



Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2014

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

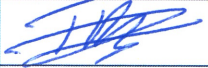
Opdrachtnemer **Movares Nederland B.V.**
Movares Energy

Kenmerk RMI-LD-140016509 / Versie 1.1

Datum Utrecht, 23 juni 2015

Autorisatieblad**Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2014**

Versie	Toelichting	Datum
0.1 (concept)	Ter review aangeboden aan leden contactgroep Spanningskwaliteit	1 april 2015
1.0 (definitief)	- Reviewcommentaar leden contactgroep verwerkt - Eindcontrole en vrijgave door Movares	23 april 2015
1.1 (definitief)	- Wijziging toetsingsmethodiek langzame spanningsvariatie - Toevoeging paragraaf n.a.v. onderzoek hinderlijke spanningsdips - Correctie figuren langzame spanningsvariatie alle netvlakken	18 juni 2015

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Luuk Derksen		18 juni 2015
Eindcontrole	Tom Bogaert		22 juni 2015
Vrijgave	Rik Luiten		23 juni 2015

Samenvatting

In opdracht van Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar met ondersteuning van een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau het project Spanningskwaliteit in Nederland (ook bekend als: PQM-project) uit. Het resultaat van dit project is onderliggend rapport waarin de resultaten worden gepresenteerd van de spanningskwaliteitsmetingen in 2014. Daarnaast vindt een trendanalyse plaats op basis van de meetresultaten van de afgelopen tien jaar. 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 geregistreerd.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de power quality metingen die in 2014 binnen het PQM-project zijn gepland en uitgevoerd. Met 'gepland' wordt bedoeld op het aantal weekmetingen dat volgt uit de steekproef. In de praktijk wordt het geplande aantal metingen niet altijd gehaald, omdat zich onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Bijvoorbeeld onderbrekingen, defecte apparatuur of datacommunicatie problemen. Binnen het PQM-project worden de bruikbare weekmetingen 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.

Tabel S1: Geplande en bruikbare weekmetingen

Categorie	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning	Extra Hoogspanning
Gepland	250	250	1028	884
Bruikbaar	244	246	883 ¹	614 ¹

In het **laagspanningsnetvlak** zijn bij 38 weekmetingen overschrijdingen geconstateerd ten aanzien van de 15^e harmonische. Bij 1 van die 38 metingen zijn tevens overschrijdingen geconstateerd van een andere individuele harmonische. Verder is er bij 3 weekmetingen een overschrijding geconstateerd van de snelle spanningsvariatie. Bij de andere spanningsverschijnselen heeft geen overschrijding plaatsgevonden.

Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2014 tussen de 79% en 89% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de 15^e harmonische. Met betrekking tot alle andere verschijnselen wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2014 in het LS-netvlak tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Voor één van de 246 weekmetingen in het **middenspanningsnetvlak** zijn overschrijdingen geconstateerd. Het betreft overschrijdingen van de langzame- en snelle spanningsvariatie, asymmetrie, 2^e en 4^e harmonische spanningen.

Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2014 tussen de 97% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking alle spanningsverschijnselen.

¹ Betreft het aantal bruikbare weekmetingen voor het verschijnsel langzame spanningsvariatie. Vanwege de manier waarop de verschillende verschijnselen worden berekend, is het mogelijk dat dit aantal bij andere verschijnselen beperkt afwijkt.

In het **hoogspanningsnetvlak** is bij geen van de 883 geanalyseerde weekmetingen een overschrijding geconstateerd. Vertaald naar landelijke proporties wordt aan de hand van deze meetresultaten met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2014 klantaansluitingen tussen de 99% en 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de alle spanningsverschijnselen.

Uit de meetresultaten blijkt verder dat er in het hoogspanningsnetvlak in 2014 252 spanningsdips zijn geregistreerd. Dit komt neer op een gemiddelde van 12,7 spanningsdips per klantaansluiting.

In het **extra hoogspanningsnetvlak** zijn bij 80 weekmetingen overschrijdingen geconstateerd ten aanzien van langzame spanningsvariatie (99,9%-max). Deze zijn gerelateerd aan 6 van de 17 meetlocaties. Daarnaast zijn er bij 11 weekmetingen overschrijdingen geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie (flikker Plt). Deze zijn gerelateerd aan 1 van de 17 meetlocaties. Aan de hand van deze meetresultaten kan worden gesteld dat in 2014 klantaansluitingen 87% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking langzame spanningsvariatie. Voor snelle spanningsvariatie was dit percentage ruim 98%. En bij alle andere verschijnselen gold een percentage van 100%.

Uit de meetresultaten blijkt verder dat er in het extra hoogspanningsnetvlak in 2014 39 spanningsdips zijn geregistreerd. Dit komt neer op een gemiddelde van 3 spanningsdips per klantaansluiting.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding	5
2 Bewaakte spanningsverschijnselen	7
2.1 Langzame spanningsvariatie	7
2.2 Snelle spanningsvariatie	7
2.3 Spanningsasymmetrie	8
2.4 Harmonische vervorming	8
2.5 Spanningsdips	9
3 Spanningskwaliteit in 2014	10
3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen	10
3.2 Laagspanningsnetvlak	11
3.3 Middenspanningsnetvlak	13
3.4 Hoogspanningsnetvlak	13
3.5 Extra hoogspanningsnetvlak	17
4 Trendanalyse	22
4.1 Langzame spanningsvariatie	23
4.2 Snelle spanningsvariatie	29
4.3 Spanningsasymmetrie	32
4.4 Totale harmonische vervorming	35
5 Ontwikkelingen PQM-project	38
Referenties	40
Bijlagen	41
Colofon	66

1 Inleiding

In opdracht van Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar met ondersteuning van een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau het project Spanningskwaliteit in Nederland (ook bekend als: PQM-project) uit. Dit project geeft op basis van metingen inzicht in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. 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).

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]. De landelijke spanningskwaliteit wordt gebaseerd op de uitgevoerde power quality metingen en wordt jaarlijks gerapporteerd. Dit rapport is in nauwe samenwerking met de Nederlandse netbeheerders tot stand gekomen en is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. Dit rapport wordt digitaal beschikbaar gesteld via de website www.NetbeheerNederland.nl.

In het voorliggende rapport worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteit in de verschillende netvlakken binnen Nederland in 2014. Daarnaast vindt een trendanalyse plaats op basis van de meetresultaten van de afgelopen tien jaar. Dit rapport is de rapportage als bedoeld in artikel 6.1.4 van de Netcode. 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 worden in het hoogspanningsnet spanningsdips en transiënten² geregistreerd.

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.

Voor het PQM-project vindt ieder jaar in zowel het LS- als MS-netvlak een aselechte trekking plaats uit EAN-codes. Er worden per netvlak 250 EAN-codes getrokken. Deze worden vervolgens gekoppeld aan een postcode. De desbetreffende netbeheerder moet in dit postcodegebied een power quality meting uitvoeren. Indien er 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 binnen een netvlak en kunnen niet worden gebruikt voor statistisch onderbouwde conclusies over de spanningskwaliteit in deeldenetten of op individuele aansluitingen.

² Sinds medio 2009 vindt tevens registratie van transiënten plaats. De Netcode en NEN-EN 50160 bevatten geen eisen t.a.v. transiënten. De wijze van rapporteren van dit spanningsverschijnsel dient nader te worden vastgelegd en is vooralsnog geen onderdeel van deze rapportage.

In het HS- en EHS-netvlak wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem. Toetsing van de meetresultaten gebeurt conform de eisen uit de Netcode per week. Op basis van de meetresultaten wordt in het de HS-netvlak een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van het Nederlandse hoogspanningsnetvlak, vertaald naar landelijke proporties. In het EHS-netvlak is een statistische vertaling niet van toepassing omdat bij alle klantaansluitingen wordt gemeten.

De trekking, verwerking en toetsing van de metingen wordt door een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau uitgevoerd. Dit rapport richt zich op de presentatie van de meetresultaten 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 [6]. 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 is in mei 2014 gelanceerd en biedt bezoekers de mogelijkheid om de meetresultaten te bekijken van alle metingen die binnen het PQM-project zijn uitgevoerd. De website wordt ieder kwartaal geüpdate en bevat meetgegevens 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 2014. 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. In de praktijk kan bijvoorbeeld de aansluiting van zonnepanelen in een straat op dezelfde fase voor asymmetrie zorgen. 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.

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 levensduurverkorting. 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. 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 vermogenselektronica, 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 tegenstelling tot de eerder genoemde verschijnselen stellen de Netcode en NEN-EN 50160 geen eisen aan dit verschijnsel. Door het kortstondig wegvallen van het gewenste spanningsniveau 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 2014

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de spanningskwaliteitsmetingen die in 2014 zijn uitgevoerd. Bij toetsing van de metingen zijn voor de LS- en MS-netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Voor de HS- en EHS-netvlakken worden aanvullend de geregistreerde spanningsdips gepresenteerd. Voor de transiënten op deze twee netvlakken is nog geen consensus over de wijze waarop deze gerapporteerd moeten worden.

3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de power quality metingen die in 2014 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 250. Binnen het HS-netvlak zijn er in totaal 1028 weekmetingen (52 weken x 20 meetlocaties³) gepland. In het EHS-netvlak worden in totaal 884 weekmetingen gepland (52 weken x 17 meetlocaties).

In de praktijk wordt het geplande aantal metingen niet altijd gehaald, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan geplande onderbrekingen (onderhoud), kalibraties, defecte apparatuur, communicatieproblemen of storingen. In 2014 is van de geplande metingen in het LS-netvlak 98% (244 van de 250) uitgevoerd, in het MS-netvlak 98% (246 van de 250), in het HS-netvlak 86% (883 van de 1028) en in het EHS-netvlak 69% (614 van de 884). Zie ook tabel 3.1.

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 er gedurende het hele jaar metingen uitgevoerd worden. Tabel 3.1 toont aan dat in 2014 in het LS-netvlak 229 (92% van geplande metingen) bruikbare metingen in de juiste maand gestart zijn en 234 (94% van geplande metingen) in het MS-netvlak.

Tabel 3.1: Geplande en bruikbare weekmetingen

Categorie	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning	Extra Hoogspanning
Gepland	250	250	1028	884
Bruikbaar	244	246	883	614
Juiste maand	229	234	n.v.t.	n.v.t.

³ Eén meetlocatie is in het laatste kwartaal van 2014 komen te vervallen, daarmee komt het aantal geplande weekmetingen niet op 1040 maar op 1028.

3.2 Laagspanningsnetvlak

Tabel 3.2 bevat een overzicht van alle bruikbare metingen die in 2014 in het LS-netvlak zijn uitgevoerd. Ook worden de overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode getoond. Uit de tabel blijkt dat er bij 41 van de 244 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd. Een groot deel van de overschrijdingen heeft betrekking op de 15^e harmonische, tevens zijn er nog overschrijdingen van flikker en individuele harmonischen (excl. 15^e). Ten opzichte van de voorgaande vijf jaren ligt het aantal overschrijdingen in verhouding ca. 3% hoger. Zie bijlage F voor een overzicht van het aantal metingen en overschrijdingen van de afgelopen tien jaar.

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 2014 in het LS-netvlak tussen de 79% en 89% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot de 15^e harmonische. Met betrekking tot het verschijnsel snelle spanningsvariatie kan met een betrouwbaarheid van 95% gesteld worden dat in 2014 in het LS-netvlak tussen de 96% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. Wat betreft individuele harmonischen (excl. de 15^e harmonische) kan met een betrouwbaarheid van 95% gesteld worden dat in 2014 in het LS-netvlak tussen de 97% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

Met betrekking tot alle andere verschijnselen wordt met een betrouwbaarheid van 95% gesteld dat in 2014 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

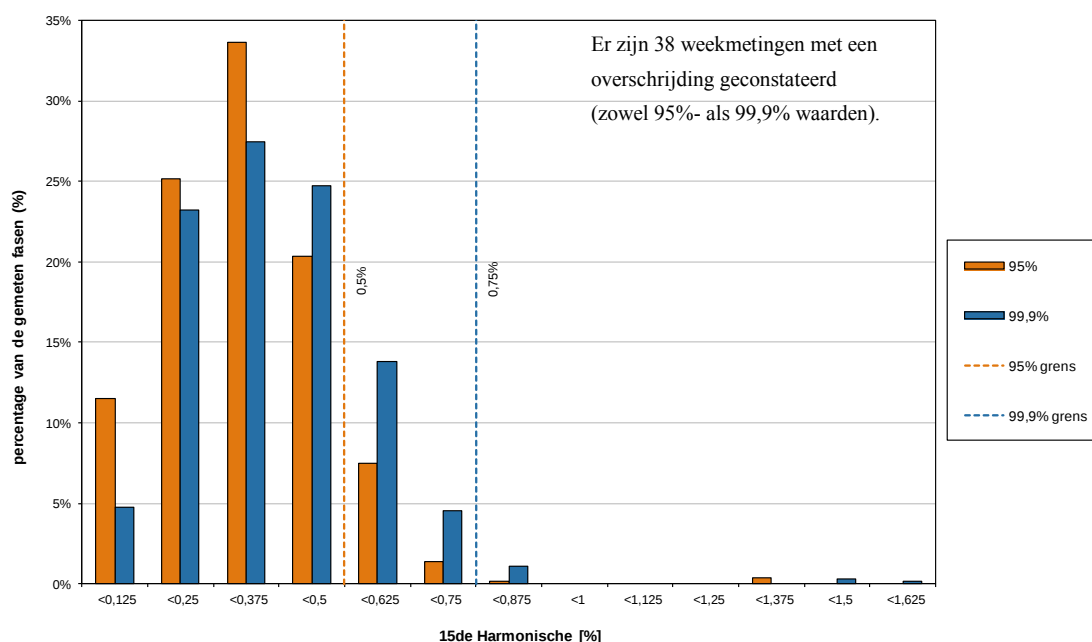
Mate van stedelijkheid	Bruikbare weekmetingen	Metingen met Overschrijding(en)	Overschrijdingen		
			Flikker	Individuele harmonischen (excl. 15e)	15e harmonische
zeer sterk	44	1	0	0	1
sterk	63	11	1	0	10
matig	45	13	1	3	12
weinig	45	13	1	0	12
niet	47	3	0	0	3
Totaal	244	41	3	3	38

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 een blauwe en oranje stippellijn zijn in de figuur de grenswaarden uit de Netcode weergegeven. De figuur laat zien dat zowel de 95% als de 99,9% grens is overschreden. In totaal is bij 38 weekmetingen een overschrijding geconstateerd. In bijlage E geven de netbeheerders een nadere toelichting op de overschrijdingen. Hieruit blijkt dat klanten zover bekend geen overlast ondervinden met betrekking tot de overschrijdingen.

Afgelopen jaar is verder onderzoek uitgevoerd naar eventuele trends of correlaties tussen de overschrijdingen en locatie/tijdstip/seizoen/stedelijkheid/type aangeslotene. Daarnaast is via de normcommissie Systeemaspecten van de elektriciteitsvoorziening (NEC 8) richting CEN-CENELEC (opnieuw) kenbaar gemaakt dat de normering (NEN-EN 50160) met betrekking tot de individuele harmonischen onderzocht en mogelijk aangepast moet worden.



Figuur 3.1: Meetresultaten 15^e harmonische LS-netvlak

3.3 Middenspanningsnetvlak

Tabel 3.3 bevat een overzicht van alle bruikbare metingen die in 2014 in het MS-netvlak zijn uitgevoerd. Ook worden de overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode getoond. Uit de tabel blijkt dat er bij één van de 246 weekmetingen een overschrijding is geconstateerd. Hiermee scoort 2014 in lijn met voorgaande jaren. Zie bijlage F voor een overzicht van het aantal metingen en overschrijdingen van de afgelopen tien jaar.

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 2014 in het MS-netvlak tussen de 97% en 100% van de klantaansluitingen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle verschijnselen.

Tabel 3.3: Metingen en overschrijdingen MS-netvlak

Mate van stedelijkheid	Bruikbare weekmetingen	Metingen met Overschrijding(en)	Overschrijdingen			
			Langzame spanningsvariatie	Flikker	Asymmetrie	Individuele harmonischen
zeer sterk	25	1	1	1	1	2
sterk	43	0	0	0	0	0
matig	33	0	0	0	0	0
weinig	65	0	0	0	0	0
niet	80	0	0	0	0	0
Totaal	246	1	1	1	1	2

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

3.4 Hoogspanningsnetvlak

In het HS-netvlak is in 2014 op 20 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 883 weekmetingen geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat er bij geen van de weekmetingen overschrijdingen zijn opgetreden. Zie bijlage F voor een overzicht van het aantal metingen en overschrijdingen van de afgelopen jaren.

In bijlage C worden de meetresultaten van verschillende verschijnselen grafisch gepresenteerd. Wanneer de resultaten statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 95% worden gesteld dat in 2014 klantaansluitingen in het HS-netvlak tussen 99% en 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria met betrekking tot alle verschijnselen.

Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel 3.4 conform de norm NEN-EN 50160 [2]. Sinds 2010 bevat deze norm een diptabel. Voorheen is binnen het PQM-project de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld binnen PREGO onderzoek [3]. 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.

Uit tabel 3.4 kan worden afgeleid dat het merendeel van de spanningsdips (84%) een duur had van tussen de 10 en 200 ms. Binnen deze duurcategorie lag de restspanning van het merendeel (60%) van de spanningsdips boven de 70%. In andere woorden: de meeste spanningsdips die zijn geregistreerd hebben een relatief korte tijdsduur en beperkte spanningsdaling.

Conform de Netcode Elektriciteit zal de netbeheerder een onderzoek instellen als het aantal opgetreden hinderlijke spanningsdips per categorie (duur en diepte) op een aansluiting in een periode van vier aaneengesloten kwartalen hoger is dan het aantal toegestane spanningsdips in de desbetreffende categorie.

