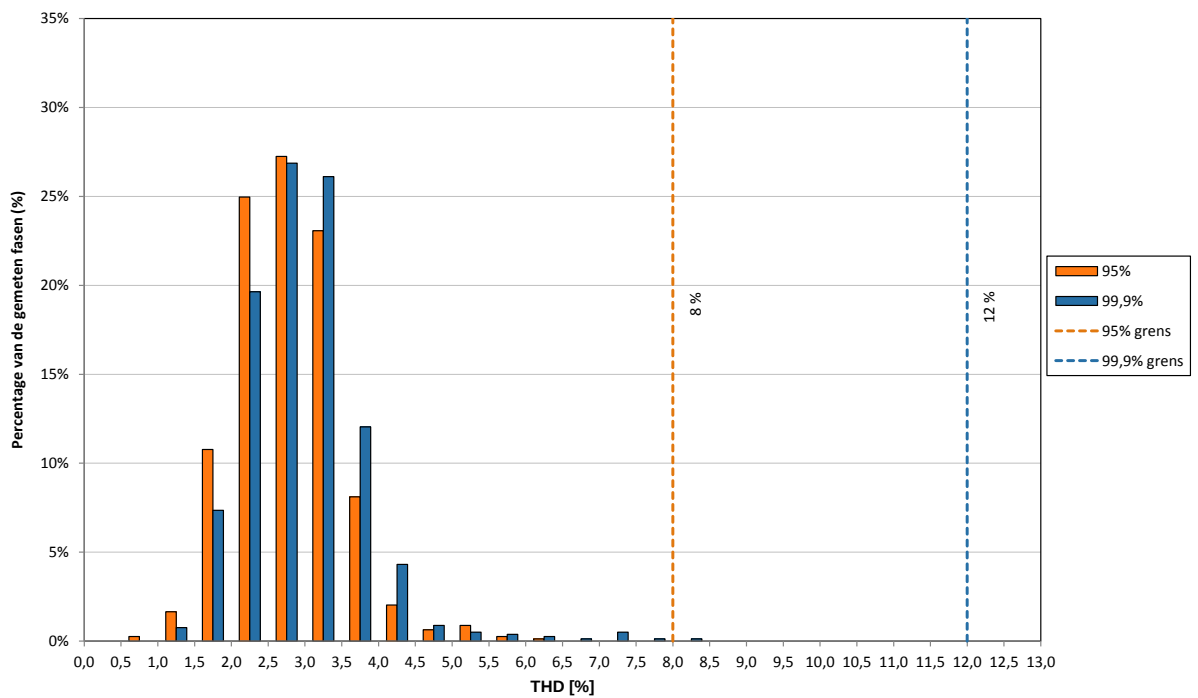
Figuur A1: Langzame spanningsvariatie LS-netvlak



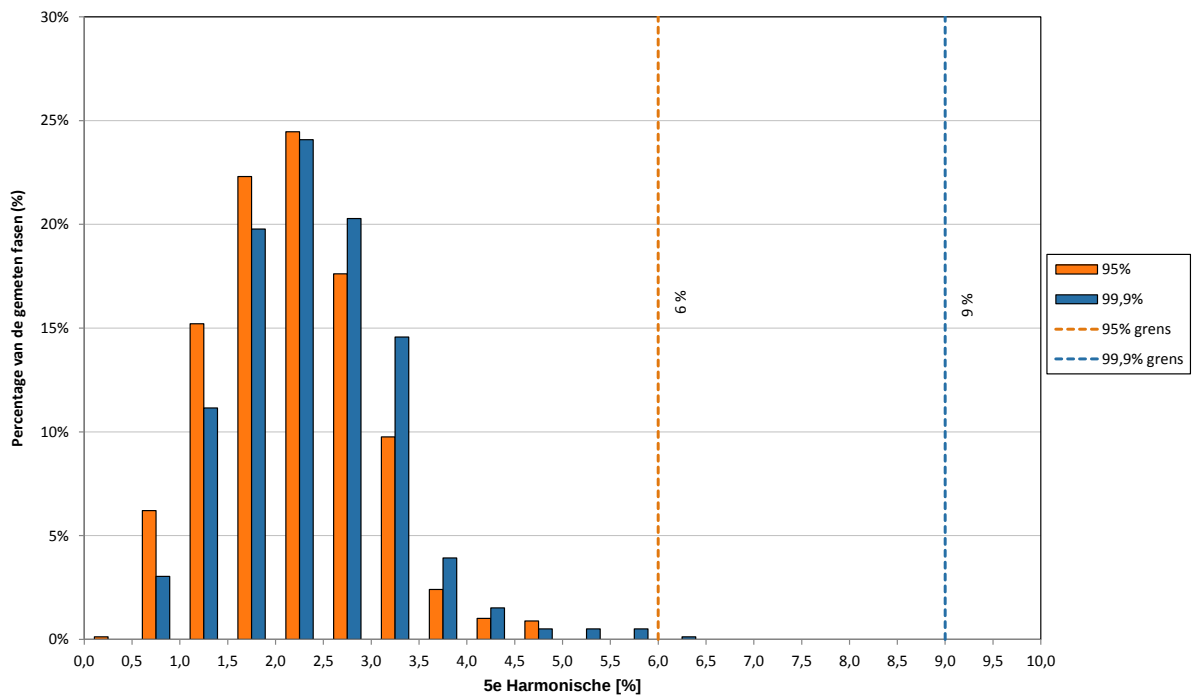
Figuur A2: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak



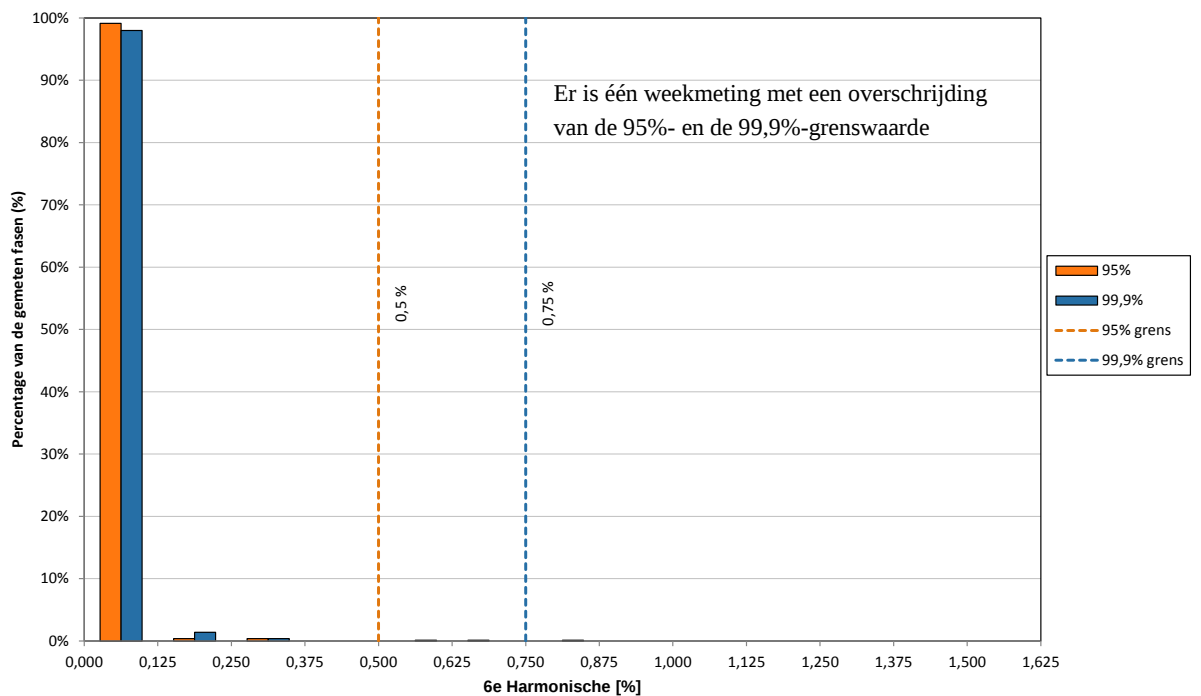
Figuur A3: Asymmetrie LS-netvlak



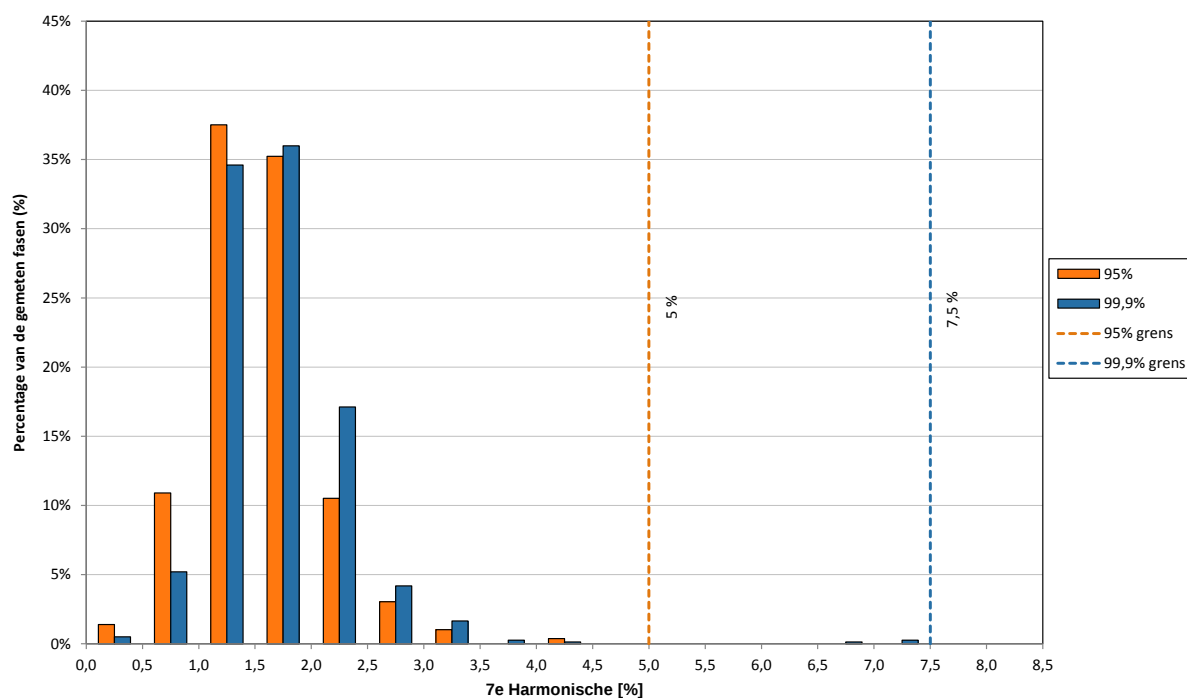
Figuur A4: Totale harmonische vervorming LS-netvlak