In het hoogspanningsnet zijn in de periode kwartaal 4 van 2013 tot en met kwartaal 3 van 2014 op zeven locaties overschrijdingen van het aantal hinderlijke spanningsdips opgetreden. TenneT heeft conform de netcode een onderzoek ingesteld dat onlangs is afgerond. Hierbij is naar voren gekomen dat op vijf van de zeven onderzochte locaties de spanningskwaliteitsmeters op een onjuiste meetspanning zijn aangesloten. Desbetreffende spanningskwaliteitsmeters krijgen hun meetspanning via een relaischakeling, in vaktermen ‘spanningscarrousel’, in plaats van rechtstreeks van een spanningstransformator. De spanningscarrousel zorgt er voor dat de spanningskwaliteitmeter een meetspanning van een beschikbare spanningstransformator krijgt aangeboden als één of meerdere spanningstransformatoren niet beschikbaar zijn. Een spanningscarrousel is een relaischakeling waarmee de meetspanning wordt verkregen uit een willekeurig veld van het station waar een beschikbare spanningstransformator staat. Voor sommige meetdoeleinden is dit een goede oplossing. Echter, bij iedere verandering van de beschikbaarheid van de spanningstransformatoren zullen relais omschakelen. Als de relais omschakelen, zal de meetspanning even wegvallen en heeft de spanningskwaliteitmeter kortstondig geen meetspanning. De spanningskwaliteitmeter ziet dit verschijnsel als een spanningsdip. Deze ‘spanningsdip’ treedt niet bij de klant op, het is immers een verhaspeling van de meetspanning. De hieronder gepresenteerde diptabel is inclusief de ‘spanningscarrousel-dips’. Op dit moment heeft TenneT actie ondernomen om de aansluiting van de spanningskwaliteitsmeters aan te passen en de impact van dit probleem in kaart te brengen.

Tabel 3.4: Geregistreerde spanningsdips HS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	3,4	20	0,1	1	0,0	0	0,1	1
	67	17	2	2	0	0	1	1
80 > u ≥ 70	3,0	43	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	59	9	0	0	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	2,3	14	0,1	2	0,0	0	0,0	0
	45	9	2	1	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	1,7	30	0,0	0	0,0	0	0,2	3
	33	2	0	0	0	0	3	1
5 > u	0,4	4	0,1	2	0,5	9	1,1	12
	7	4	2	1	9	1	22	5

In de praktijk hebben de meters niet altijd 100% van de tijd spanningsdips geregistreerd, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan geplande onderbrekingen (onderhoud), kalibraties, defecte apparatuur en communicatieproblemen. Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2014. Vervolgens zijn de spanningsdips per meter gecorrigeerd aan de hand van de beschikbaarheidsfactor. De gemiddelde beschikbaarheid van het HS meetsysteem bedraagt in 2014 97%. Tabel 3.5 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het HS-netvlak.

Tabel 3.5: Gecorrigeerde spanningsdips HS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	3,4	20,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,1	1,0
	68,2	17	2,0	2	0,0	0	1,0	1
80 > u ≥ 70	3,0	43,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	59,2	9	0,0	0	0,0	0	0,0	0
70 > u ≥ 40	2,3	14,1	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	45,3	9	2,0	1	0,0	0	0,0	0
40 > u ≥ 5	1,7	30,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,0
	33,1	2	0,0	0	0,0	0	3,0	1
5 > u	0,4	5,1	0,1	2,0	0,5	9,1	1,1	12,1
	8,2	4	2,0	1	9,1	1	22,1	5

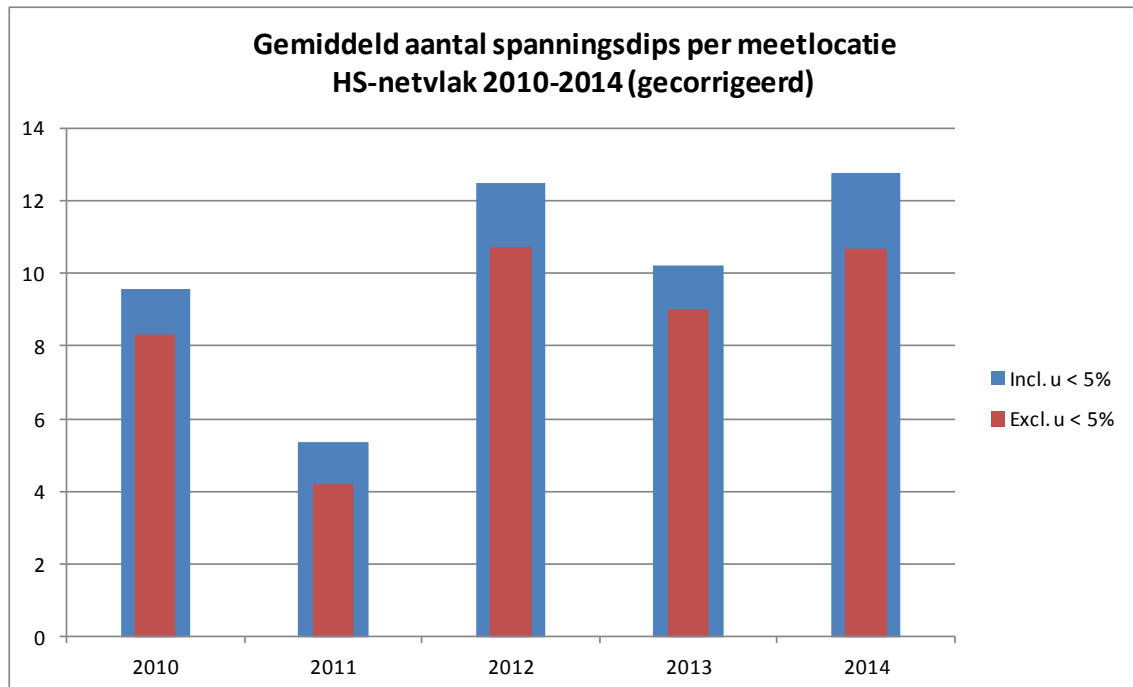
Tabel 3.6 bevat een vergelijking van het gemiddelde en totale aantal spanningsdips tussen 2014 en het vijf jarige gemiddelde (2009-2013). Om de vergelijking zuiver te houden is naast het aantal geregistreerde spanningsdips, ook het aantal spanningsdips met een correctie voor de niet bruikbare meetperioden opgenomen. Verder wordt onderscheid gemaakt in aantallen inclusief en exclusief spanningsdips met restspanning van onder de 5%.

Tabel 3.6: Geregistreerde en gecorrigeerde spanningsdips, 2014 versus 2009-2013

	2014		2009-2013	
	Incl. u < 5 %	Excl. u < 5 %	Incl. u < 5 %	Excl. u < 5 %
Totaal aantal dips, geregistreerd	252	212	178	151
Gemiddelde aantal dips, geregistreerd	12,6	10,6	8,9	7,6
Totaal aantal dips, gecorrigeerd	255,2	213,8	185,7	157,7
Gemiddelde aantal dips, gecorrigeerd	12,8	10,7	9,3	7,9

Op basis van de gecorrigeerde aantallen, blijkt dat er in 2014 ca. 38% meer spanningsdips hebben plaatsgevonden dan gemiddeld in de periode 2009-2013 (255,2 in plaats van 185,7). Verder kan worden geconcludeerd dat er in 2014 gemiddeld 12,8 spanningsdips per meetlocatie zijn geconstateerd, in de afgelopen vijf jaar bedroeg dit aantal gemiddeld 9,3. Tenslotte wordt opgemerkt dat het aandeel spanningsdips met een restspanning van onder de 5% in 2014 en gemiddeld in de afgelopen vijf jaar minder dan een kwart van het totale aantal spanningsdips betrof.

Figuur 3.2 geeft een overzicht van het gemiddeld aantal spanningsdips dat de afgelopen vijf jaar per locatie is geregistreerd. Het betreft de gecorrigeerde aantallen. De figuur laat zien dat het aantal spanningsdips door de jaren heen sterk varieert.



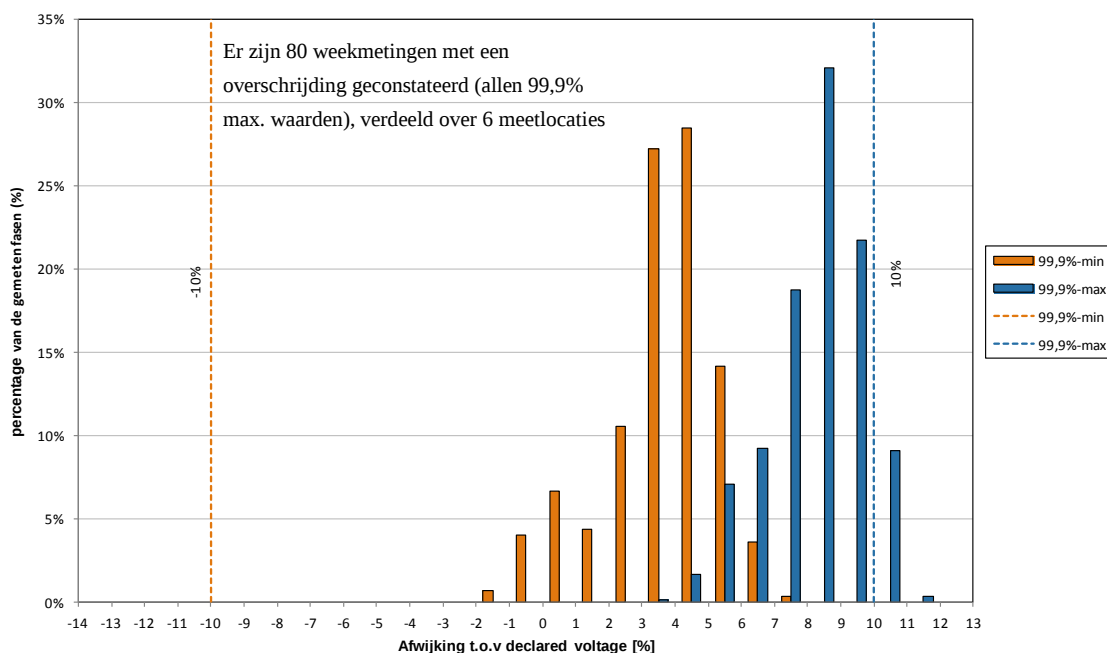
Figuur 3.2: Gemiddeld aantal spanningsdips per locatie HS-netvlak (gecorrigeerd), 2010-2014

3.5 Extra hoogspanningsnetvlak

In het EHS-netvlak is in 2014 op 17 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 614 weekmetingen geanalyseerd. Uit de analyse blijkt dat er bij 80 weekmetingen (13% van alle metingen) overschrijdingen zijn opgetreden van de langzame spanningsvariatie. Daarnaast zijn er nog 11 weekmetingen (2% van alle metingen) met overschrijdingen van de flikker-waarden. Voor de overige verschijnselen zijn geen overschrijdingen geconstateerd.

Figuur 3.3 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor langzame spanningsvariatie. Uit de toetsing van de metingen blijkt dat er overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode zijn geconstateerd. De 80 weekmetingen met overschrijdingen zijn verdeeld over 6 meetlocaties. Bij dit verschijnsel kan dus worden gesteld dat in 2014 klantaansluitingen in het EHS-netvlak 87% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria ten aanzien van langzame spanningsvariatie.

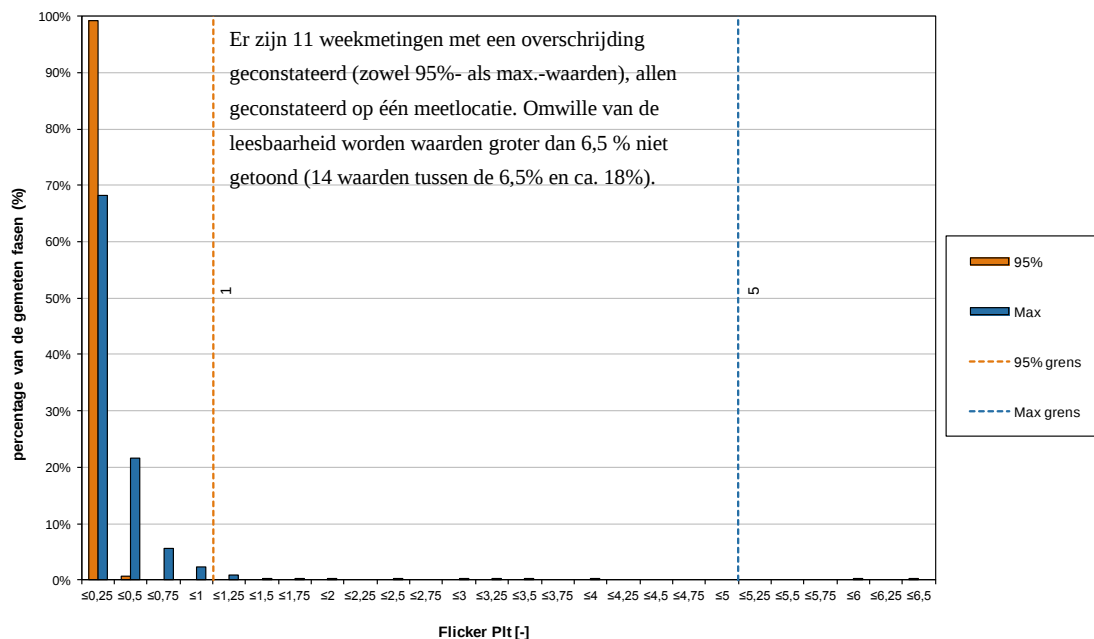
In bijlage E geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen. Samengevat blijkt hieruit dat in het noorden van Nederland en in de regio Simonshaven-Bleiswijk-Wateringen de spanning regelmatig boven de toegestane waarde van 10% uitstijgt. De oorzaak hiervan betrof een beperkte(re) beschikbaarheid van het gecontracteerde blindvermogen op productiemiddelen.



Figuur 3.3: Meetresultaten langzame spanningsvariatie EHS-netvlak

Figuur 3.4 geeft een grafisch overzicht van de meetresultaten voor snelle spanningsvariatie. Uit de toetsing van de metingen blijkt dat er overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode zijn geconstateerd. De 11 weekmetingen met overschrijdingen zijn toe te schrijven aan één meetlocatie. Bij dit verschijnsel kan dus worden gesteld dat in 2014 klantaansluitingen in het EHS-netvlak ruim 98% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria.

In bijlage E geeft TenneT een nadere toelichting op de overschrijdingen. Samengevat blijkt hieruit dat de overschrijdingen zijn gerelateerd aan station Bleiswijk. Het in- en uitschakelen van één van de circuits van de 380kV verbinding Wieringen - Bleiswijk wordt als oorzaak gezien.



Figuur 3.4: Meetresultaten snelle spanningsvariatie (Plt) EHS-netvlak

Bij de verschijnselen spanningsasymmetrie en harmonische vervorming heeft geen overschrijding plaatsgevonden. Er kan dus worden gesteld dat in 2014 klantaansluitingen in het EHS-netvlak 100% van de tijd voldeden aan de geldende kwaliteitscriteria. In bijlage D worden de meetresultaten van alle verschijnselen grafisch gepresenteerd.

Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel 3.7 volgens dezelfde normering als gehanteerd is bij het HS-netvlak. De opzet van de tabel en weergegeven indicatoren zijn gelijk aan die van het HS-netvlak (zie paragraaf 3.4 voor een toelichting).

Zoals uit tabel 3.7 kan worden afgeleid, zijn er in 2014 in totaal 39 spanningsdips geregistreerd. Deze spanningsdips hebben plaatsgevonden op 13 locaties. Verreweg het merendeel van deze spanningsdips (82%) had een duur van tussen de 10 en 200 ms. Binnen deze duurcategorie lag de restspanning voor een groot deel (47%) van de spanningsdips boven de 70%. In andere woorden: Veel van de spanningsdips die zijn geregistreerd hebben een relatief korte tijdsduur en beperkte spanningsdaling.

Conform de Netcode Elektriciteit zal de netbeheerder een onderzoek instellen als het aantal opgetreden hinderlijke spanningsdips per categorie (duur en diepte) op een aansluiting in een periode van vier aaneengesloten kwartalen hoger is dan het aantal toegestane spanningsdips in de desbetreffende categorie.

In het extra hoogspanningsnet is in de periode kwartaal 4 van 2013 tot en met kwartaal 3 van 2014 op één locatie het aantal hinderlijke spanningsdips overschreden. TenneT heeft conform de Netcode een onderzoek ingesteld naar de fysieke oorzaak van deze spanningsdips. Dit onderzoek is onlangs afgerond. Hierbij is naar voren gekomen dat op de onderzochte locatie de spanningskwaliteitsmeter op de juiste meetspanning is aangesloten maar dat de fysieke oorzaak niet kon worden vastgesteld. TenneT heeft een vervolgonderzoek ingesteld naar het meetcircuit (bekabeling en meetomvormers).

Tabel 3.7: Geregistreeerde spanningsdips EHS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	1,0	5	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	13	6	0	0	0	0	0	0
80 > u ≥ 70	0,2	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	2	2	0	0	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	0,8	6	0,1	1	0,0	0	0,0	0
	10	5	1	1	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0,5	5	0,5	6	0,0	0	0,0	0
	6	2	6	1	0	0	0	0
5 > u	0,1	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0

In de praktijk hebben de meters niet altijd 100% van de tijd spanningsdips geregistreerd, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan geplande onderbrekingen (onderhoud), kalibraties, defecte apparatuur en communicatieproblemen. Per meter is de beschikbaarheid bepaald voor 2014. Hieruit bleek dat deze beschikbaarheid bij 4 locaties lager was dan 75%. Omdat deze lage beschikbaarheid als te beperkt wordt geacht om een representatief beeld te geven van het aantal en type spanningsdips op deze locaties, zijn alleen de spanningsdips van de overige locaties in de diptabellen verwerkt. Voor de andere locaties zijn de spanningsdips per meter gecorrigeerd aan de hand van de beschikbaarheidsfactor. De gemiddelde beschikbaarheid van het EHS meetsysteem bedraagt in 2014 86% (excl. locaties met een beschikbaarheid van lager dan 75%). Tabel 3.5 bevat de gecorrigeerde aantallen spanningsdips in het EHS-netvlak.

Tabel 3.8: Gecorrigeerde spanningsdips EHS-netvlak

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 ≤ t ≤ 500		500 ≤ t ≤ 1 000		1 000 ≤ t ≤ 5 000	
90 > u ≥ 80	1,2	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	15,4	6	0,0	0	0,0	0	0,0	0
80 > u ≥ 70	0,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2,5	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0
70 > u ≥ 40	0,9	6,7	0,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	11,5	5	1,1	1	0,0	0	0,0	0
40 > u ≥ 5	0,5	5,6	0,5	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	6,9	2	6,7	1	0,0	0	0,0	0
5 > u	0,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1,1	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0

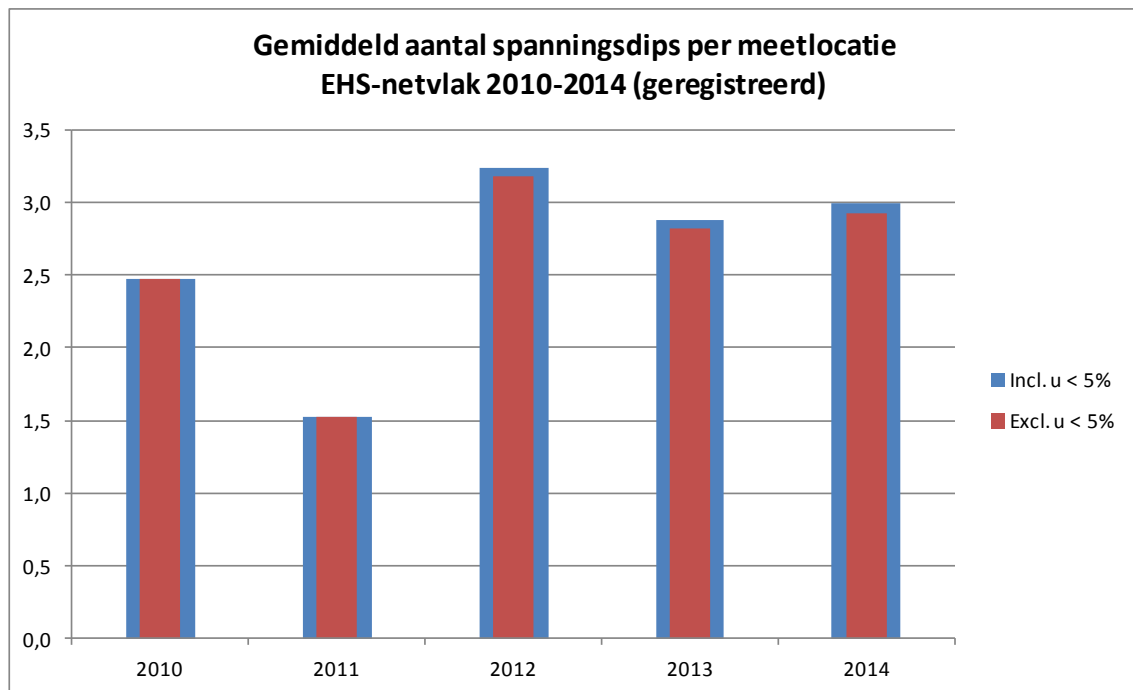
Tabel 3.9 bevat een vergelijking van het gemiddelde en totale aantal spanningsdips tussen 2014 en het vijfjarige gemiddelde (2009-2013). Opgemerkt wordt dat analyse van en rapportage over spanningsdips in het EHS-netvlak pas sinds 2012 onderdeel uitmaakt van het landelijke PQM-project (zie ook hoofdstuk 5). De cijfers van de dipaantallen van voor 2012 zijn afkomstig uit rapportages van TenneT. Er wordt onderscheid gemaakt in aantallen inclusief en exclusief spanningsdips met restspanning van onder de 5%.

In tegenstelling tot het HS-netvlak blijken de aantallen ditmaal nagenoeg gelijk te zijn. Ook wordt geconstateerd dat er in 2014 gemiddeld 3,0 spanningsdips per meetlocatie zijn geregistreerd ten opzichte van 2,2 spanningsdips voorgaande jaren.

Tabel 3.9: Geregistreeerde spanningsdips, 2014 versus 2009-2013

	2014		2009-2013	
	Incl. u < 5%	Excl. u < 5%	Incl. u < 5%	Excl. u < 5%
Totaal aantal dips, geregistreerd	39	38	38	37
Gemiddelde aantal dips, geregistreerd	3,0	2,9	2,2	2,2
Totaal aantal dips, gecorrigeerd	45,2	44,1	-	-
Gemiddelde aantal dips, gecorrigeerd	3,5	2,2	-	-

Figuur 3.5 geeft een overzicht van het gemiddeld aantal spanningsdips per locatie dat de afgelopen vijf jaar is geregistreerd. In het EHS-netvlak is voor 2013 nooit over gecorrigeerde dipaantallen gerapporteerd en daarom zijn in de figuur de geregistreerde aantallen weergegeven. De figuur laat zien dat het aantal spanningsdips door de jaren heen sterk varieert.



Figuur 3.5: Gemiddeld aantal spanningsdips per locatie EHS-netvlak (geregistreerd), 2010-2014

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.

In het HS-netvlak is de meetdata van de afgelopen tien jaar beschouwd. Oftewel de periode 2005-2014.

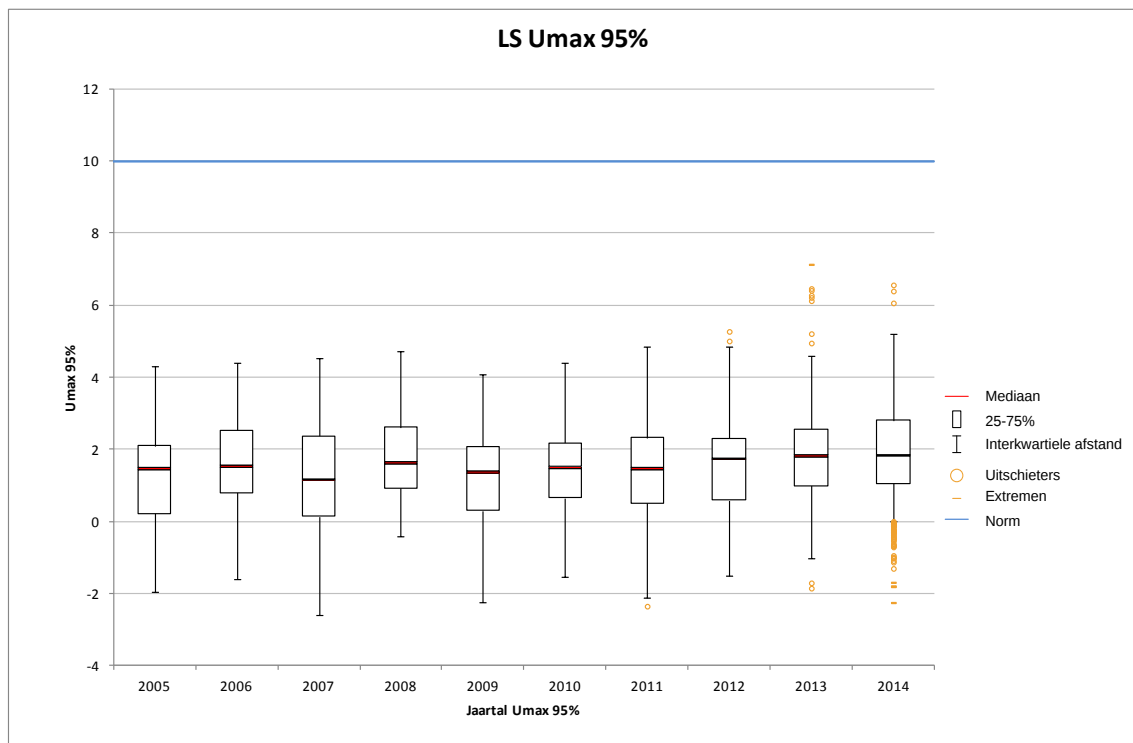
In EHS-netvlak is meetdata vanaf 2009 beschouwd. In dit jaar heeft een ombouw van het meetsysteem plaatsgevonden naar een systeem met een hogere frequentiebandbreedte. Hierdoor is het geschikt gemaakt voor het meten van onder andere harmonische spanningen. Daarnaast is het meetsysteem uitgebreid naar negen meetlocaties (inmiddels telt het meetsysteem 17 locaties). Voor 2009 werd de spanningskwaliteit op slechts enkele locaties gemeten.

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. De toetswaarden zijn gebruikt om zogenaamde boxplots samen te stellen.

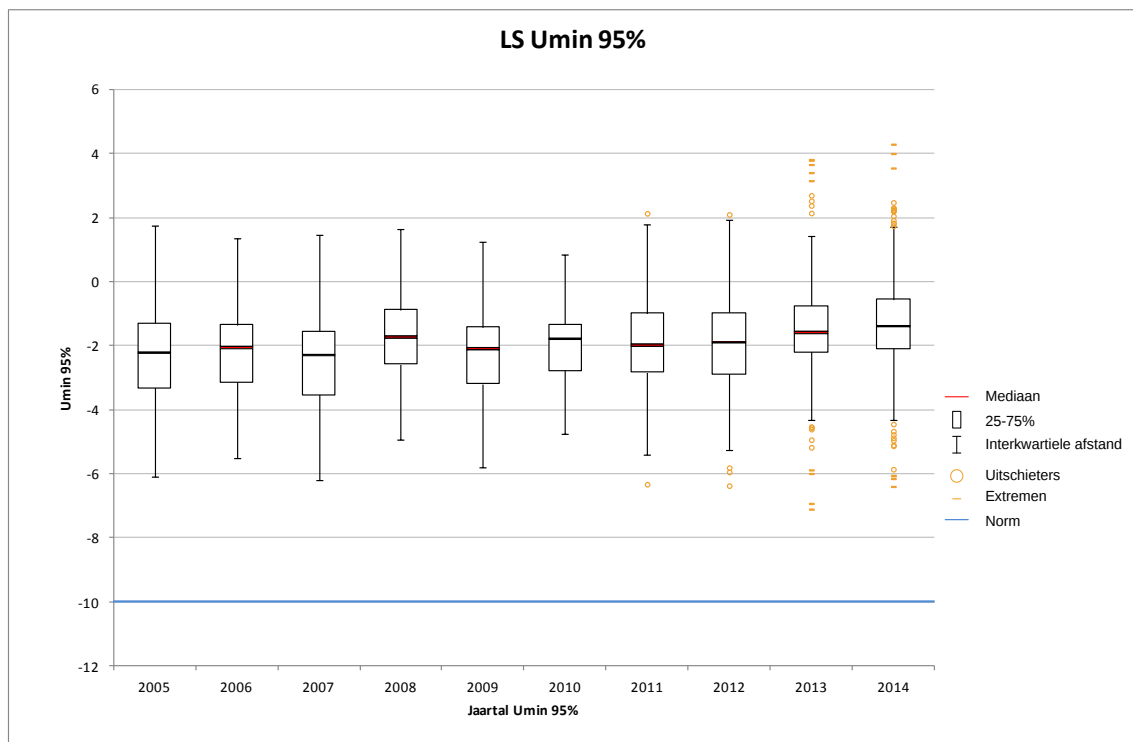
Boxplots geven een grafische weergave van de verdeling van de toetswaarden. In deze weergave wordt middels een 'box' de middelste 50% van de waarden getoond. Het streepje in de box betreft de mediaan, ook wel bekend als centrummaat. De mediaan wordt in de statistiek veel gebruikt voor trendanalyses. 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 vier jaar een licht stijgende trend zien. De netbeheerders houden deze trend de komende jaren nauwlettend in de gaten.

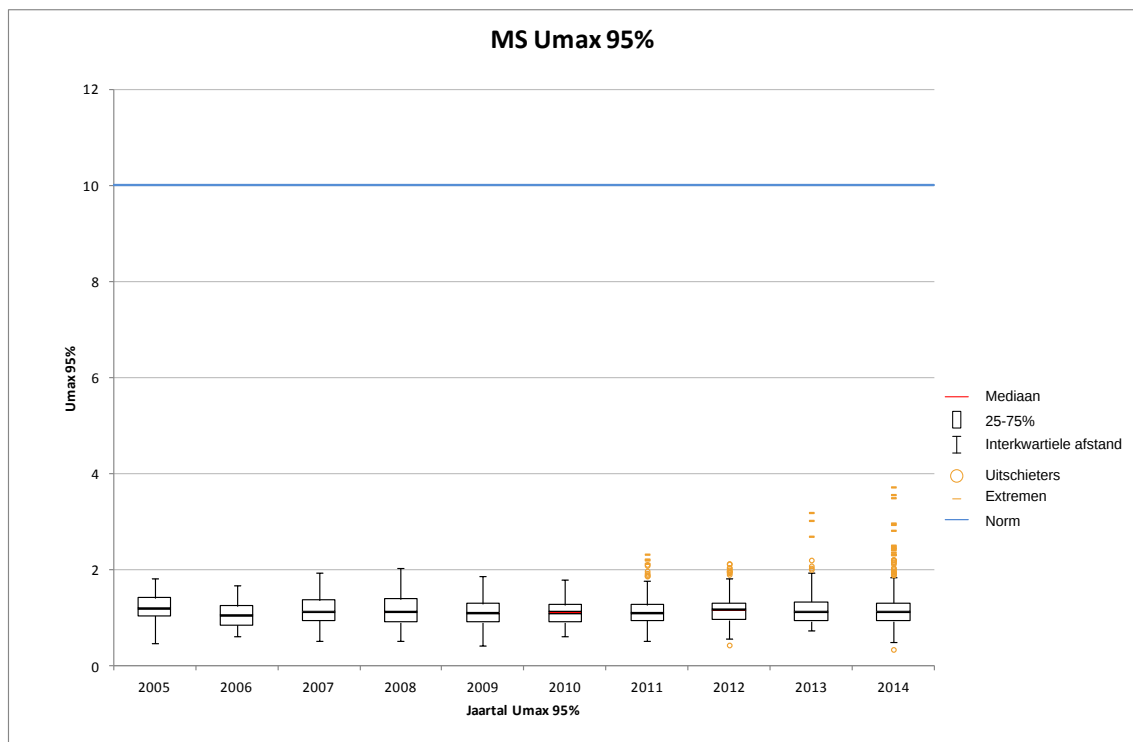


Figuur 4.1: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) LS-netvlak, 2005-2014

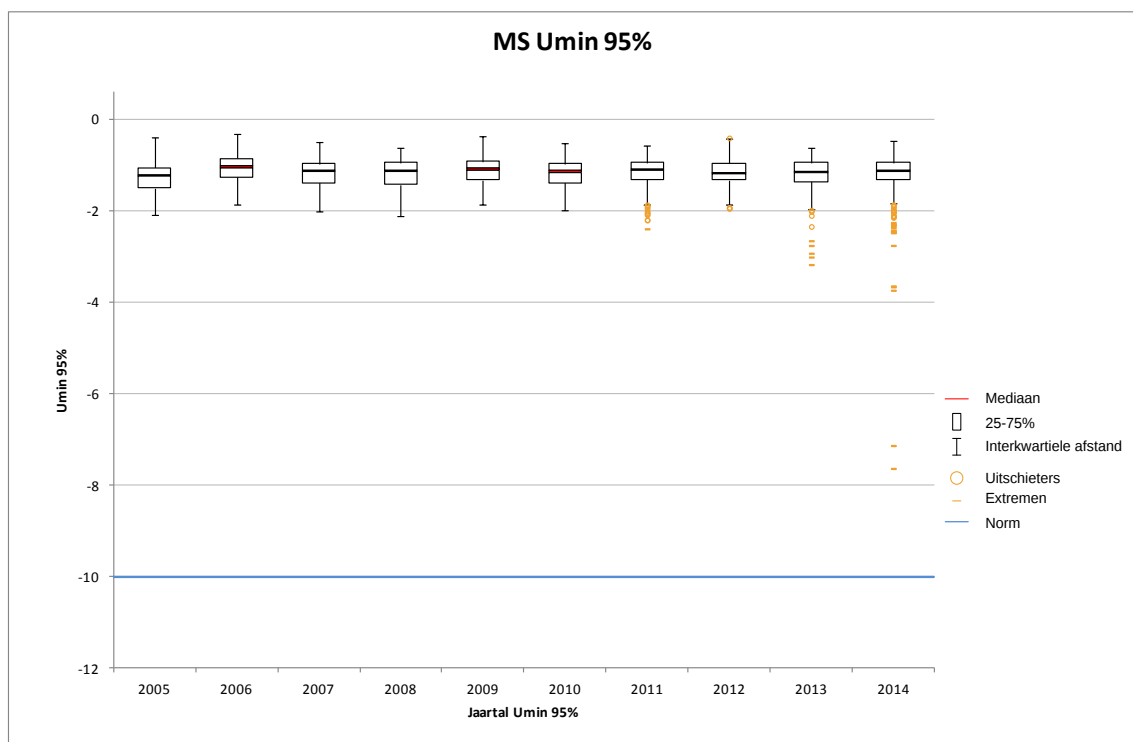


Figuur 4.2: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) LS-netvlak, 2005-2014

De figuren 4.3 en 4.4 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) 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.