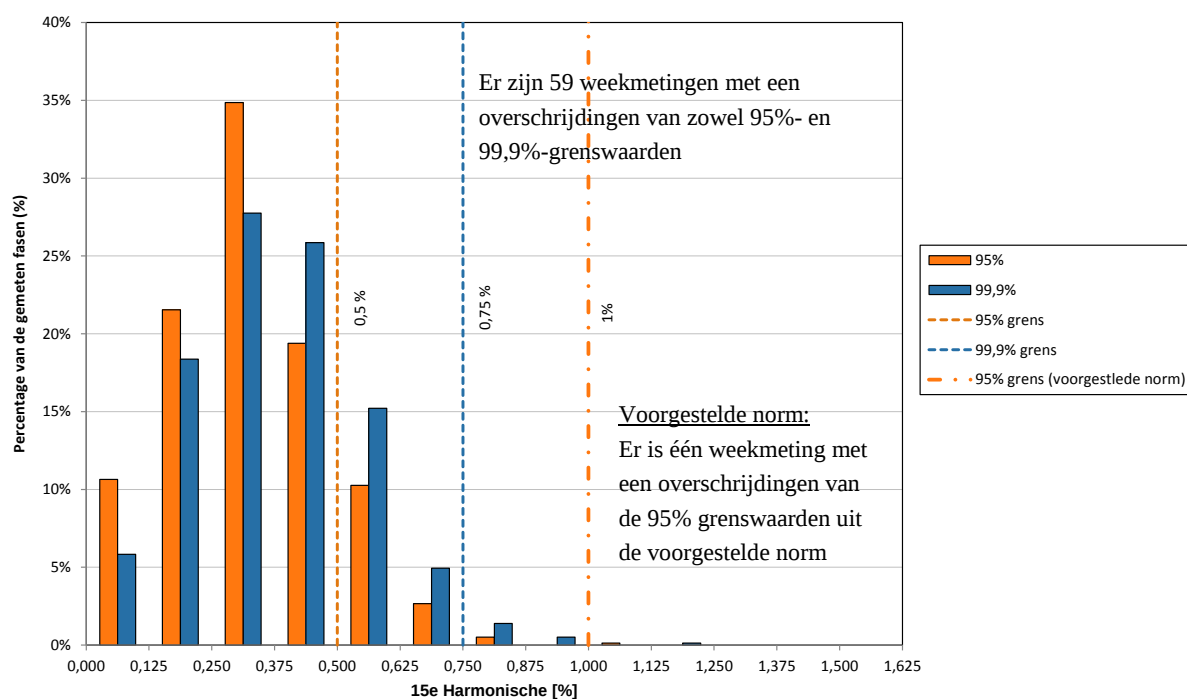
Figuur A5: 5^e harmonische LS-netvlak



Figuur A6: 6^e harmonische LS-netvlak

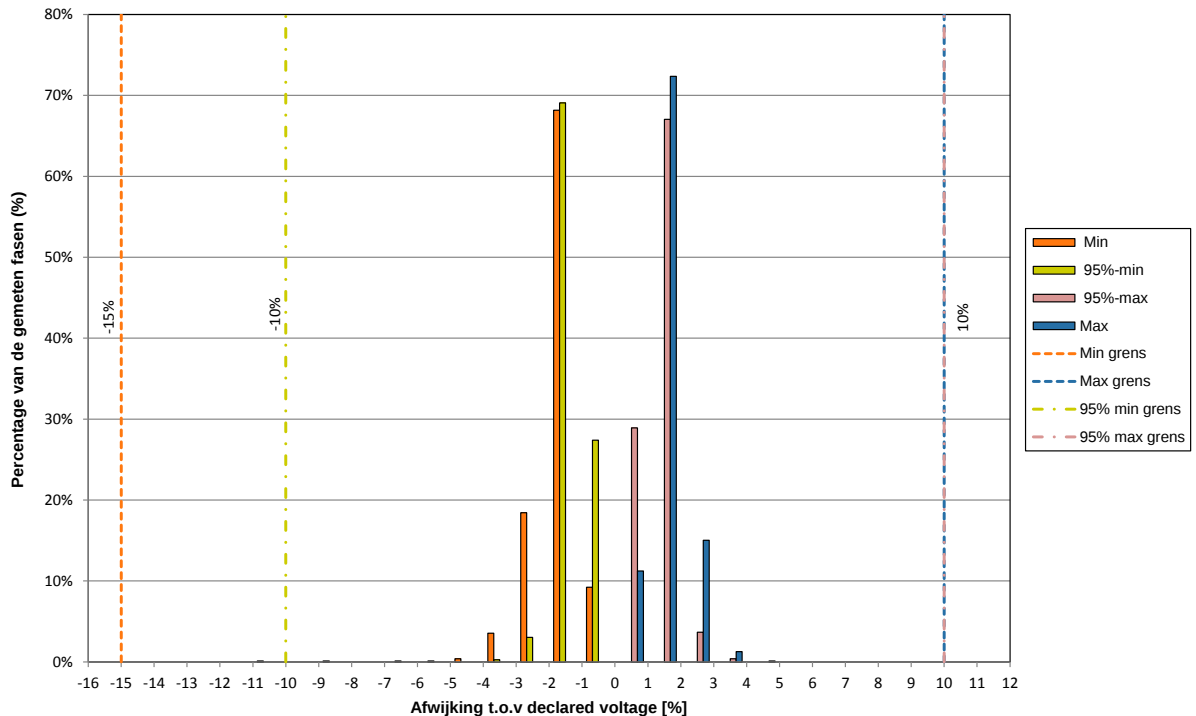


Figuur A7: 7^e harmonische LS-netvlak

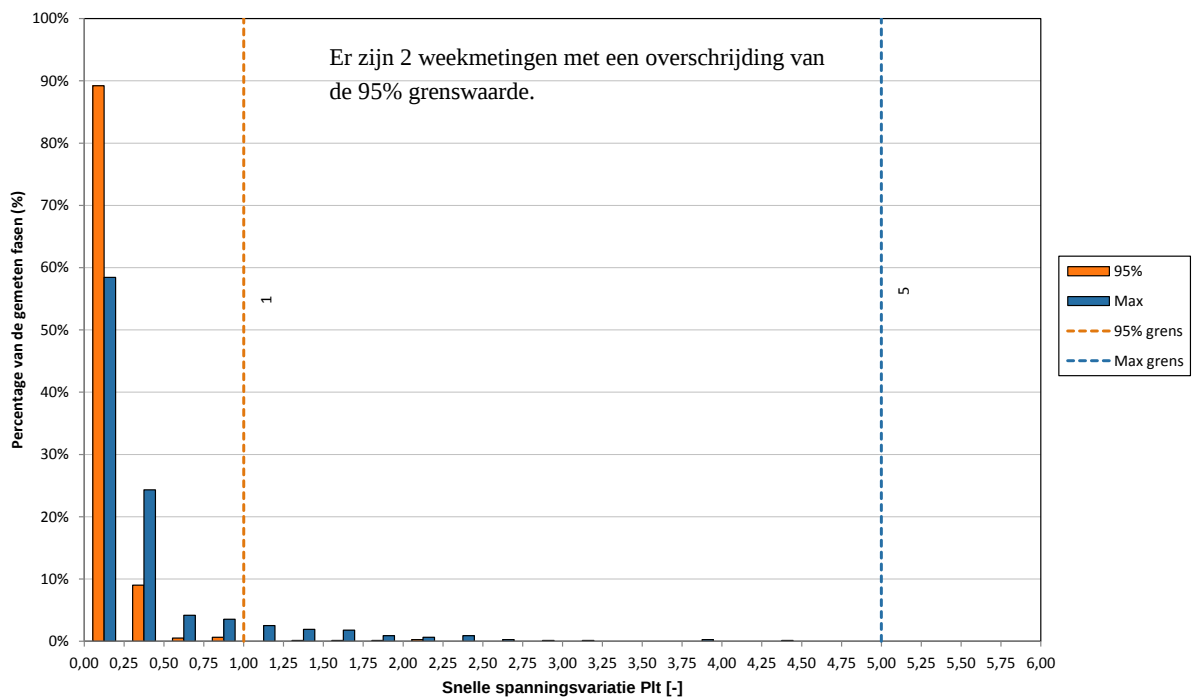


Figuur A7: 15^e harmonische LS-netvlak (incl. voorgestelde norm)

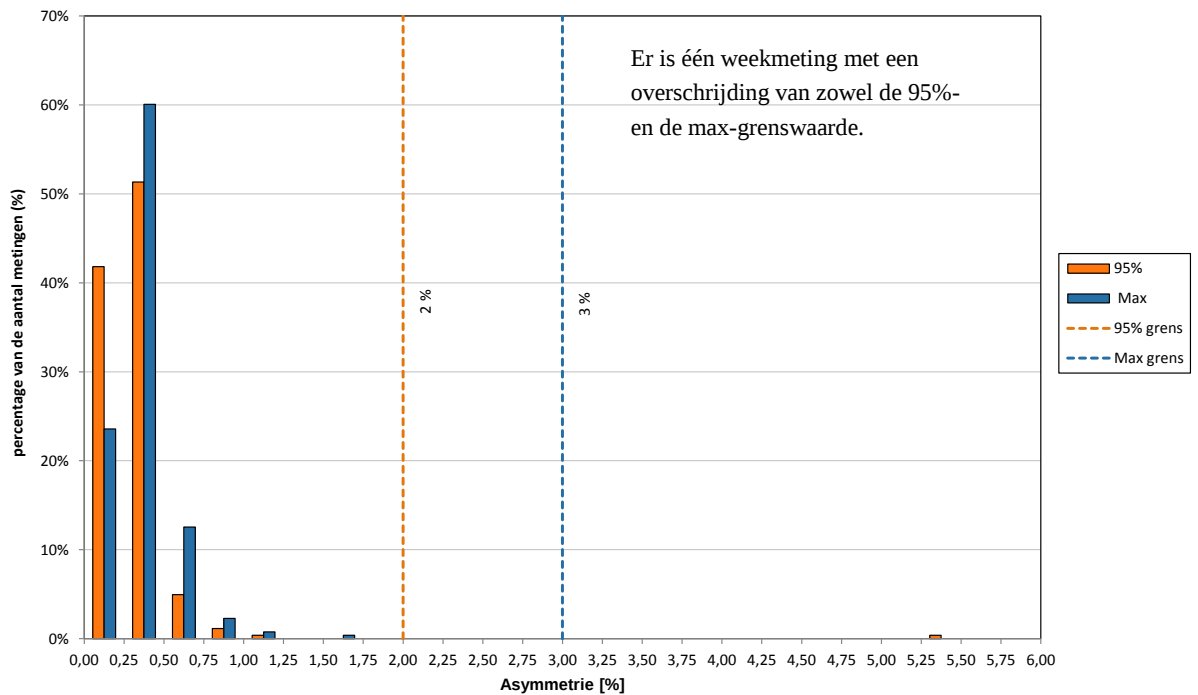
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak



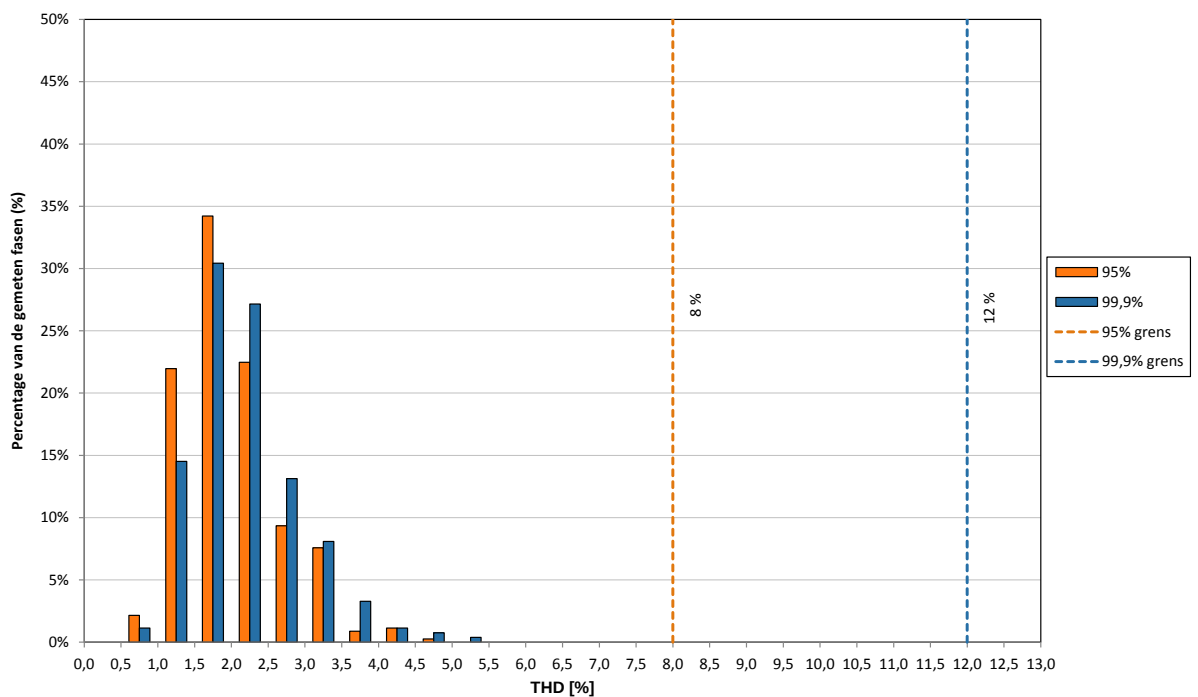
Figuur B1: Langzame spanningsvariatie MS-netvlak



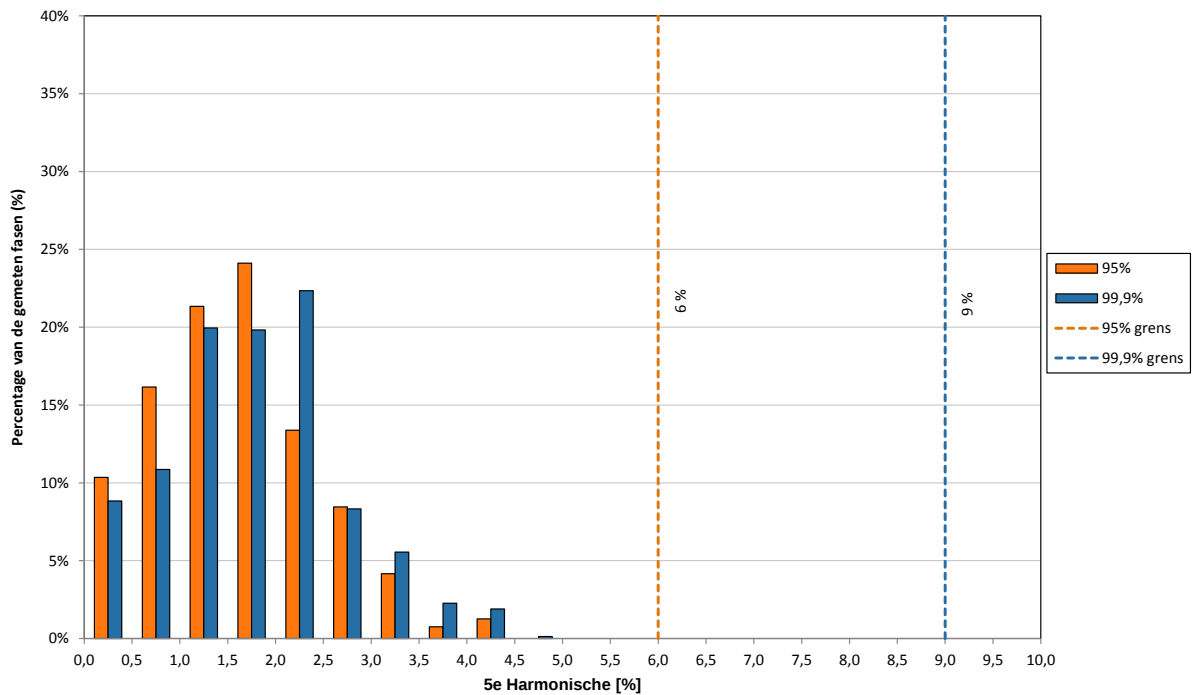
Figuur B2: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak