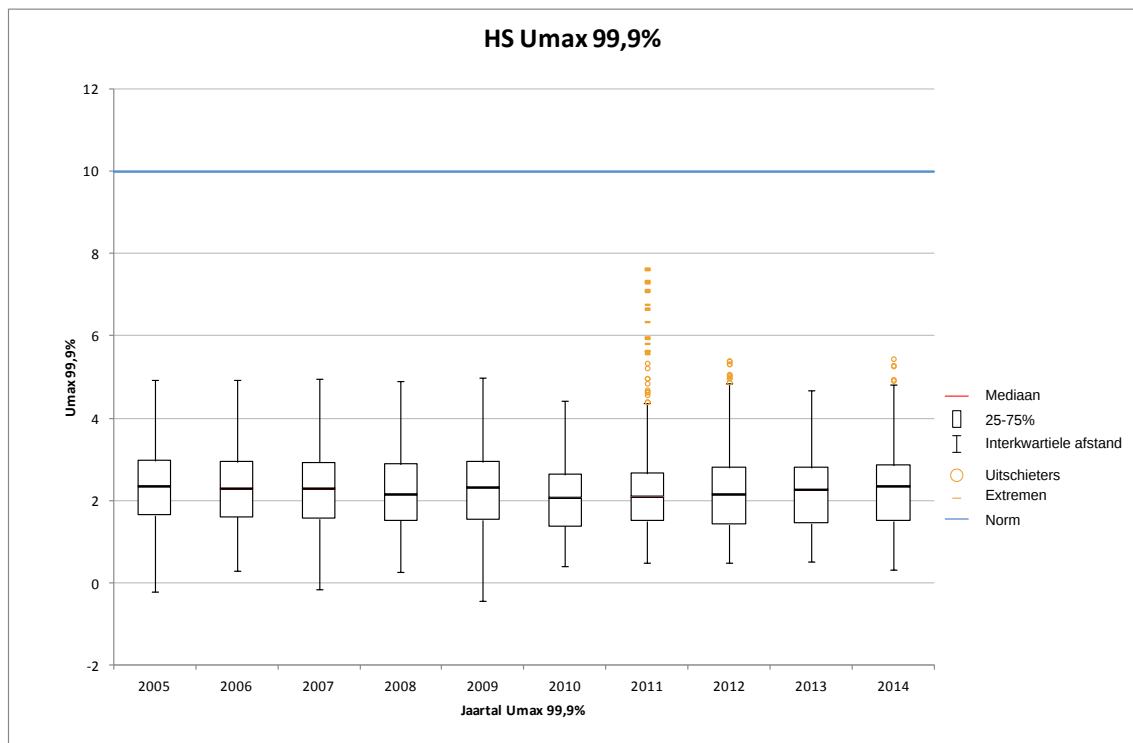
Figuur 4.3: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) MS-netvlak, 2005-2014



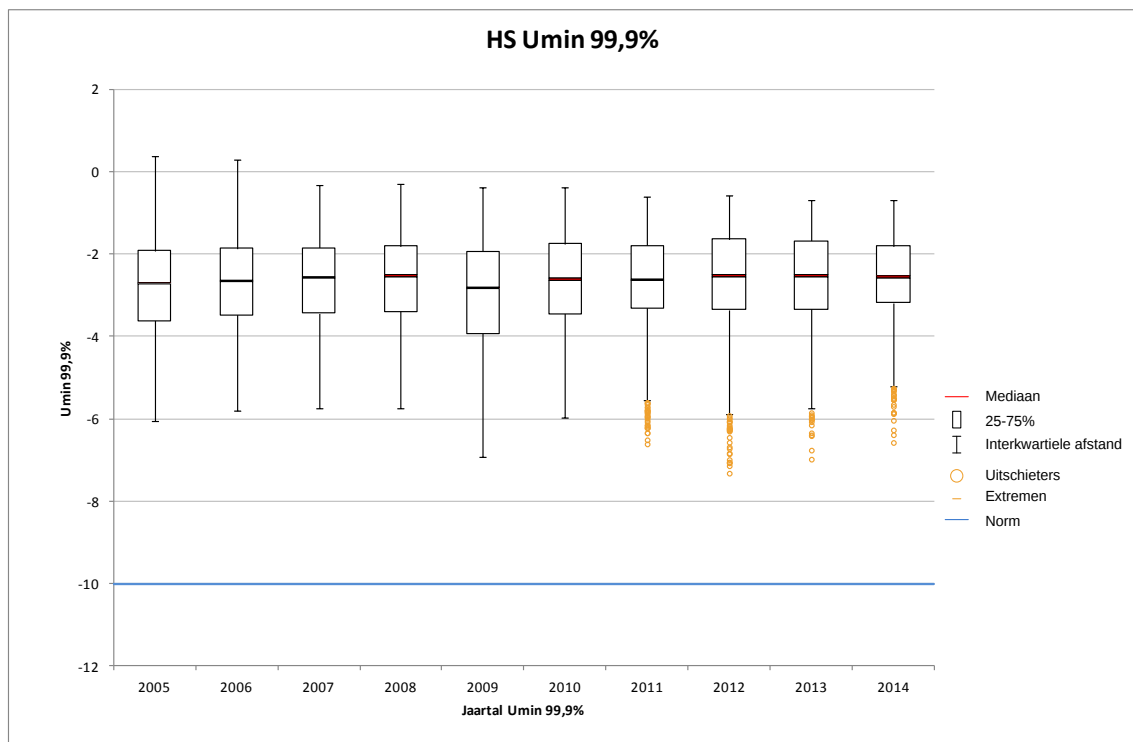
Figuur 4.4: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) MS-netvlak, 2005-2014

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 2005 tot en met 2014 onder de 3 en boven de -4.

Uit beide figuren blijkt dat de boxplots voor de jaren 2005 tot en met 2014 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.

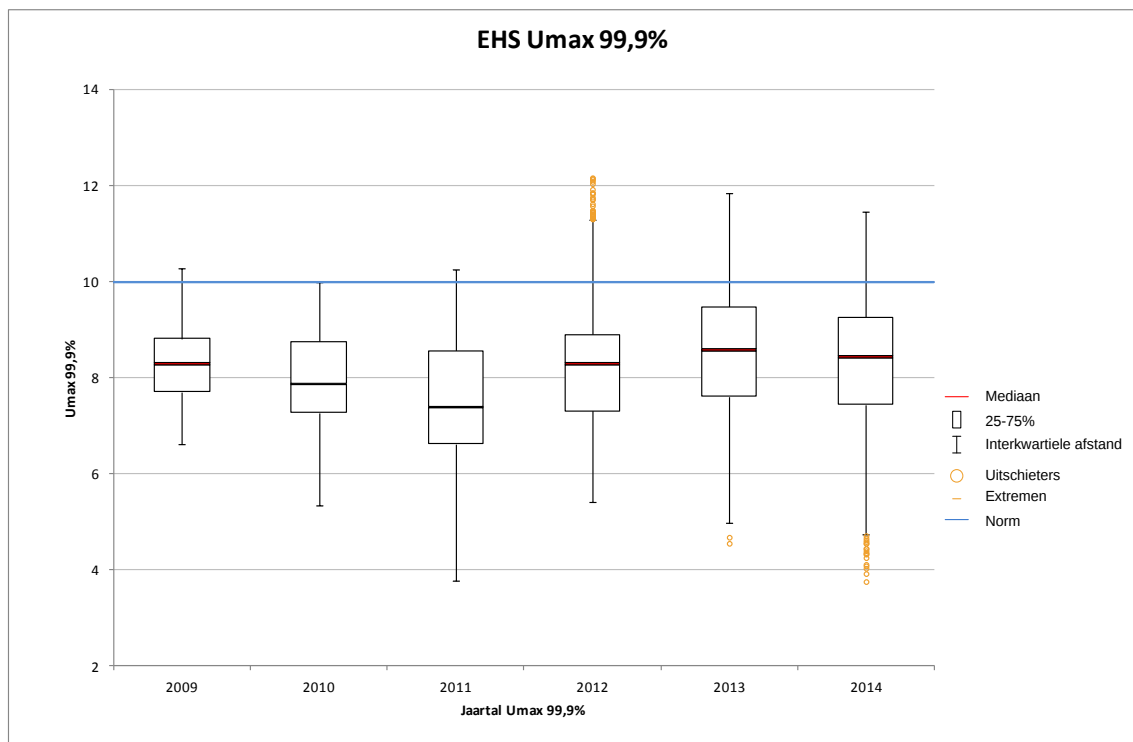


Figuur 4.5: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) HS-netvlak, 2005-2014

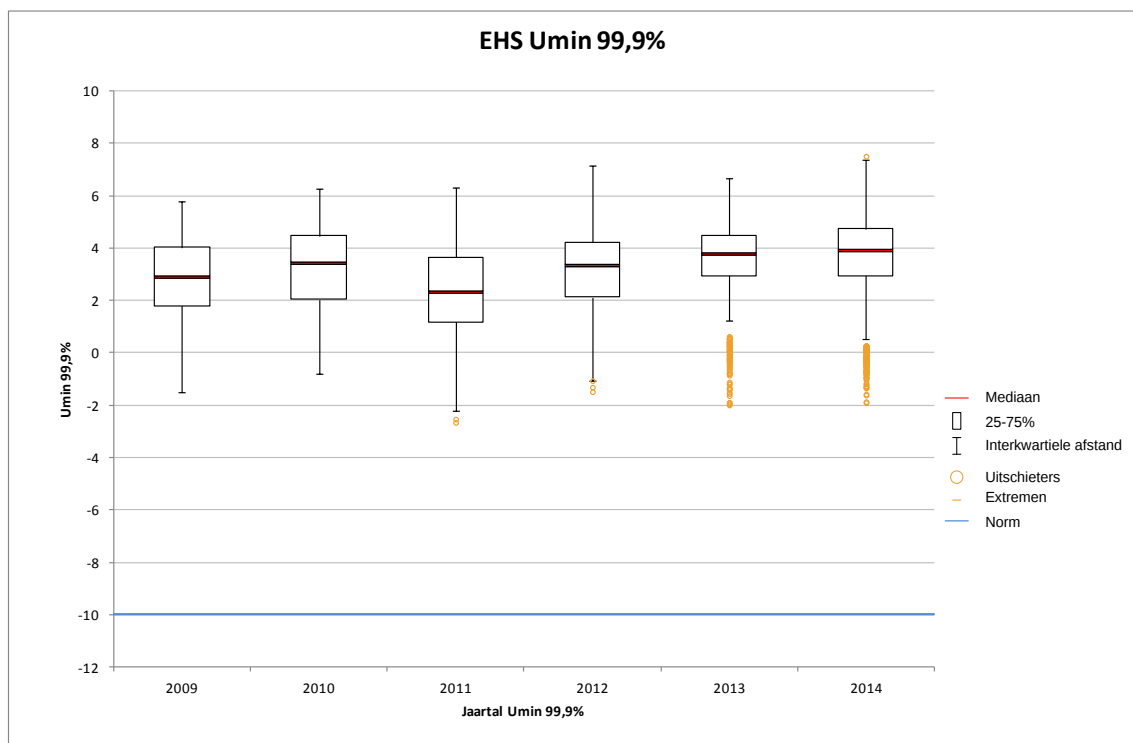


Figuur 4.6: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) HS-netvlak, 2005-2014

De figuren 4.7 en 4.8 tonen de trendanalyse van langzame spanningsvariatie (U_{max} en U_{min}) 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 E voor een toelichting). Bij figuur 4.8 zijn geen overschrijdingen aanwezig. Op basis van de mediaan is er in de afgelopen zes jaar geen duidelijke trend zichtbaar.



Figuur 4.7: Langzame spanningsvariatie (U_{max}) EHS-netvlak, 2009-2014

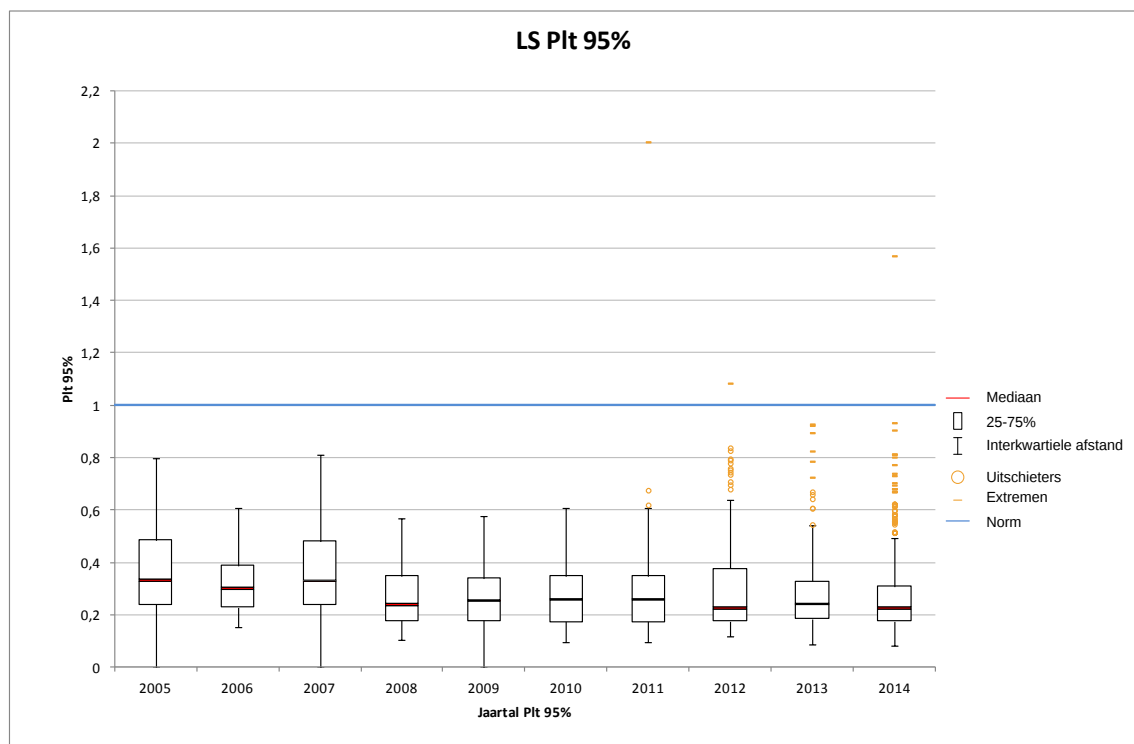


Figuur 4.8: Langzame spanningsvariatie (U_{min}) EHS-netvlak, 2009-2014

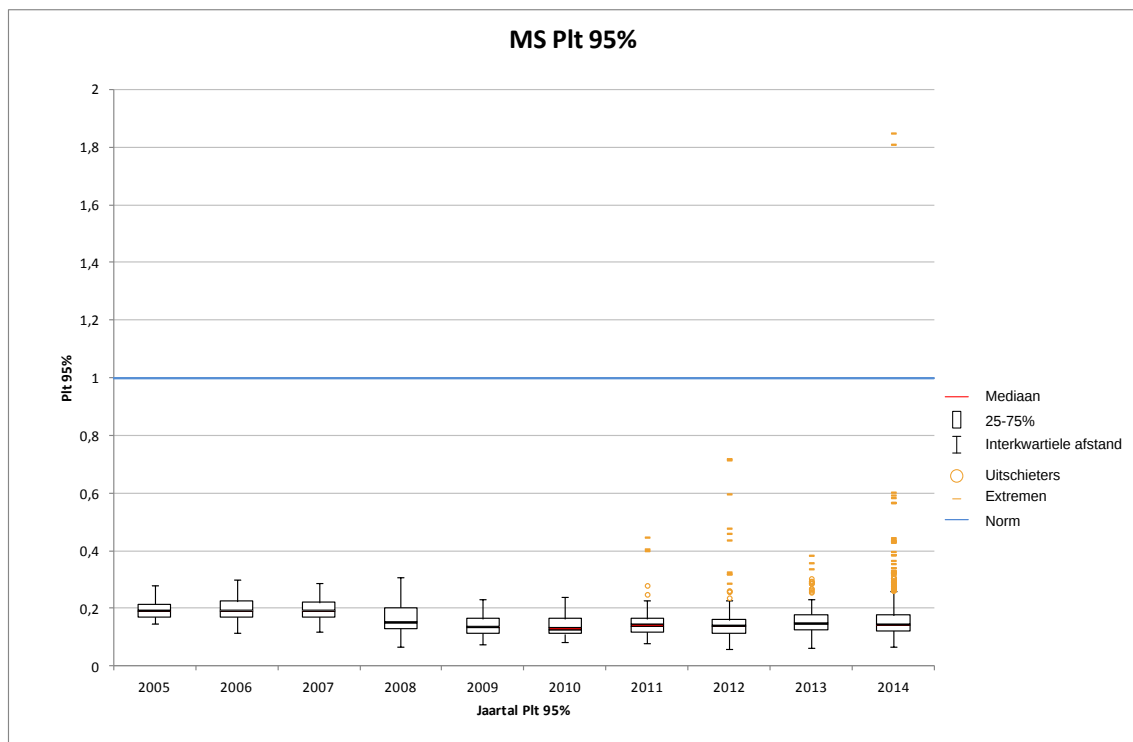
4.2 Snelle spanningsvariatie

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 ruimte beperkt is.

Op basis van de mediaan is er in de afgelopen zeven jaar geen duidelijke trend zichtbaar. Wel is er tussen 2007 en 2008 een duidelijke 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 blijven voldoen aan de laatste eisen zoals gesteld in de normen IEC 61000-4-30 [4] en IEC 61000-4-7 [5].