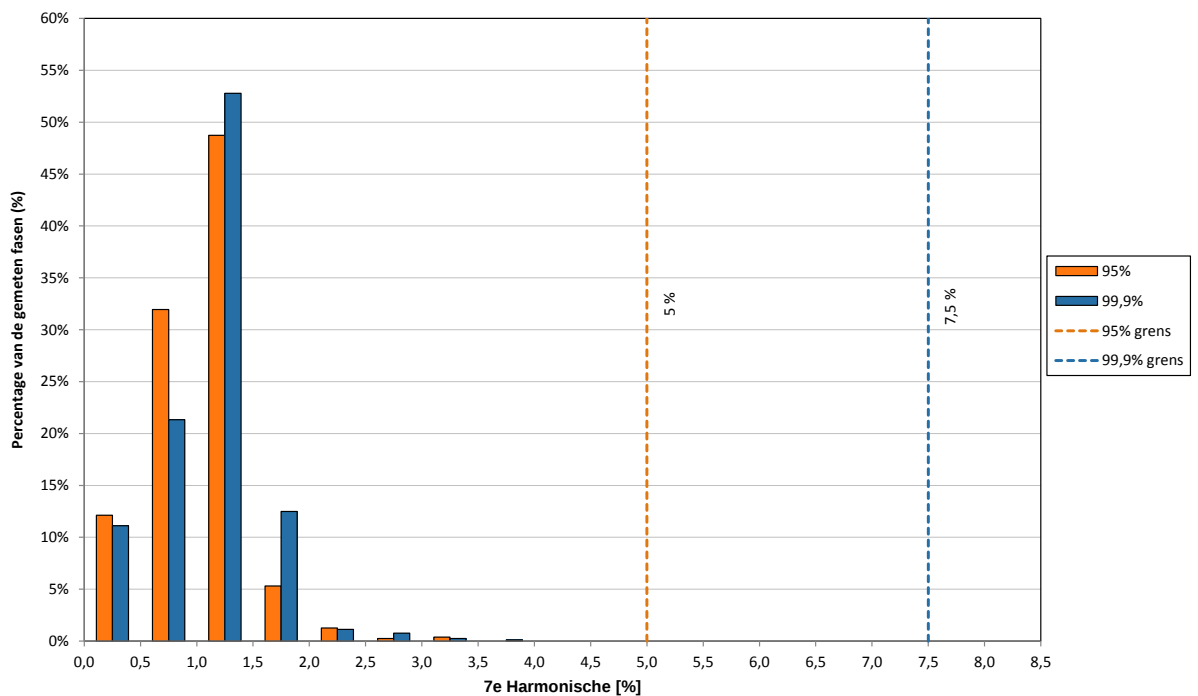
Figuur B3: Asymmetrie MS-netvlak



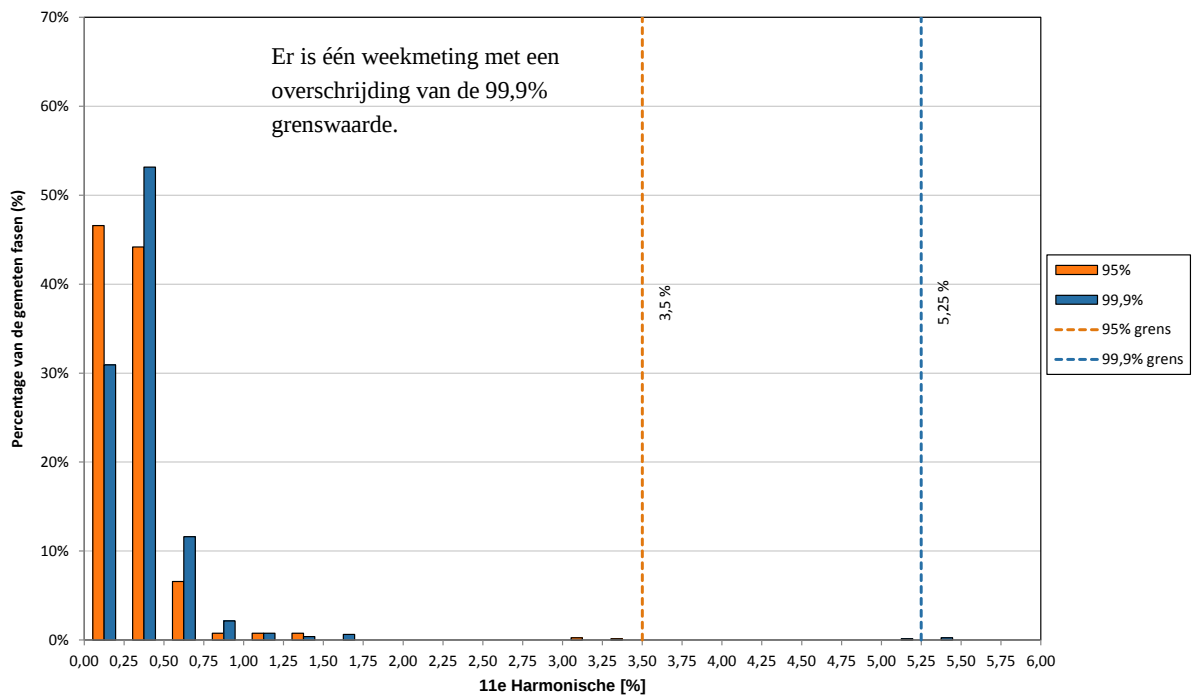
Figuur B4: Totale harmonische vervorming MS-netvlak



Figuur B5: 5^e harmonische MS-netvlak

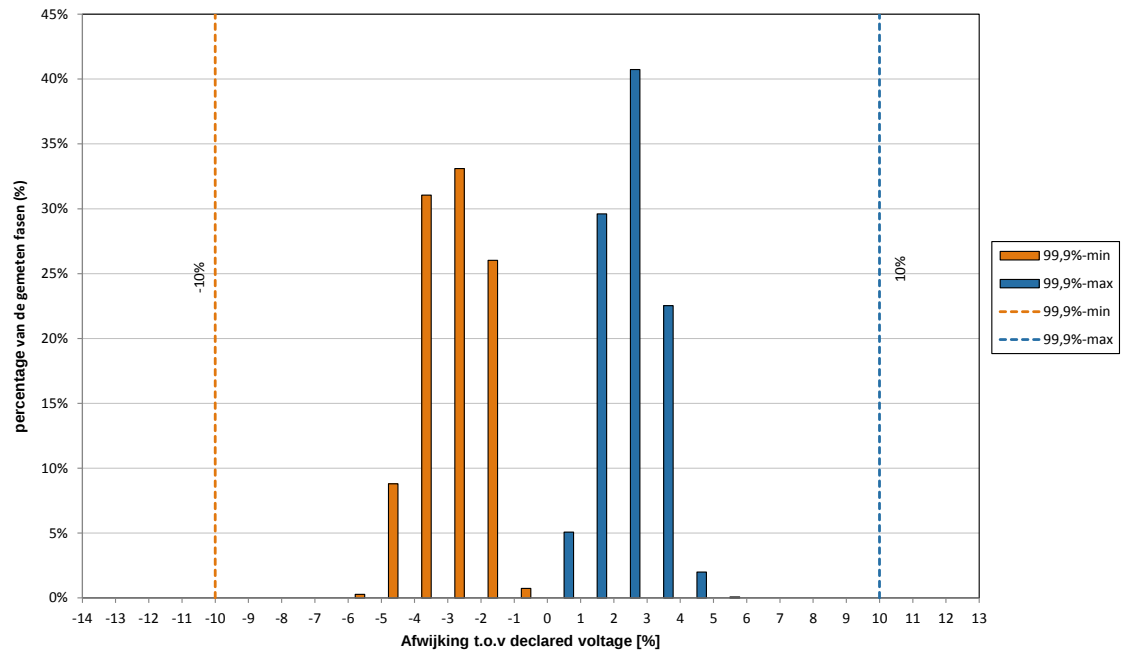


Figuur B6: 7^e harmonische MS-netvlak

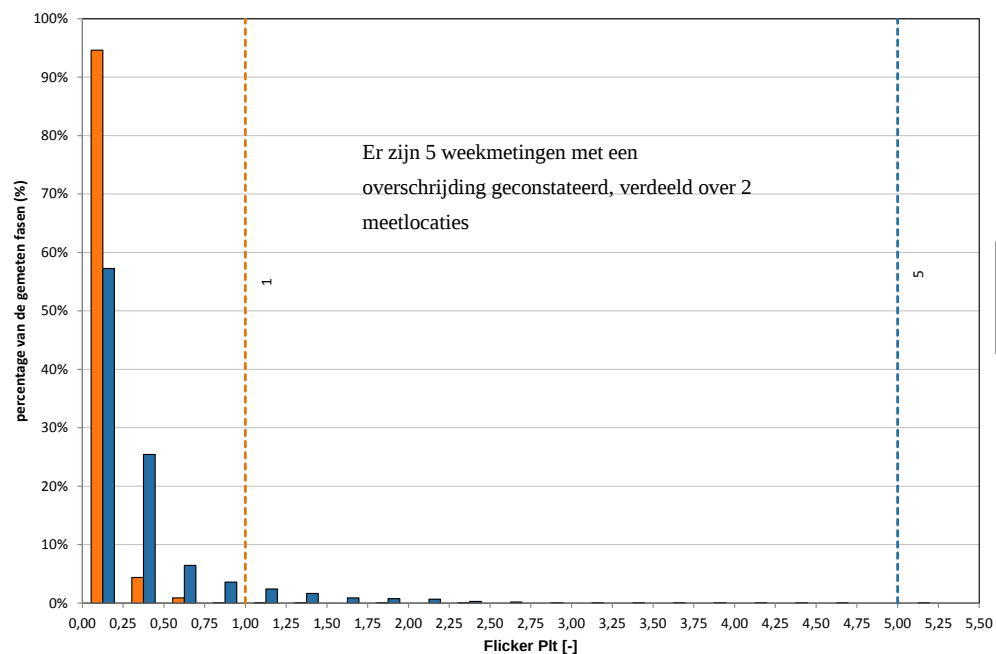


Figuur B7: 11^e harmonische MS-netvlak

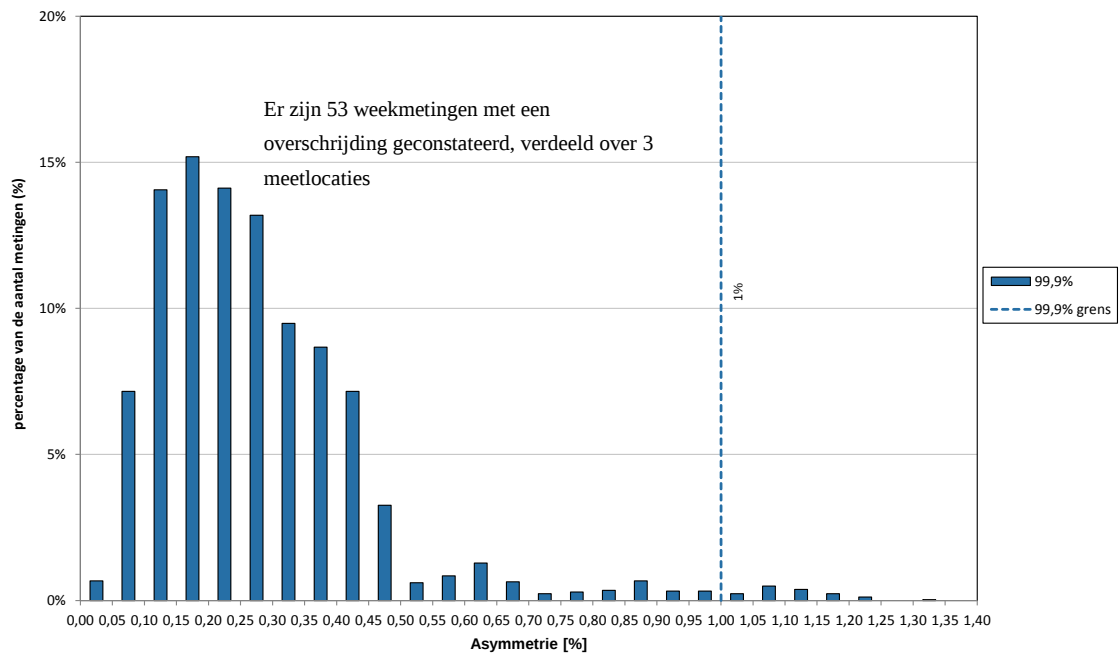
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak



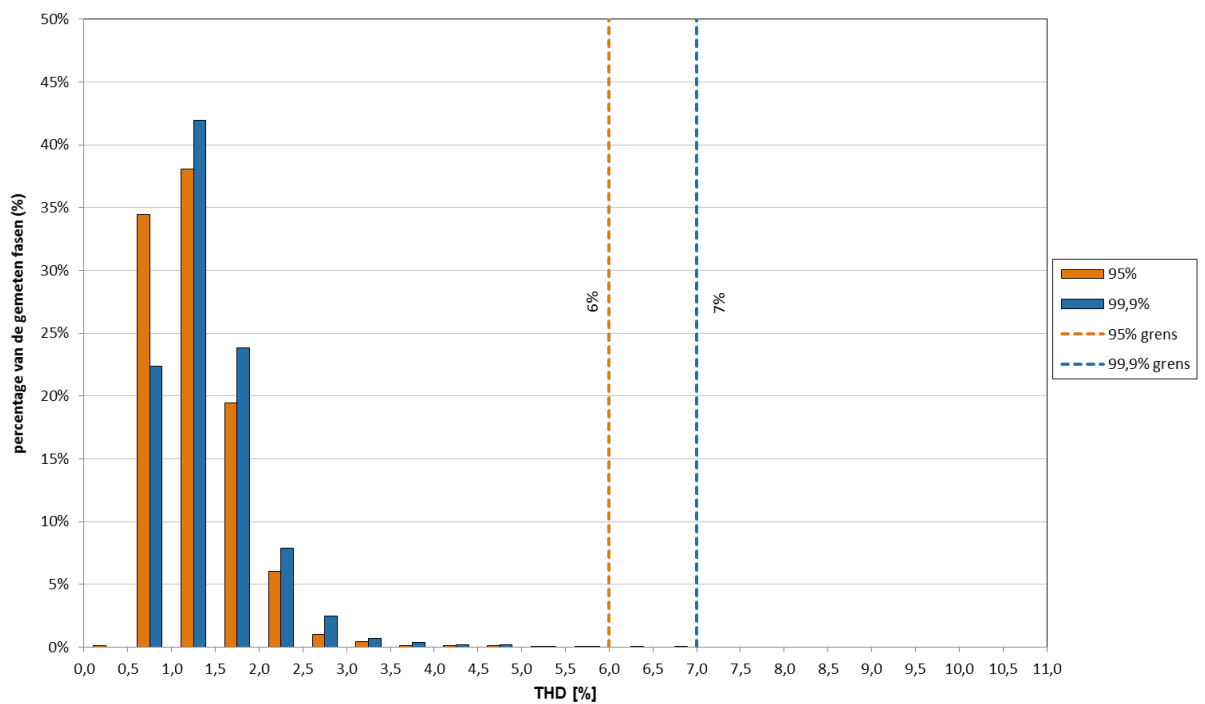
Figuur C1: Langzame spanningsvariatie HS-netvlak



Figuur C2: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak



Figuur C3: Asymmetrie HS-netvlak



Figuur C4: Totale harmonische vervorming HS-netvlak

Bijlage D: Spanningsdips hoogspanningsnetvlak

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel D1 deze tabel is gebaseerd op de norm NEN-EN 50160 [2] en sluit aan bij het PREGO onderzoek [5]. Spanningsdips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de genoemde norm aangemerkt als onderbreking en zijn in de tabel licht blauw gekleurd weergegeven. In de tabel zijn de spanningsdips verdeeld over twintig diptypen; elk met een eigen restspanning en duur.

Per diptype worden vier indicatoren gerapporteerd:

- Indicator 1 (linksboven): het gemiddelde aantal spanningsdips over alle meetlocaties.
- Indicator 2 (rechtsboven): het hoogste aantal geregistreerde spanningsdips op één en dezelfde meetlocatie.
- Indicator 3 (linksonder): het totale aantal geregistreerde spanningsdips op alle meetlocaties.
- Indicator 4 (rechtsonder): het aantal meetlocaties waarbij het diptype is geregistreerd.

Tabel D1: Geregistreerde spanningsdips HS-netvlak, inclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	9	42	0	2	0	0	0	2
	860	76	14	13	0	0	2	1
80 > u ≥ 70	4	35	0	1	0	0	0	0
	372	51	2	2	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	4	47	0	2	0	0	0	0
	364	50	11	10	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0	15	0	3	0	0	0	0
	47	14	7	3	0	0	0	0
5 > u	0	5	0	0	0	0	0	0
	10	2	0	0	0	0	0	0

Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2016. Vervolgens zijn de spanningsdips per meter gecorrigeerd aan de hand van de beschikbaarheidsfactor. De gemiddelde beschikbaarheid van het HS meetsysteem (voor de 82 meters) was in 2016 91%. Tabel D2 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het HS-netvlak.

Tabel D2: Gecorrigeerde spanningsdips HS-netvlak, inclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	11	43	0	2	0	0	0	3
	925	75	16	13	0	0	3	1
80 > u ≥ 70	5	36	0	1	0	0	0	0
	389	50	2	2	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	5	47	0	2	0	0	0	0
	369	50	11	10	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	1	15	0	3	0	0	0	0
	47	14	7	3	0	0	0	0
5 > u	0	5	0	0	0	0	0	0
	10	2	0	0	0	0	0	0

Opgemerkt wordt dat van 3 tot en met 7 januari 2016 het fenomeen “Lijndansen” heeft opgetreden. Als gevolg van de combinatie ijzel, temperatuur en wind zijn de geleiders in de hoogspanningslijnen gaan bewegen (dansen). Hierdoor is overslag tussen de geleiders opgetreden. Dit heeft geresulteerd in relatief grote aantallen spanningsdips in het HS-netvlak. De informatie uit de tabellen D1 en D2 wordt in de tabellen D3 en D4 herhaald, maar ditmaal exclusief lijndansen.

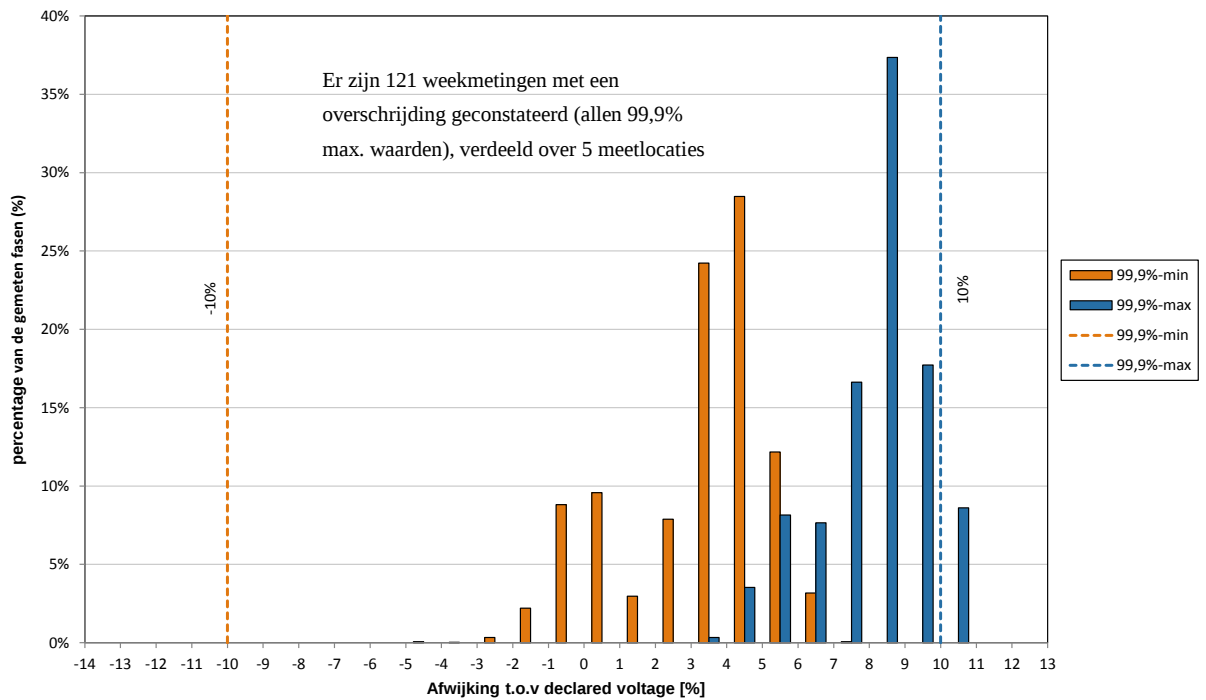
Tabel D3: Geregistreerde spanningsdips HS-netvlak, exclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	6	40	0	2	0	0	0	2
	466	75	14	13	0	0	2	1
80 > u ≥ 70	1	7	0	1	0	0	0	0
	120	48	2	2	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	1	8	0	1	0	0	0	0
	82	44	9	9	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0	15	0	3	0	0	0	0
	40	11	7	3	0	0	0	0
5 > u	0	5	0	0	0	0	0	0
	9	2	0	0	0	0	0	0

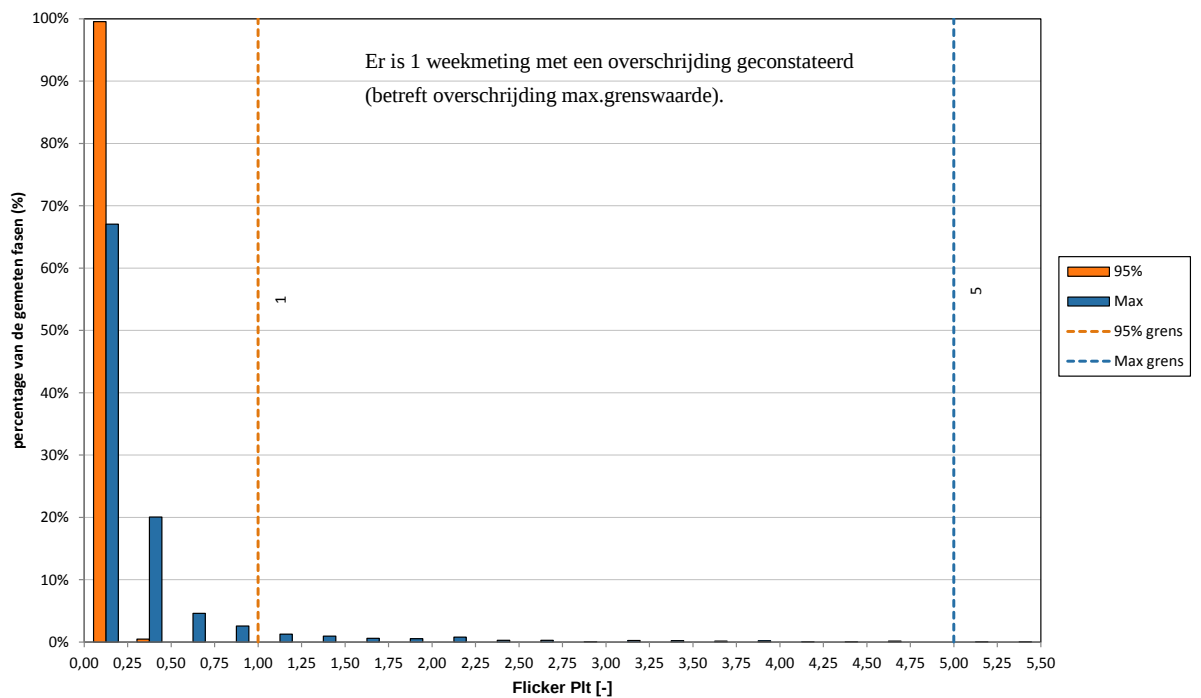
Tabel D4: Gecorrigeerde spanningsdips HS-netvlak, exclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	6	43	0	2	0	0	0	3
	527	75	16	13	0	0	3	1
80 > u ≥ 70	2	9	0	1	0	0	0	0
	136	48	2	2	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	1	8	0	1	0	0	0	0
	87	44	9	9	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0	15	0	3	0	0	0	0
	40	11	7	3	0	0	0	0
5 > u	0	5	0	0	0	0	0	0
	9	2	0	0	0	0	0	0