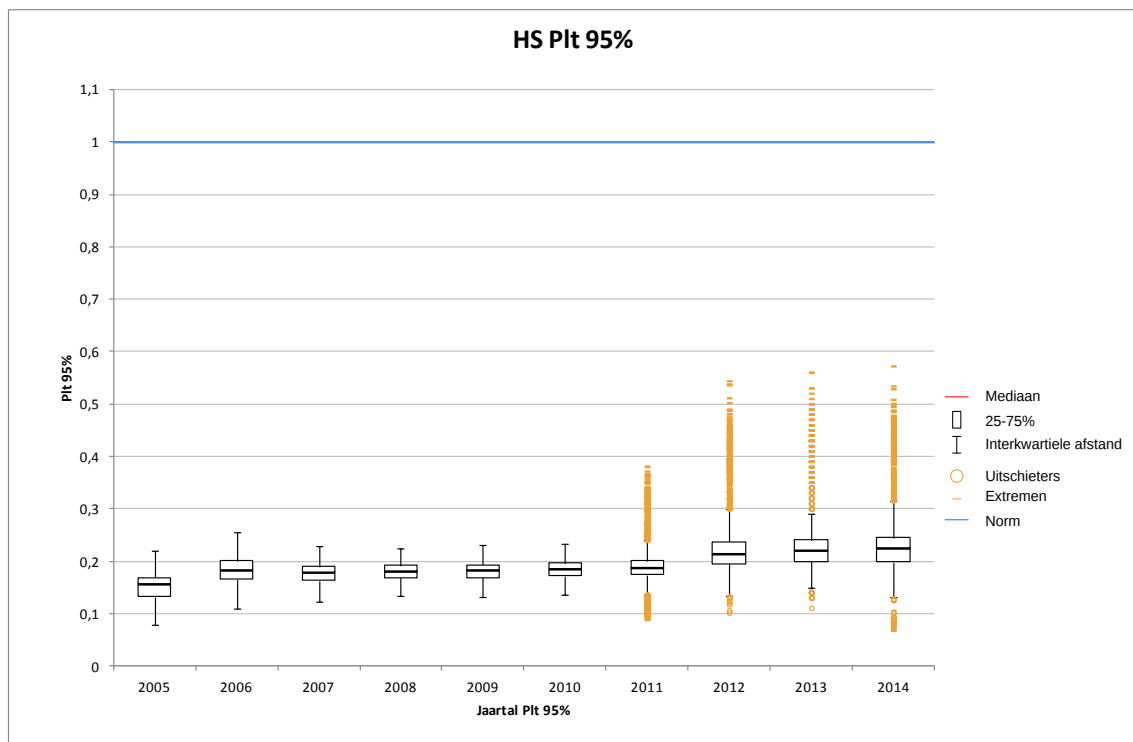


Figuur 4.9: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak, 2005-2014

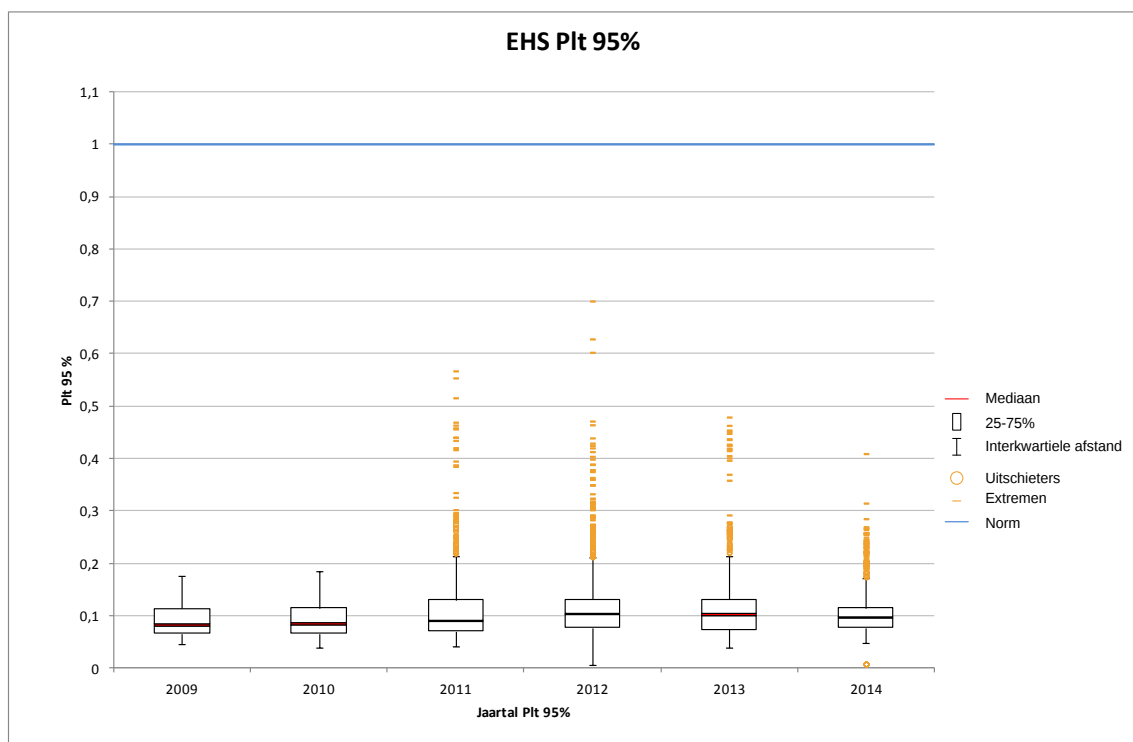


Figuur 4.10: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak, 2005-2014

De figuren 4.11 en 4.12 tonen de trendanalyse van snelle spanningsvariatie in het HS- en EHS-netvlak. De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt doorgaans onder de 0,3 in het HS-netvlak en onder de 0,2 in het EHS-netvlak. Uit de figuren blijkt dat de boxplots alle jaren voldoen aan de 95%-grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is in het HS en EHS-netvlak is geen trend zichtbaar.



Figuur 4.11: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak, 2005-2014

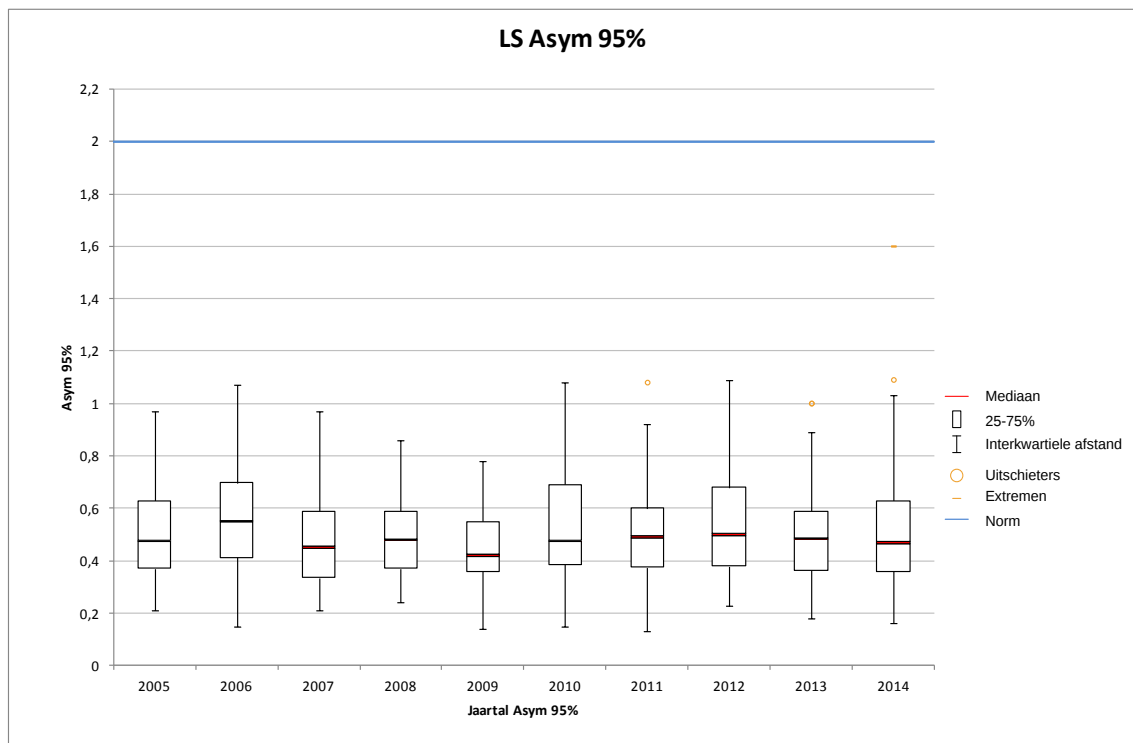


Figuur 4.12: Snelle spanningsvariatie EHS-netvlak, 2009-2014

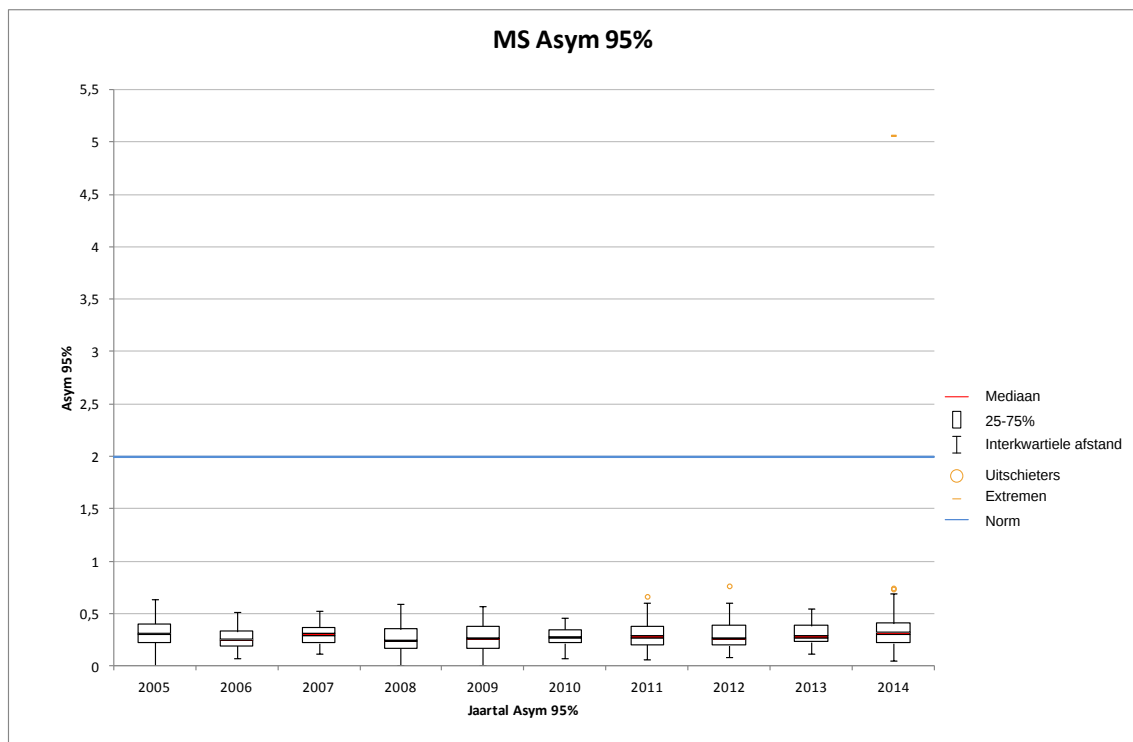
4.3 Spanningsasymmetrie

De figuren 4.13 tot en met 4.16 tonen de trendanalyse van spanningsasymmetrie in alle netvlakken. 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 de overige netvlakken onder de 0,5.

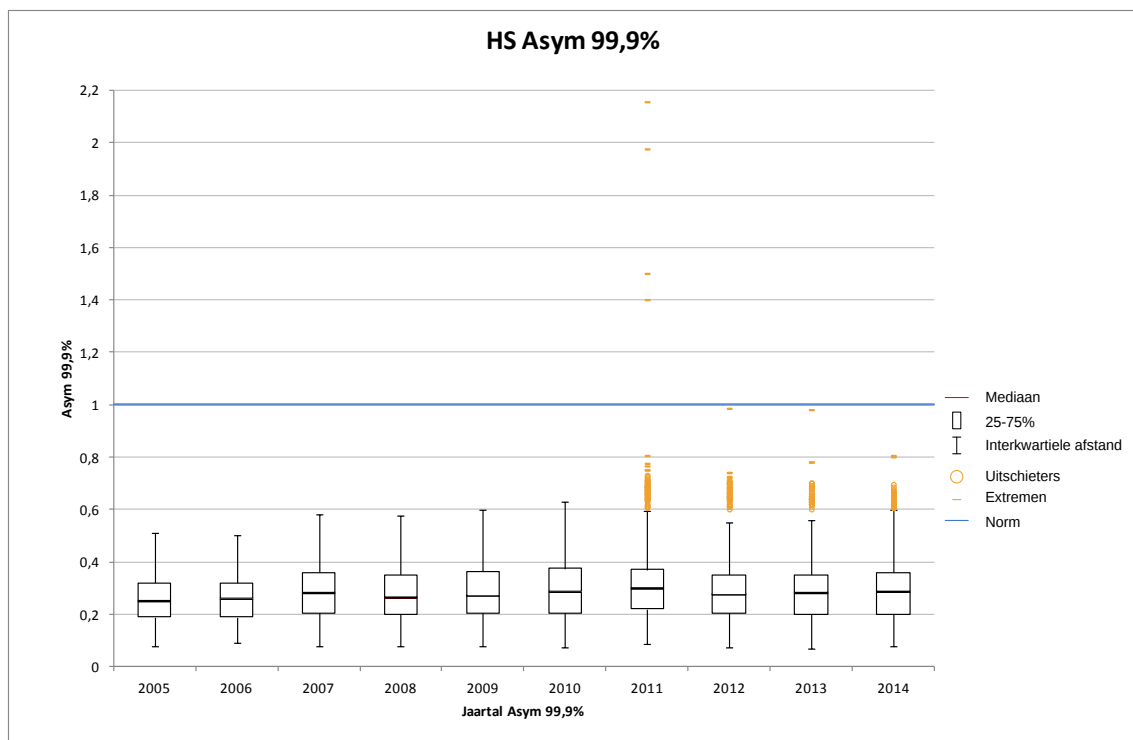
Uit alle figuren blijkt dat de boxplots alle jaren voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). Op basis van de mediaan is er in geen van de figuren een duidelijke trend zichtbaar.



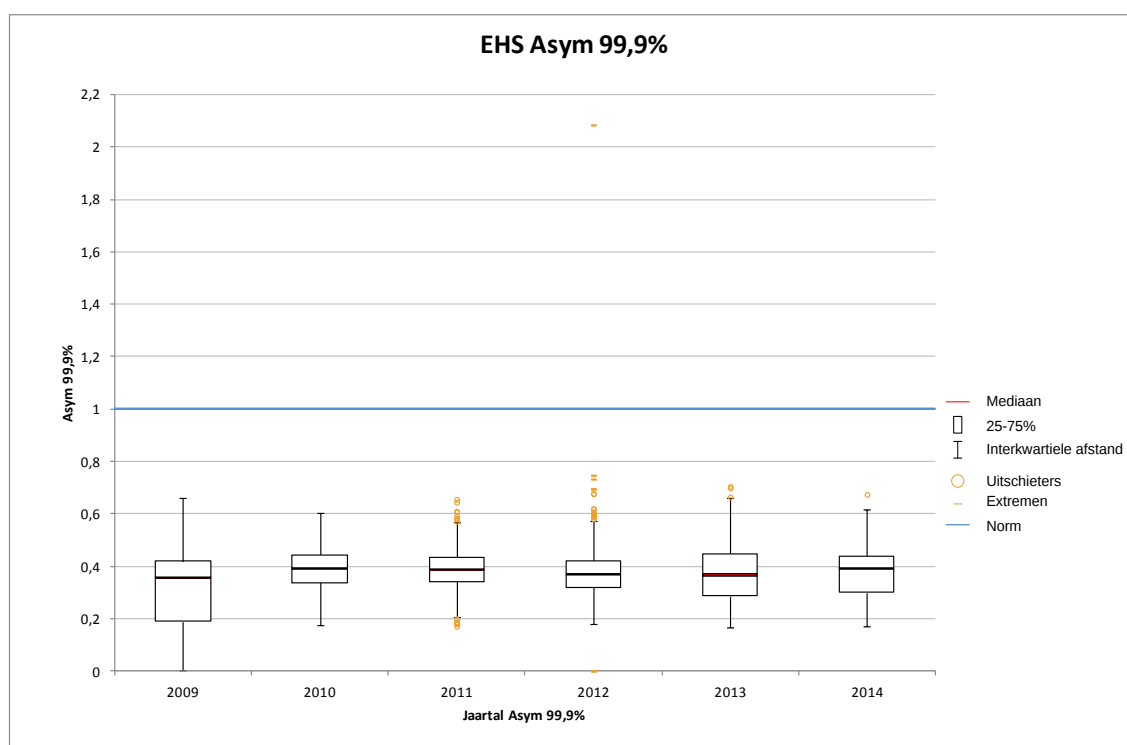
Figuur 4.13: Spanningsasymmetrie LS-netvlak, 2005-2014