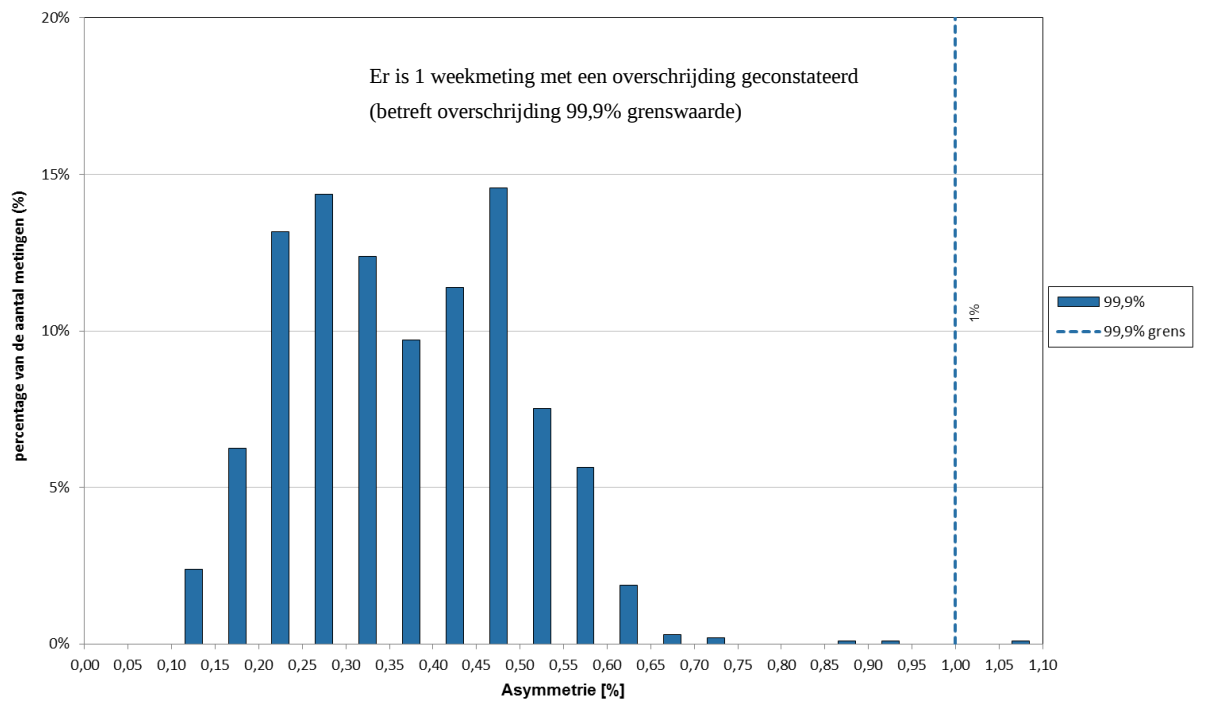
Bijlage E: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak



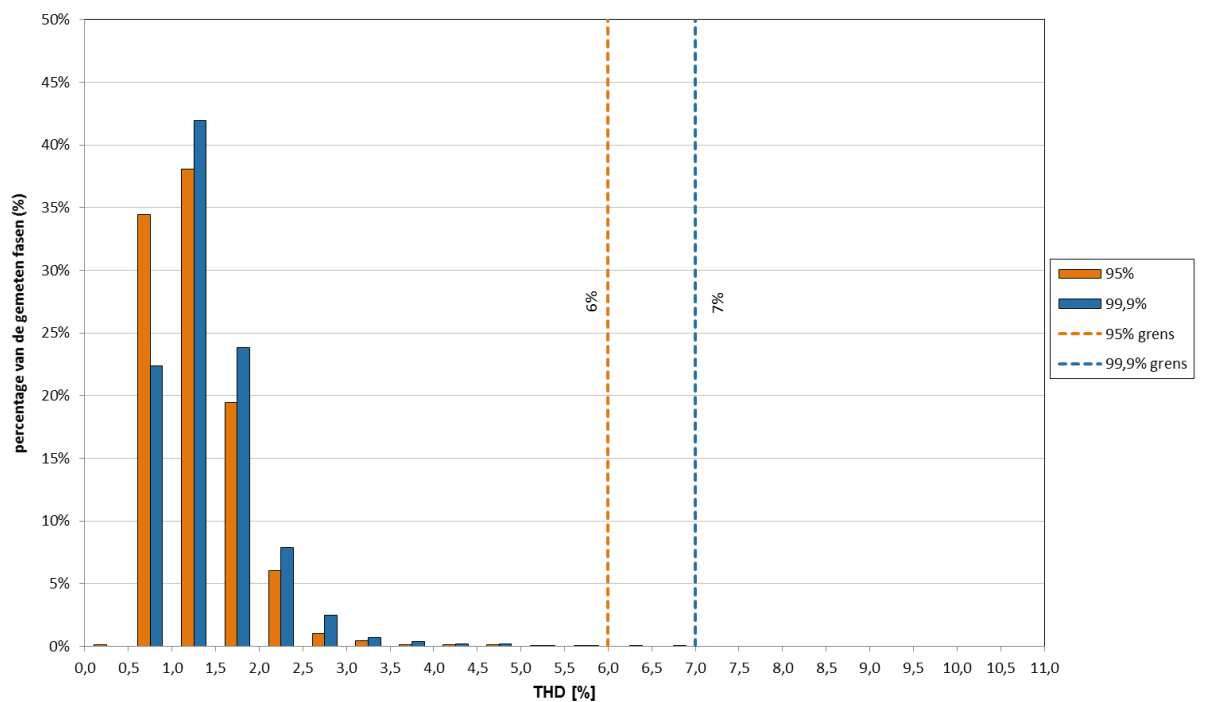
Figuur E1: Langzame spanningsvariatie EHS-netvlak



Figuur E2: Snelle spanningsvariatie EHS-netvlak



Figuur E3: Asymmetrie EHS-netvlak



Figuur E4: Totale harmonische vervorming EHS-netvlak

Bijlage F: Spanningsdips extra hoogspanningsnetvlak

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel F1 deze tabel is gebaseerd op de norm NEN-EN 50160 [2] en sluit aan bij het PREGO onderzoek [5]. Spanningsdips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de genoemde norm aangemerkt als onderbreking en zijn in de tabel licht blauw gekleurd weergegeven. In de tabel zijn de spanningsdips verdeeld over twintig diptypen; elk met een eigen restspanning en duur.

Per diptype worden vier indicatoren gerapporteerd:

- Indicator 1 (linksboven): het gemiddelde aantal spanningsdips over alle meetlocaties.
- Indicator 2 (rechtsboven): het hoogste aantal geregistreerde spanningsdips op één en dezelfde meetlocatie.
- Indicator 3 (linksonder): het totale aantal geregistreerde spanningsdips op alle meetlocaties.
- Indicator 4 (rechtsonder): het aantal meetlocaties waarbij het diptype is geregistreerd.

Tabel F1: Geregistreerde spanningsdips EHS-netvlak, inclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	7	33	0	1	0	1	0	1
	163	23	1	1	5	5	1	1
80 > u ≥ 70	3	15	0	1	0	0	0	0
	61	17	2	2	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	8	45	3	11	0	0	0	0
	177	16	69	7	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	5	19	2	10	0	0	0	0
	119	8	57	6	0	0	0	0
5 > u	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2016. De gemiddelde beschikbaarheid van het EHS meetsysteem was in 2016 91% (excl. locaties met een beschikbaarheid van lager dan 50%). Tabel F2 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak.

Tabel F2: Gecorrigeerde spanningsdips EHS-netvlak, inclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	8	33	0	1	0	1	0	1
	173	23	1	1	5	5	1	1
80 > u ≥ 70	3	15	0	1	0	0	0	0
	65	17	2	2	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	8	62	3	11	0	0	0	0
	194	16	69	7	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	5	19	2	10	0	0	0	0
	122	8	57	6	0	0	0	0
5 > u	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Opgemerkt wordt dat van 3 tot en met 7 januari 2016 het fenomeen “Lijndansen” heeft opgetreden. Als gevolg van de combinatie ijzel, temperatuur en wind zijn de geleiders in de hoogspanningslijnen gaan bewegen (dansen). Hierdoor is overslag tussen de geleiders opgetreden. Dit heeft geresulteerd in relatief grote aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak. De informatie uit de tabellen F1 en F2 wordt in de tabellen F3 en F4 herhaald, maar ditmaal exclusief lijndansen.

Tabel F3: Geregistreerde spanningsdips EHS-netvlak, exclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	3	6	0	1	0	0	0	0
	68	23	1	1	0	0	0	0
80 > u ≥ 70	1	7	0	1	0	0	0	0
	28	15	1	1	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	1	7	0	7	0	0	0	0
	23	9	7	1	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0
5 > u	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel F4: Gecorrigeerde spanningsdips EHS-netvlak, exclusief lijndansen

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	3	6	0	1	0	0	0	0
	74	23	1	1	0	0	0	0
80 > u ≥ 70	1	7	0	1	0	0	0	0
	31	15	1	1	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	1	7	0	7	0	0	0	0
	23	9	7	1	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0
5 > u	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Bijlage G: Toelichting overschrijdingen LS en MS

G1: Overschrijdingen snelle spanningsvariatie LS-netvlak				
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)			
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (95% grenswaarde)			
Aantal metingen	2 metingen			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	LS114	01-02-2016	08-02-2016	
	LS127	01-04-2016	08-04-2016	
Grenswaarde	Plt 95%	1		
	Plt 100%	5		
Toetswaarden		<u>95% toetswaarden</u>		
	LS114	-	1,25	-
	LS127	1.35	-	-

Beschrijving

Op twee meetlocaties is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie:

- LS114, Culemborg;
- LS127, Amsterdam.

Eén overschrijding heeft plaatsgevonden in februari en één in april. Geografisch gezien liggen de meetlocatie niet bij elkaar in de buurt. Bij beide metingen betreft het een overschrijding van de 95% grenswaarde voor één van de drie fasen. Bij meting 2 is tevens een overschrijding van de 15^e harmonische geconstateerd.

Oorzaak

In beide gevallen is de oorzaak van de overschrijding van de snelle spanningsvariatie onbekend. Op beide locaties zijn hermetingen uitgevoerd. Bij deze hermetingen zijn er geen overschrijdingen meer geconstateerd, de overschrijdingen lijken daarom van tijdelijke aard.

Oplossing

Niet van toepassing.

Voor meer informatie over de individuele meetresultaten wordt verwezen naar www.UwSpanningskwaliteit.nl.

G2: Overschrijdingen individuele harmonischen LS-netvlak			
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)		
Kenmerk	Individuele harmonischen (95% grenswaarden)		
Aantal metingen	1 meting		
Meetperiode	LS104	<u>Startdatum</u> 13-01-2016	<u>Einddatum</u> 20-01-2016
Grenswaarde	H6 – 95%	0,5%	
	H6 – 99,9%	0,75%	
Toetswaarden	<u>95% toetswaarden 6^e harmonische</u> LS104 - - 0,66 <u>99,9% toetswaarden 6^e harmonische</u> LS104 - - 0,87		

Beschrijving

Bij deze laagspanningsmeting zijn er overschrijdingen geconstateerd t.a.v. de 95%- en de 99,9%-grenswaarde van de 6^e harmonische. Er is naast deze overschrijding ook nog een overschrijding geconstateerd t.a.v. de 15^e harmonische:

- LS104, Almere.

Oorzaak

Bij de eerste meting op deze locatie zijn overschrijdingen geconstateerd van de 95%- en de 99,9%-grenswaarde van de 6^e harmonische. Er is vervolgens een hermeting uitgevoerd om vast te stellen of de geconstateerde overschrijding van tijdelijke aard zijn geweest. Bij deze meting heeft men geen overschrijdingen meer geconstateerd van de 6^e harmonische. Ter plaatse van de meetlocatie was een wijk in aanbouw. Een verband tussen deze werkzaamheden en de geconstateerde overschrijdingen is niet met zekerheid vast gesteld.

Oplossing

Niet van toepassing.

Voor meer informatie over de individuele meetresultaten wordt verwezen naar www.UwSpanningskwaliteit.nl.

G3: Overschrijdingen snelle spanningsvariatie (incl. asymmetrie) MS-netvlak				
Spanningsniveau	10/11 kV (middenspanning)			
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (95% grenswaarden)			
Aantal metingen	2 metingen			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	MS056	01-06-2016	08-06-2016	
	MS174	15-09-2016	22-09-2016	
Grenswaarde	Plt 95%	1		
	Asym 95%	2		
	Asym max	3		
Toetswaarden	95% toetswaarden snelle spanningsvariatie			
	MS056	2,01	2,00	2,00
	MS174	-	1,37	1,60
	95% toetswaarden asymmetrie			
	MS174	5,43		
	Max. toetswaarden asymmetrie			
	MS174	8,12		

Beschrijving

Op twee meetlocaties is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie:

- MS056 Tubbergen;
- MS174, Duivendrecht.

Bij MS174 is tevens een overschrijding geconstateerd t.a.v. de asymmetrie. Eén overschrijding heeft plaatsgevonden in juni en één in september. Geografisch gezien liggen de meetlocatie niet bij elkaar in de buurt. Bij meting 1 betreft het een overschrijding van de 95% grenswaarde voor alle drie de fasen. Bij meting 2 betreft het overschrijdingen van de 95% grenswaarde van de snelle spanningsvariatie voor twee van de drie bemeten fasen. T.a.v. de asymmetrie zijn bij meting 2 de 95%- evenals de max-grenswaarde overschreden.

Oorzaak

MS056 is uitgevoerd op een overdrachtpunt bij een radiatorenfabriek. In deze fabriek worden puntlasmachines gebruikt. Deze machines veroorzaken de snelle spanningsvariaties die leiden tot overschrijdingen van de flikker-waarden.

Bij MS174 is de oorzaak niet achterhaald. Vermoed werd dat de meting veroorzaakt was door schakelhandelingen in het HS-net. Nader onderzoek heeft echter aangetoond dat ten tijde van de overschrijding geen schakelhandelingen hebben plaatsgevonden. Een andere oorzaak is niet achterhaald. Er is toen een hermeting uitgevoerd. Bij deze hermeting zijn geen overschrijdingen geconstateerd. De eerder geconstateerde overschrijdingen lijken dus van tijdelijke aard geweest.

Oplossing

Bij MS056 is het probleem bekend bij de netbeheerder. Er zijn afspraken gemaakt met de klant, deze afspraken zijn: de klant wordt afzonderlijk gevoed door een (reserve) 110/10 kV transformator, in het geval dat deze transformator ingezet moet worden voor de distributie, zal de klant van het net worden geschakeld. In de normale bedrijfssituatie heeft dus niemand in de omgeving last van de hoge flikkerwaarden.
Oplossing op MS174 niet van toepassing.

Voor meer informatie over de individuele meetresultaten wordt verwezen naar www.UwSpanningskwaliteit.nl.

G4: Overschrijdingen individuele harmonischen MS-netvlak				
Spanningsniveau	10 kV (middenspanning)			
Kenmerk	11 ^e harmonische (99,9% grenswaarden)			
Aantal metingen	1 meting			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	MS082	09-09-2016	16-09-2016	
Grenswaarde	H11 – 99,9%	5,25		
Toetswaarden	99,9% toetswaarden 11 ^e harmonische			
	MS082	-	5,31	5,26

Beschrijving

Op één meetlocatie is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van de 99,9% grenswaarde van de 11^e harmonische (voor twee van de drie fasen):

- MS082, Steenberg.

De meting was gedaan bij een tuinder (agrarische klant). Navraag bij de klant leert dat zij gebruik maakt van een WKK (300 kVA) en veel assimilatieverlichting.

Oorzaak

Er is naar aanleiding van deze overschrijding een hermeting uitgevoerd, mede om de oorzaak vast te stellen. Bij deze hermeting zijn geen overschrijdingen meer geconstateerd. De klant geeft aan dat zij recent een deel van haar assimilatieverlichting heeft vervangen voor een ander type lampen. De eerder geconstateerde overschrijdingen lijken dus van tijdelijke aard geweest, veroorzaakt door assimilatieverlichting.

Oplossing

Vermoedelijk vervanging van assimilatieverlichting bij de klant.

Voor meer informatie over de individuele meetresultaten wordt verwezen naar www.UwSpanningskwaliteit.nl.

Bijlage H: Toelichting overschrijdingen HS en EHS

Inleiding

De afgelopen jaren heeft TenneT haar aandacht gericht op de uitbreiding van het meetsysteem. In korte tijd is een groot aantal meetinrichtingen geplaatst. Veel meetinrichtingen zijn in 2015 en 2016 in bedrijf genomen. Daarnaast is aandacht besteed aan het organiseren van de dataverzameling en dataverwerking, het opstellen van rapportages en het opvolgen van geconstateerde overschrijdingen.

De omvang en de soort van de overschrijdingen was voorzien op het oude niveau qua aantal en soort. Het opvolgen van geconstateerde overschrijdingen is echter complexer geworden, nu ook aspecten als harmonischen onderzocht moeten worden. Het gevolg hiervan is dat onderzoeken naar de oorzaak van geconstateerde overschrijdingen in een aantal gevallen niet tijdig beschikbaar zijn voor de jaarrapportage. Een aantal van de verklaringen die TenneT geeft bij de overschrijdingen eindigt daarom met de oplossing dat het onderzoek nog loopt.

Het aantal gevallen waarbij de onderzoeken nog lopen na het rapportage jaar vindt TenneT te hoog. TenneT heeft dit onderkend en eind 2016 initiatief genomen om het opvolgen van geconstateerde overschrijdingen te verbeteren. Op dit moment wordt gewerkt aan de herinrichting van de vereiste bedrijfsprocessen en de ontwikkeling van de daarvoor benodigde gereedschappen. Het grote aantal betrokkenen en de complexiteit van het proces maken dat hier enige tijd mee gemoeid is. TenneT verwacht met de implementatie later in 2017 de jaarlijkse rapportage op het punt van opvolging van overschrijdingen verder te zullen verbeteren.

Voor meer informatie over de individuele meetresultaten wordt verwezen naar www.UwSpanningskwaliteit.nl.

H1: Overschrijdingen PLT HS-netvlak	
Spanningsniveau	150 kV (hoogspanning)
Kenmerk	PLT
Aantal weekmetingen	5
Meetperiode	2016
Grenswaarde	Plt 95% = 1 Plt 100% = 5
Toetswaarden	Plt 95% waarden tussen 1,07 en 2,46 Plt 100% = 5,1

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- HS095, 150 kV Rotterdam Waalhaven;
- HS073, 150 kV Alblasserdam.

Oorzaak

Op basis van het onderzoek tot nu toe is vastgesteld dat deze aangeslotene een tweefasenaansluiting heeft die is uitgevoerd met twee spanningstransformatoren. De aansluiting wijkt daarmee af van een reguliere driefasenaansluiting die is uitgevoerd met drie spanningstransformatoren. De spanningskwaliteitsmeetinrichting van de aangeslotene wijkt als gevolg hiervan ook af van de reguliere spanningskwaliteitsmeetinrichting in die zin dat de ontbrekende derde meting is betrokken uit een ander veld dan het veld van de aangeslotene. Het vermoeden bestaat dat bij bepaalde onderhoudssituaties de spanningskwaliteitsmeting niet gevoed wordt met de juiste afbeelding van de primaire driefasenspanning en dat dit leidt tot foute registraties van de PLT.

Oplossing

Onderzoeken hoe de mogelijk foute registraties van de PLT tot stand komen. Indien sprake is van onjuiste afbeelding van de primaire spanning, onderzoeken hoe een goede afbeelding kan worden verkregen en dit implementeren.