Figuur 4.14: Spanningsasymmetrie MS-netvlak, 2005-2014



Figuur 4.15: Spanningsasymmetrie HS-netvlak, 2005-2014

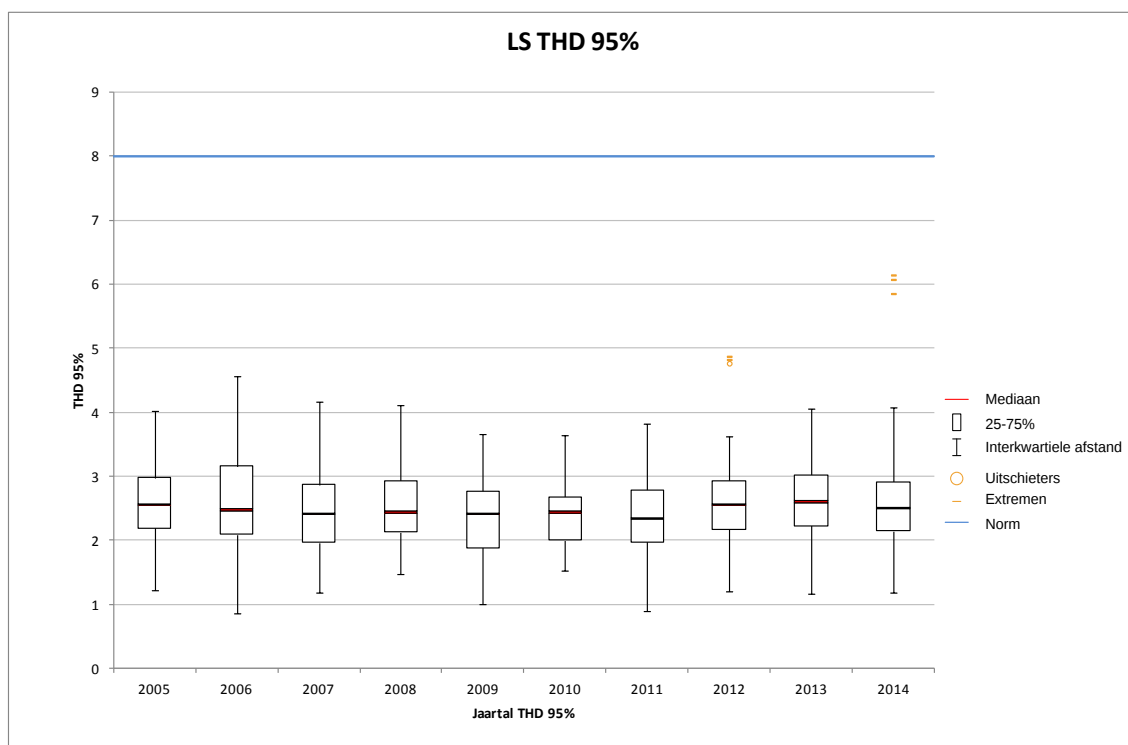


Figuur 4.16: Spanningsasymmetrie EHS-netvlak, 2009-2014

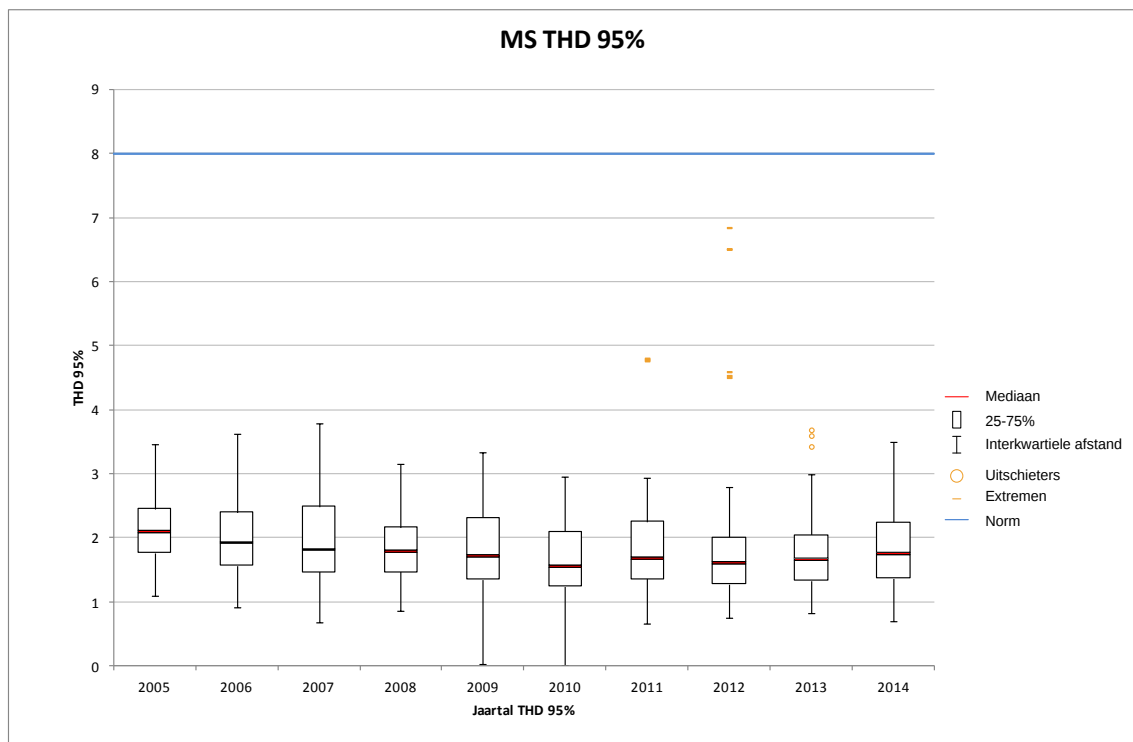
4.4 Totale harmonische vervorming

De figuren 4.17 tot en met 4.20 tonen de trendanalyse van de totale harmonische vervorming (THD) in alle netvlakken. Uit de figuren blijkt dat de boxplots ruimschoots voldoen aan de grenswaarde uit de norm (blauwe lijn). De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt doorgaans in alle netvlakken onder de 3.

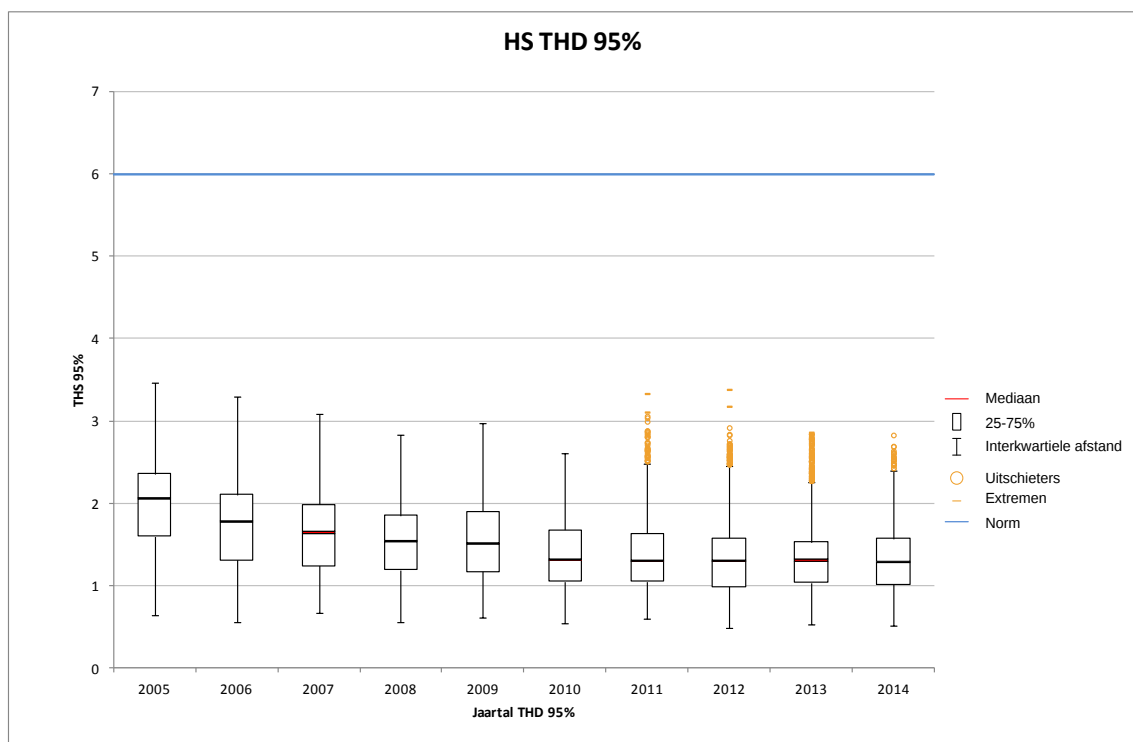
Op basis van de mediaan zijn er de afgelopen jaren geen trends zichtbaar. In het MS- en HS-netvlak is in de periode 2005-2010 sprake van een dalende trend, maar zijn de meetresultaten vanaf 2010 nagenoeg gelijk. In het LS- en EHS-netvlak is geen significante trend aanwezig.



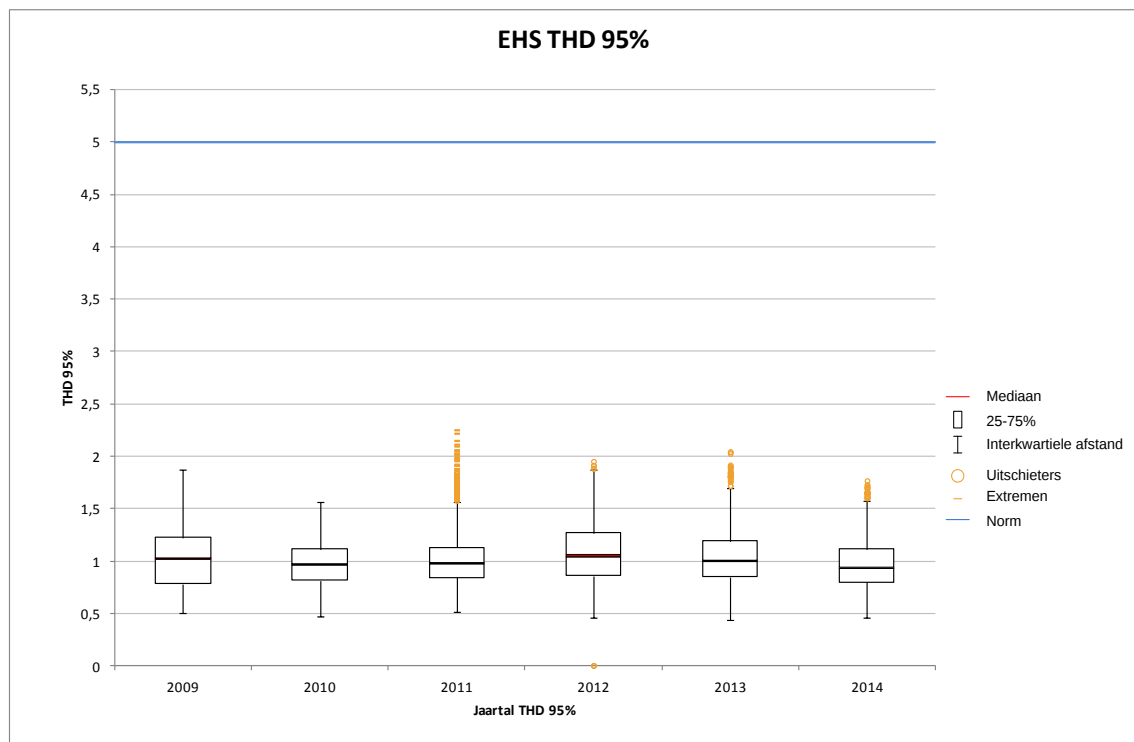
Figuur 4.17: Totale harmonische vervorming LS-netvlak, 2005-2014



Figuur 4.18: Totale harmonische vervorming MS-netvlak, 2005-2014



Figuur 4.19: Totale harmonische vervorming HS-netvlak, 2005-2014



Figuur 4.20: Totale harmonische vervorming EHS-netvlak, 2009-2014

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 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.

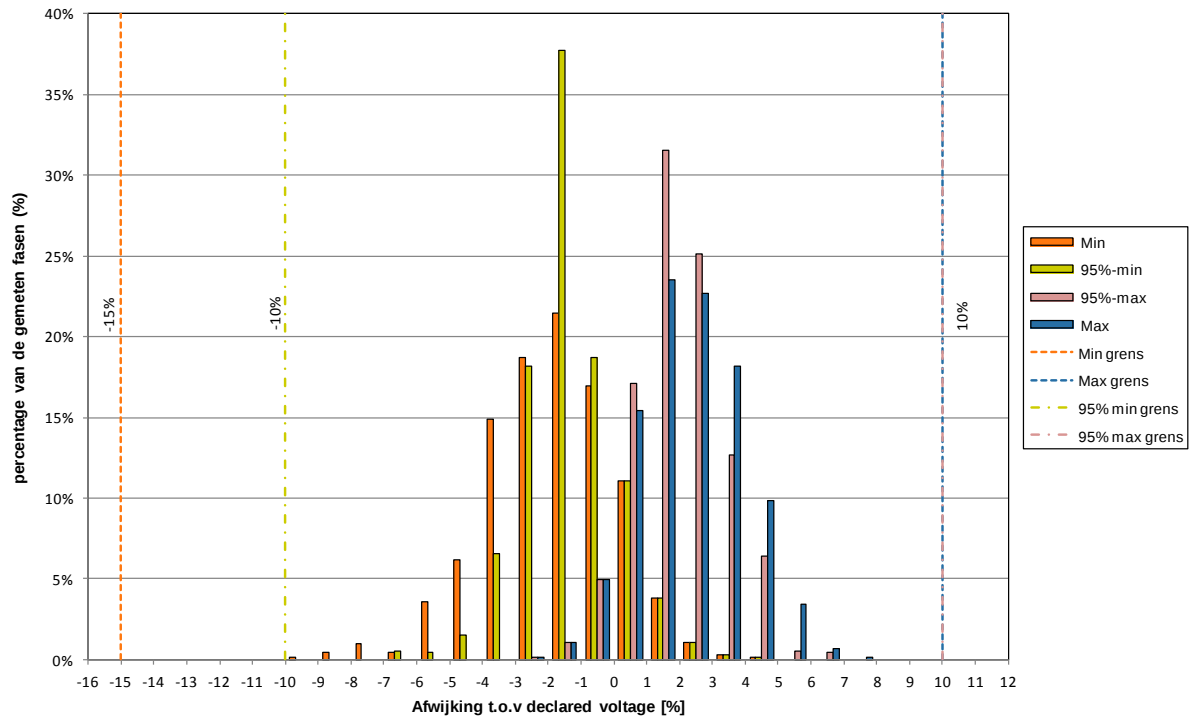
Referenties

- [1] ACM (december 2013). *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] KEMA (februari 2005). Diplomatiek: Grenzen aan spanningsdips. PREGO 21.
- [4] NEN (februari 2009). *NEN-EN-IEC 61000-4-30*. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurements methods.
- [5] 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
- [6] Movares/Netbeheer Nederland (2014). Handboek: Spanningskwaliteit in Nederland.
- [7] KEMA (april 2004). Memo aan Netbeheer Nederland. Kenmerk 74100907-ETD/SG 12-00642V01
- [8] CEER (2011). 5TH CEER Benchmarking report on the quality of Electricity supply.
- [9] CEER / ECRB (december 2012). Guidelines of Good Practice on the Implementation and Use of Voltage Quality Monitoring Systems for Regulatory Purposes. Kenmerk: C12-EQS-51-03.
- [10] Survey of 2011 country reports related to power systems (November 2012).
- [11] Movares (juni 2012). Memo: Onderzoek trendbreuk 15^e harmonische.
- [12] Sharmistha Bhattacharyya/TUe (2011). Power Quality Requirements and Responsibilities at the Point of Connection.
- [13] Movares/Netbeheer Nederland (2013). Notulen: Tussentijdsoverleg herzien PvA monitoring spanningskwaliteit. Kenmerk RM131183-1610.