H2: Overschrijdingen asymmetrie HS-netvlak	
Spanningsniveau	150 kV (hoogspanning)
Kenmerk	asymmetrie
Aantal weekmetingen	3
Meetperiode	2016
Grenswaarde	Asymmetrie 99,9% = 1
Toetswaarden	Alle waarden tussen 1,33 en 3,9

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- HS095, 150 kV Rotterdam Waalhaven.

Oorzaak

Op basis van het onderzoek tot nu toe is vastgesteld dat deze aangeslotene een tweefasenaansluiting heeft die is uitgevoerd met twee spanningstransformatoren. De aansluiting wijkt daarmee af van een reguliere driefasenaansluiting die is uitgevoerd met drie spanningstransformatoren. De spanningskwaliteitsmeetinrichting van de aangeslotene wijkt als gevolg hiervan ook af van de reguliere spanningskwaliteitsmeetinrichting in die zin dat de ontbrekende derde meting is betrokken uit een ander veld dan het veld van de aangeslotene. Het vermoeden bestaat dat bij bepaalde onderhoudssituaties de spanningskwaliteitsmeting niet gevoed wordt met de juiste afbeelding van de primaire driefasenspanning en dat dit leidt tot foute registraties van de asymmetrie.

Oplossing

Onderzoeken hoe de mogelijk foute registraties van de asymmetrie tot stand komen. Indien sprake is van onjuiste afbeelding van de primaire spanning, onderzoeken hoe een goede afbeelding kan worden verkregen en dit implementeren.

H3: Overschrijdingen asymmetrie HS-netvlak	
Spanningsniveau	150 kV (hoogspanning)
Kenmerk	asymmetrie
Aantal weekmetingen	50
Meetperiode	2016
Grenswaarde	Asymmetrie 99,9% = 1%
Toetswaarden	Alle waarden tussen 1,1 en 1,2%

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- HS078 en HS079, 150 kV Helmond.

Oorzaak

Uit de analyse van de spanningskwaliteitsmeetgegevens is gebleken dat het patroon van de asymmetrie niet verloopt zoals gebruikelijk is. Gebruikelijk is dat het patroon varieert met de hoogte van de belasting in de omgeving. Uit de documentatie van de spanningskwaliteitsmeetinrichting blijkt dat de spanningskwaliteitsmeetinrichting goed is aangesloten. Omdat noch uit de analyse van de spanningskwaliteitsmeetgegevens noch uit de documentatie van de spanningskwaliteitsmeetinrichting onvolkomenheden zijn gebleken, zal een nader onderzoek moeten uitwijzen wat de oorzaak is van de geregistreerde overschrijding van de toelaatbare asymmetrie.

Oplossing

Een nader onderzoek moet worden ingesteld om de oorzaak vast te stellen van de overschrijding van de toelaatbare asymmetrie op de locatie Helmond Oost.

H4: Overschrijdingen Harmonische HS-netvlak	
Spanningsniveau	150 kV (hoogspanning)
Kenmerk	Harmonische individueel 6 ^{de} en 7 ^{de}
Aantal weekmetingen	23
Meetperiode	2016
Grenswaarde	H6 99,9% = 0,75 H6 95% = 0,5 H7 99,9% = 6 H7 95% = 4 H23 95% = 1,5
Toetswaarden	H6 99,9% = waarden tussen 1,57 en 1,9 H6 95% = waarden tussen 0,51 en 1,5 H7 99,9% = waarden tussen 6,7 en 6,9 H7 95% = waarden tussen 4 en 5,5 H23 95% = 1,53

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- HS062, HS063 en HS064 110 kV Westermeerdijk.

Oorzaak

Op basis van het onderzoek tot nu toe bestaat het vermoeden dat de overschrijding is gerelateerd aan de stapsgewijze inbedrijfstelling van de uitbreidingen van het 110kV-net in de omgeving van de aangeslotenen, al dan niet in combinatie met de stapsgewijze inbedrijfstelling van de windparken van de aangeslotenen. Vanwege het grote aantal bedrijfssituaties tijdens de registratieperiode, is een eenduidig oorzakelijk verband nu nog niet te leggen. Een nader onderzoek zal moeten uitwijzen wat de exacte oorzaak is van de geregistreerde overschrijding van de toelaatbare harmonischen (6^e en 7^e).

Oplossing

Een nader onderzoek moet worden ingesteld om de oorzaak vast te stellen van de overschrijding van de toelaatbare harmonischen (6^e en 7^e) op Westermeerdijk.

H5: Overschrijdingen Harmonische HS-netvlak	
Spanningsniveau	150 kV (hoogspanning)
Kenmerk	Harmonische individueel 23 ^{ste}
Aantal weekmetingen	1
Meetperiode	2016
Grenswaarde	H23 95% = 1,5
Toetswaarden	H23 95% = 1,53

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- HS086, 150 kV Maarheeze.

Oorzaak

Op basis van het onderzoek tot nu toe is vastgesteld dat de 23^{ste} harmonische spanning in de zelfde cadans optreedt als het dag- en nachttarief. Het vermoeden bestaat dat de overschrijding (mede) veroorzaakt is door het in- of uitschakelen van een aangesloten installatie of toestel. Een nader onderzoek is nodig om dit vermoeden te bevestigen en de oorzaak van de geregistreerde overschrijding van de 23^{ste} harmonische vast te stellen.

Oplossing

Een nader onderzoek moet worden ingesteld om de oorzaak vast te stellen van de overschrijding van de toelaatbare 23^{ste} harmonischen op Maarheeze. De vorm van dit onderzoek komt stapsgewijs tot stand al na gelang de aanwijzingen die zich tijdens het onderzoek voordoen.

H6: Overschrijdingen PLT EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (hoogspanning)
Kenmerk	PLT
Aantal weekmetingen	1
Meetperiode	2016
Grenswaarde	Plt 100% = 5
Toetswaarden	5,4

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- EHS002, 380 kV Bleiswijk.

Oorzaak

De spanningskwaliteitsmeter was verkeerd aangesloten en/of de (secundaire) bedrading is ondeugdelijk.

Oplossing

De spanningskwaliteitsmeetinrichting zal van nieuwe bedrading worden voorzien. (Ter informatie: Op basis van de 'voorziening-niet-beschikbaarheidsplanning' per 1 maart 2017 zal dit plaatsvinden in maart 2017.)

H7: Overschrijdingen Asymmetrie EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (hoogspanning)
Kenmerk	Asymmetrie
Aantal weekmetingen	1
Meetperiode	2016
Grenswaarde	Asym 99,9% = 1%
Toetswaarden	1,08

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- EHS006, 380 kV Lelystad.

Oorzaak

De oorzaak van de asymmetrieoverschrijding is niet vastgesteld.

Oplossing

Een nader onderzoek moet worden ingesteld om de oorzaak vast te stellen van de overschrijding van de asymmetrie op Lelystad.

H8: Overschrijdingen Langzame spanningsvariatie EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (hoogspanning)
Kenmerk	Langzame spanningsvariatie
Aantal weekmetingen	121
Meetperiode	2016
Grenswaarde	99,9% grenswaarde: 10%
Toetswaarden	Allen tussen de 10% en 11%

Beschrijving

De categorie is overschreden op de locaties:

- EHS004, 380 kV Dodewaard;
- EHS006, EHS007, EHS010, EHS013 en EHS026, 380 kV Eemshaven.

Oorzaak

Uit onderzoek is gebleken dat de grenswaarde voor de toelaatbare langzame spanningsvariatie net wordt overschreden als gevolg van een meetverschil tussen het spanningskwaliteitsmeetsysteem en het bedrijfsvoeringsmeetsysteem.

Oplossing

Onderzoeken hoe voorkomen kan worden dat een meetverschil tussen het spanningskwaliteitsmeetsysteem en het bedrijfsvoeringsmeetsysteem leiden tot een overschrijding van de toelaatbare langzame spanningsvariatie. Daarbij is te denken aan het aanpassen van de meetwaarde of de instelwaarde van het bedrijfsvoeringssysteem.

Bijlage F: Metingen en overschrijdingen, 2007 – 2016

Tabel F1: Aantal metingen en overschrijdingen, 2007 – 2016

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
			Langzame spanningsvariatie	Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
2016	LS	263	-	2	-	60
	MS	264	-	2	1	1
	HS	3439	-	8	53	24
	EHS	1010	121	1	1	-
2015	LS	266	-	2	-	58
	MS	269	-	2	-	-
	HS	1265	-	-	1	-
	EHS	650	35	18	-	-
2014	LS	244	-	3	-	41
	MS	246	1	1	1	2
	HS	883	-	-	-	-
	EHS	614	80	11	-	-
2013	LS	60	-	-	-	13
	MS	56	-	-	-	-
	HS	964	-	-	-	-
	EHS	708	149	6	-	-
2012	LS	57	-	1	-	7
	MS	60	-	1	-	1
	HS	966	-	-	-	-
	EHS ¹	516	25	4	-	-
2011	LS	59	-	-	-	7
	MS	58	-	-	-	-
	HS	941	-	-	-	-
2010	LS	60	-	2	2	7
	MS	58	-	-	-	-
	HS	1011	-	-	-	-
2009	LS	59	-	2	-	6
	MS	60	-	-	-	-
	HS	1018	-	-	-	-
2008	LS	57	-	-	-	6
	MS	59	-	1	-	-
	HS	1036	1	-	-	-
2007	LS	58	2	3	-	-
	MS	60	-	-	-	-
	HS	1024	-	2	1	3

¹ In 2012 is voor het eerst de rapportage voor het extra hoogspanningsnet is geïntegreerd in de jaarrapportage van Netbeheer Nederland. Voorgaande jaren werd de rapportage voor EHS door TenneT zelf opgesteld.

Colofon

Project Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2016

Projectnummer RA131582

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

Opdrachtnemer **Movares Nederland B.V.**
Movares Energy

Uitgave Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.

Projectmanager Rik Luiten

Auteurs Luuk Derksen, Hans Wolse & Tom Bogaert

Kenmerk RA-LD-170003429 / Versie 1.0

Datum 25 april 2017

Contactgegevens **Netbeheer Nederland**
Liane ter Maat (woordvoerder)
Postbus 90608
2509 LP Den Haag

070 - 205 50 00
secretariaat@netbeheernederland.nl