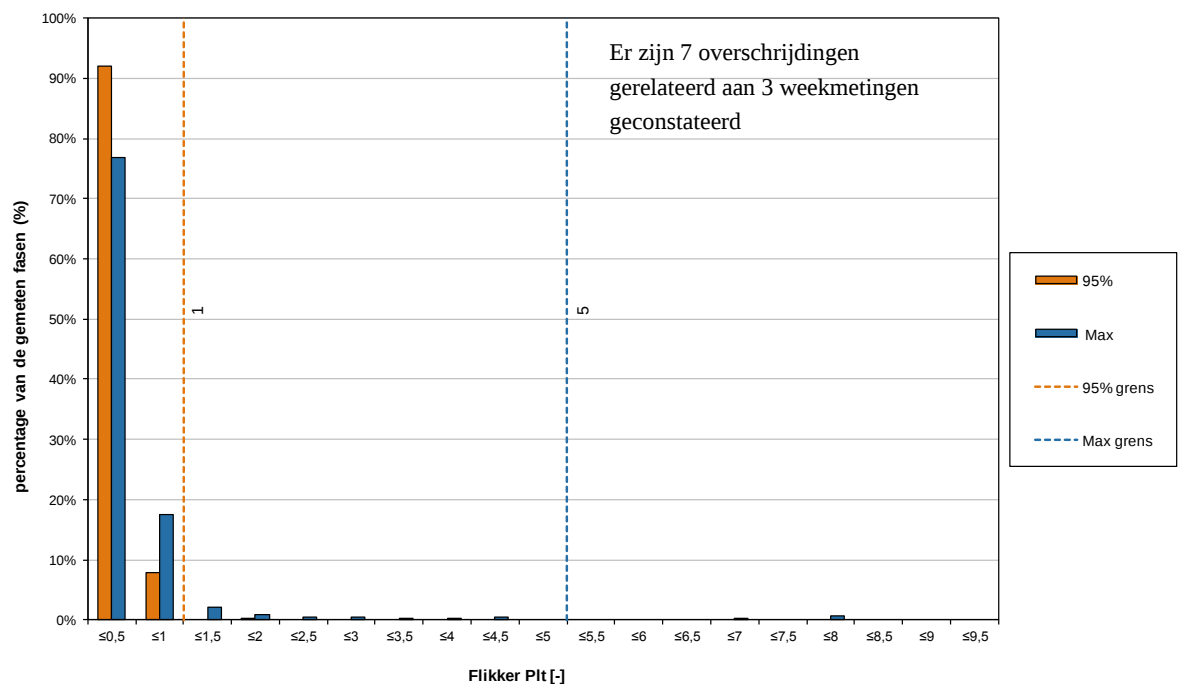
Bijlagen

Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	42
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	46
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	51
Bijlage D: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak	53
Bijlage E: Toelichting overschrijdingen	55
Bijlage F: Metingen en overschrijdingen, 2005 – 2014	65

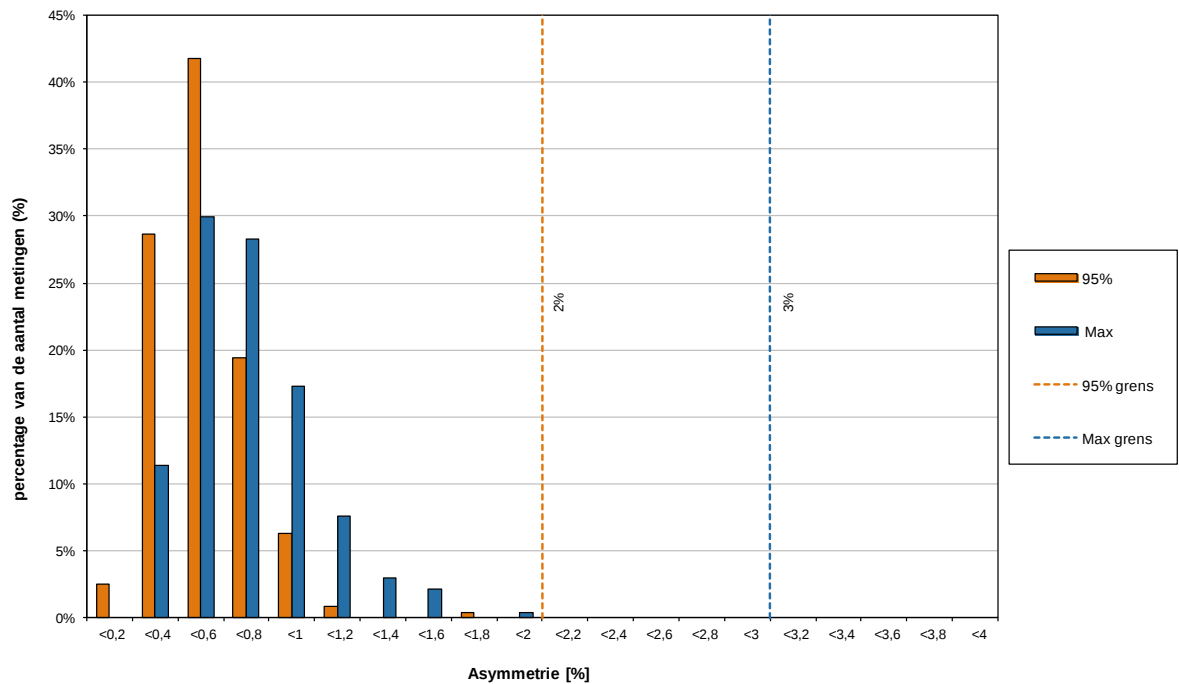
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak



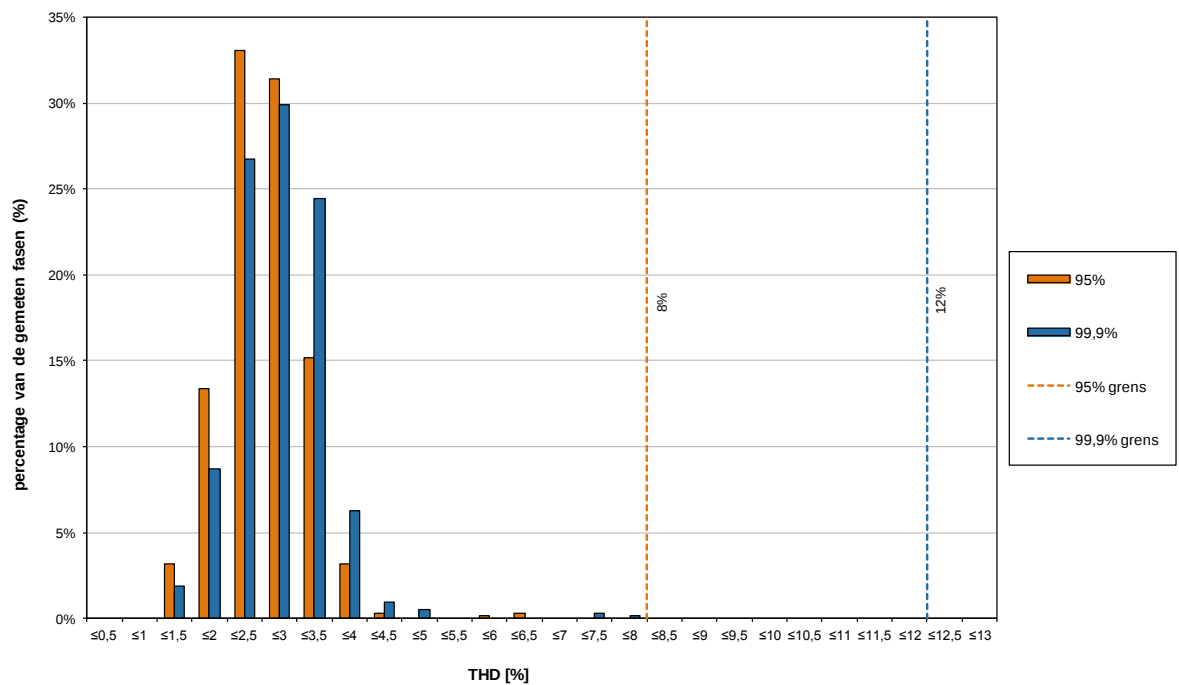
Figuur A1: Langzame spanningsvariatie LS-netvlak



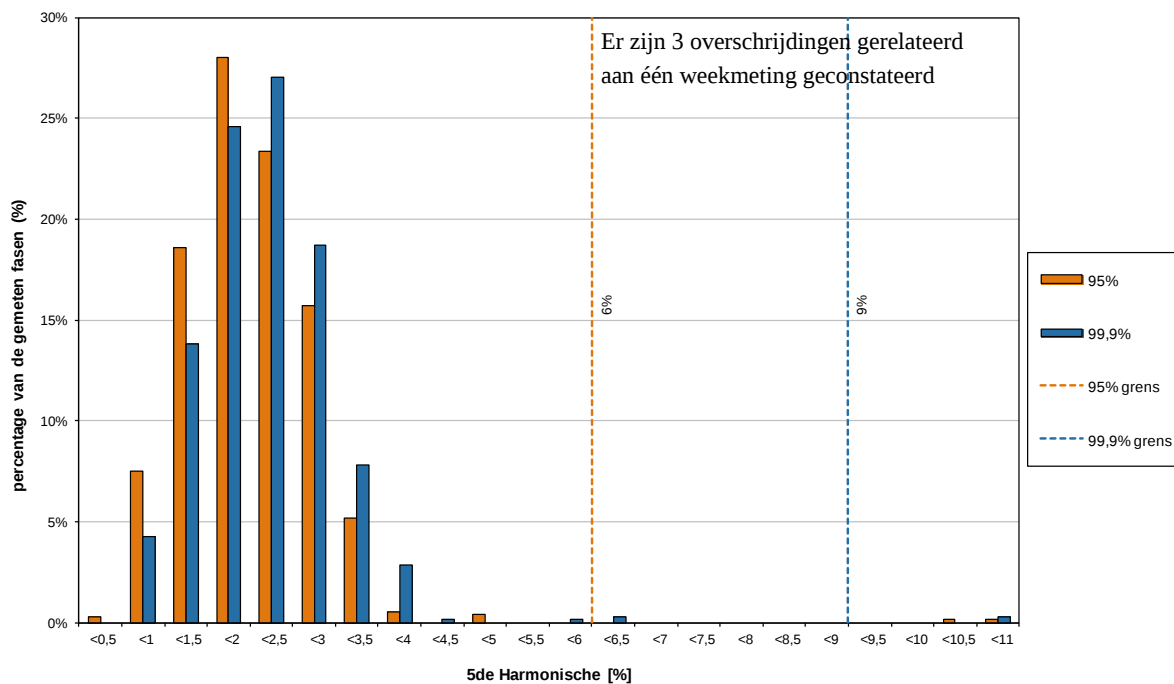
Figuur A2: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak



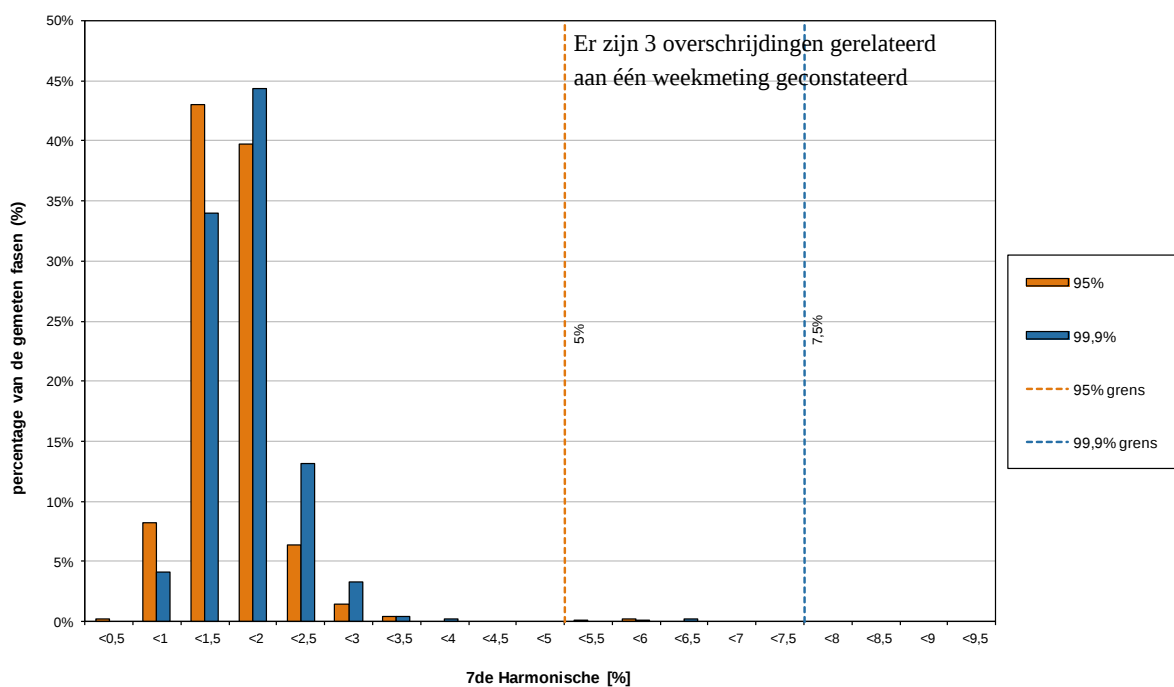
Figuur A3: Asymmetrie LS-netvlak



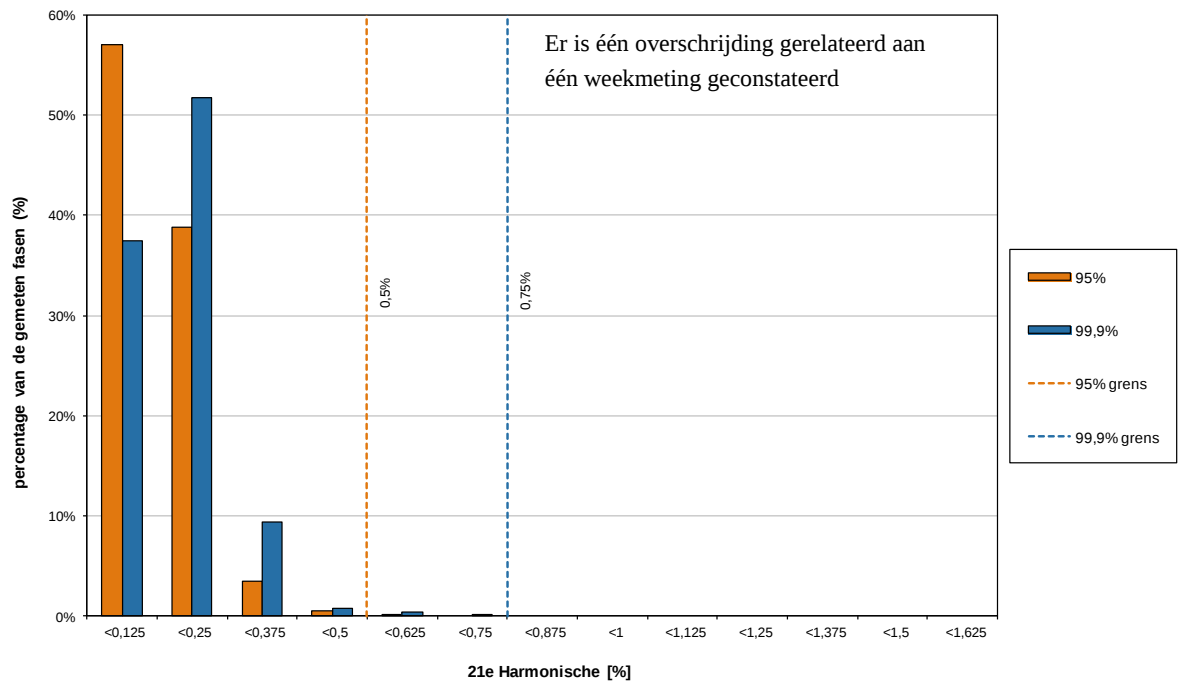
Figuur A4: Totale harmonische vervorming LS-netvlak



Figuur A5: 5^e harmonische LS-netvlak

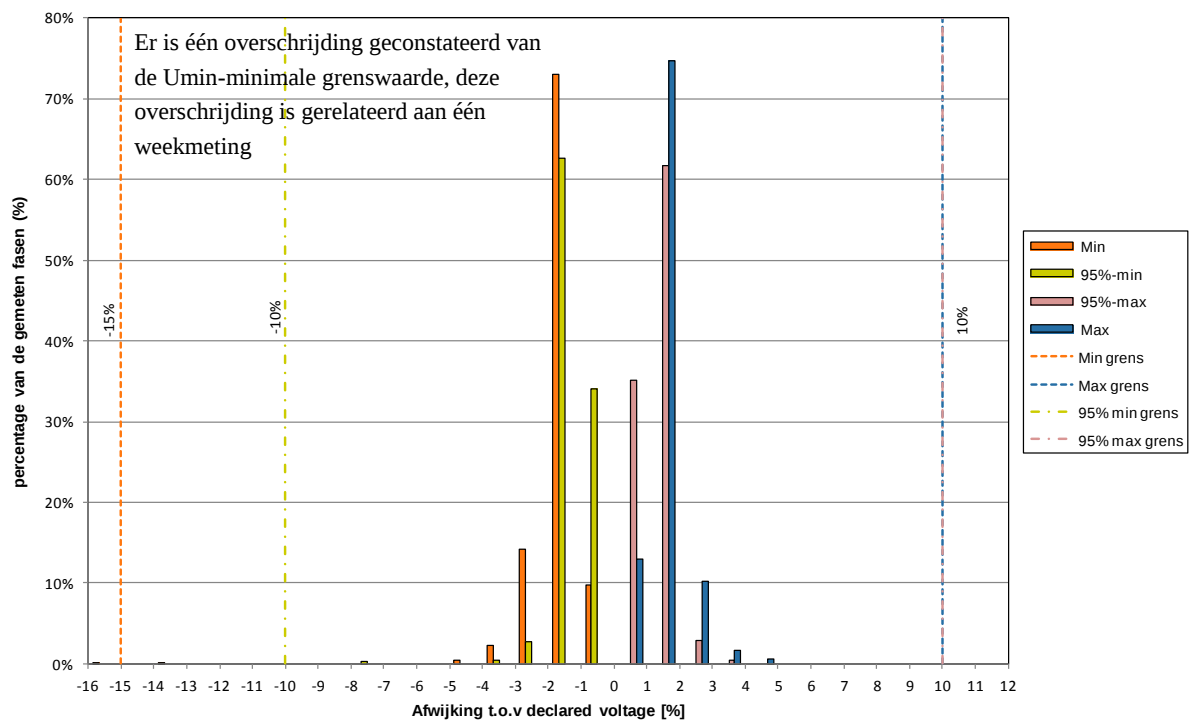


Figuur A6: 7^e harmonische LS-netvlak

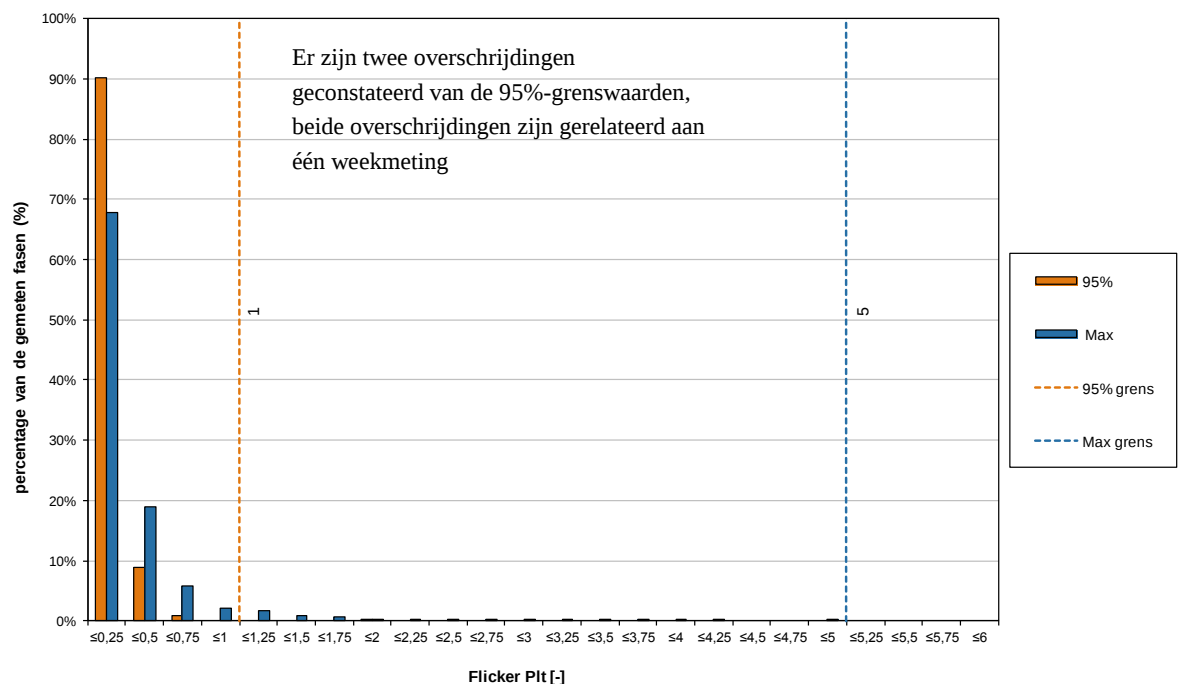


Figuur A7: 21^e harmonische LS-netvlak

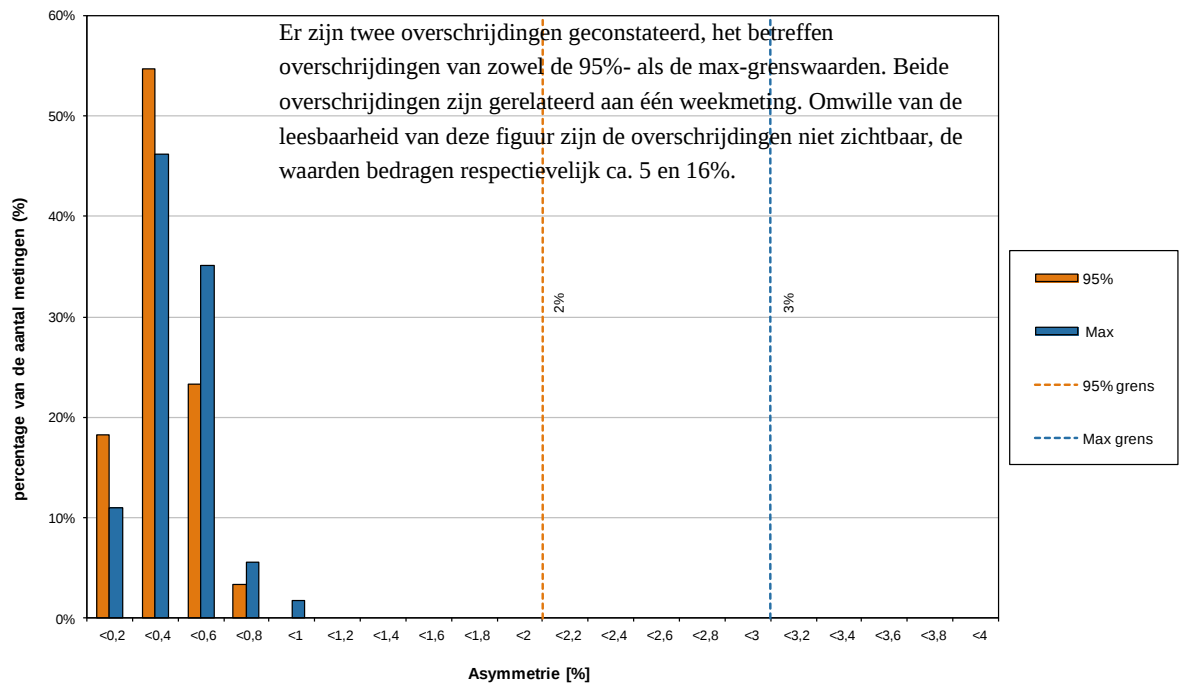
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak



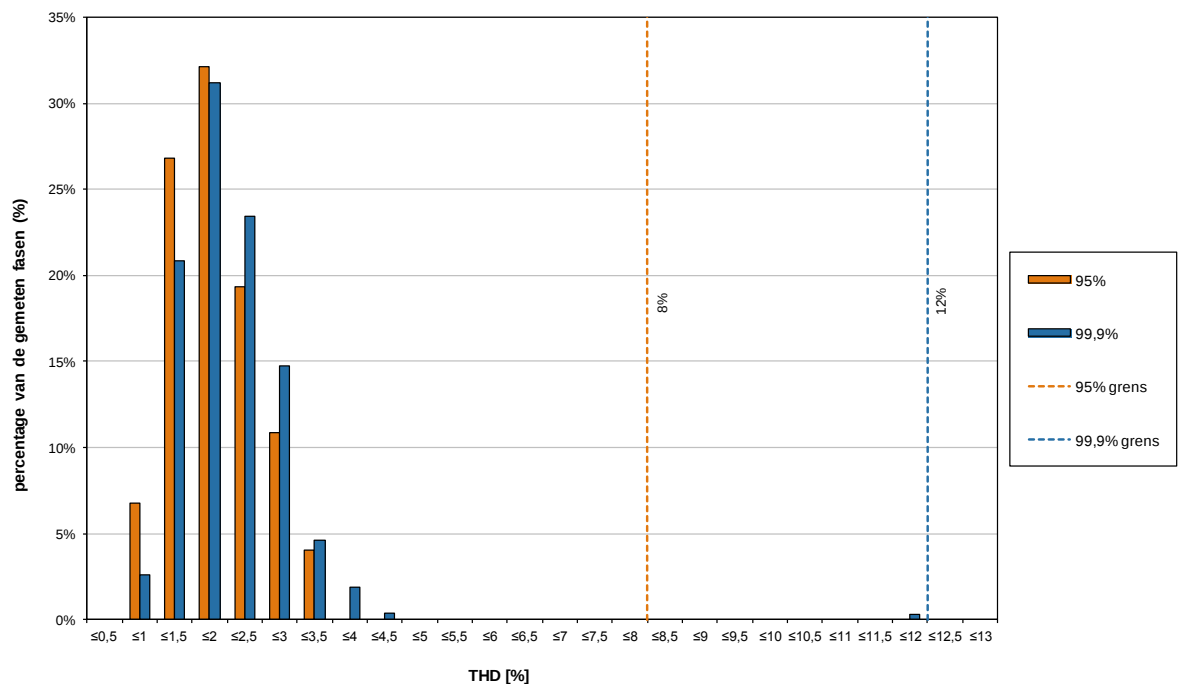
Figuur B1: Langzame spanningsvariatie MS-netvlak



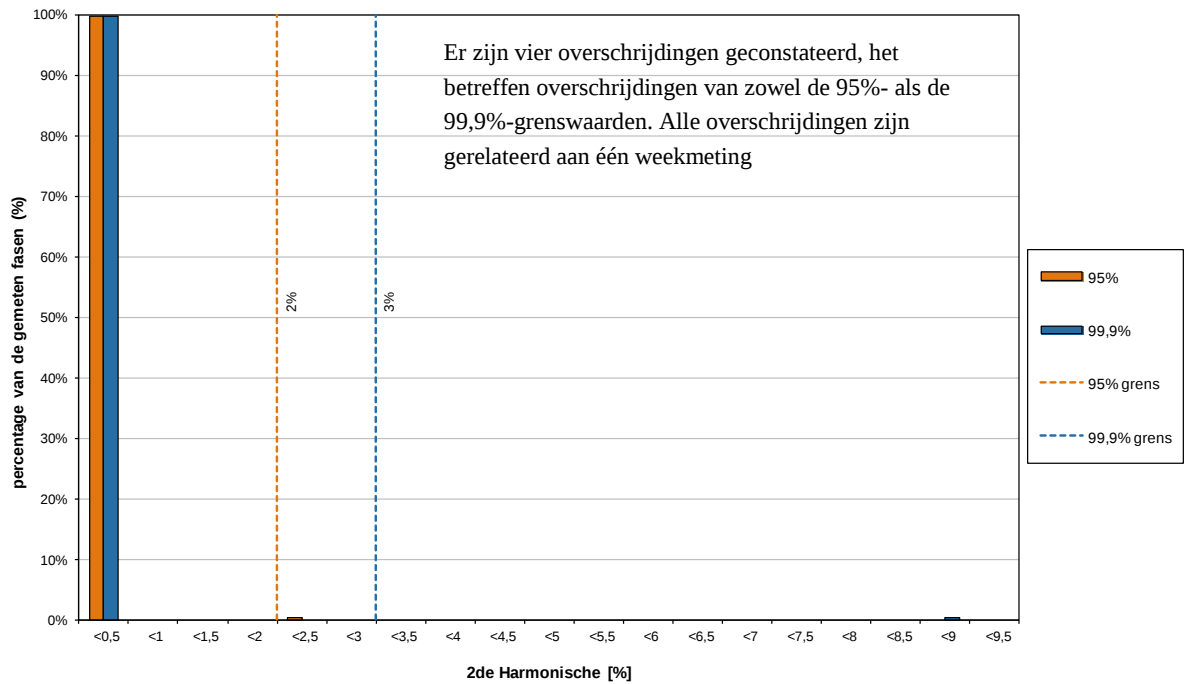
Figuur B2: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak



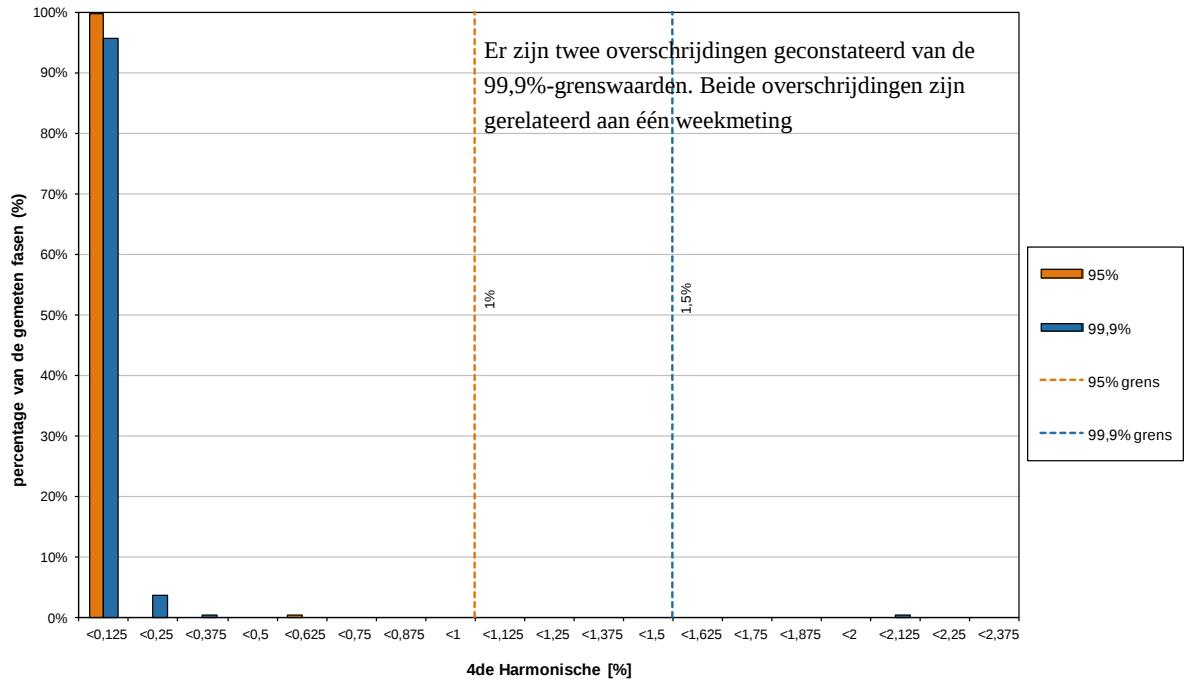
Figuur B3: Asymmetrie MS-netvlak



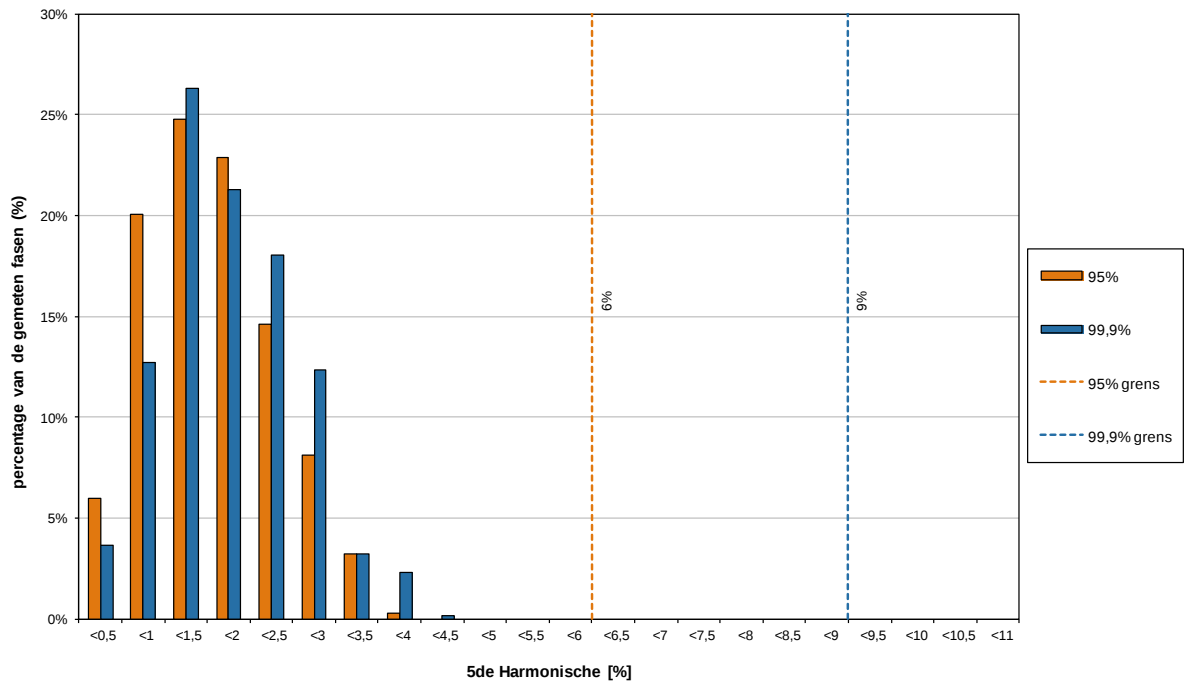
Figuur B4: Totale harmonische vervorming MS-netvlak



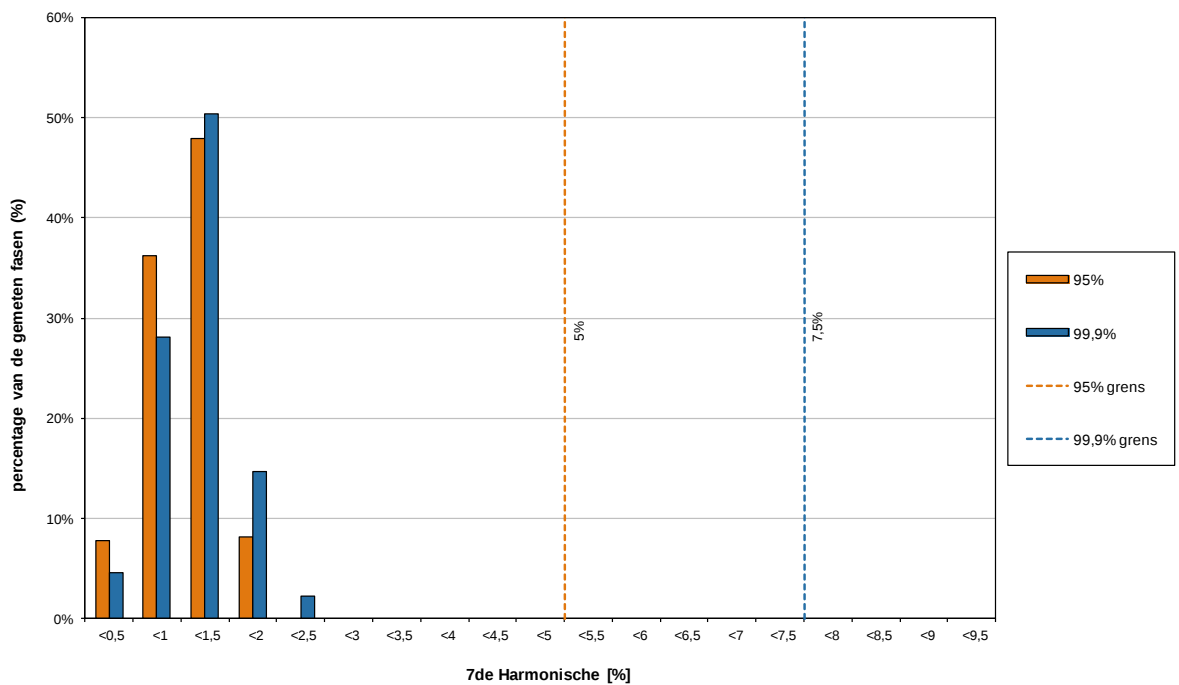
Figuur B5: 2^e harmonische MS-netvlak



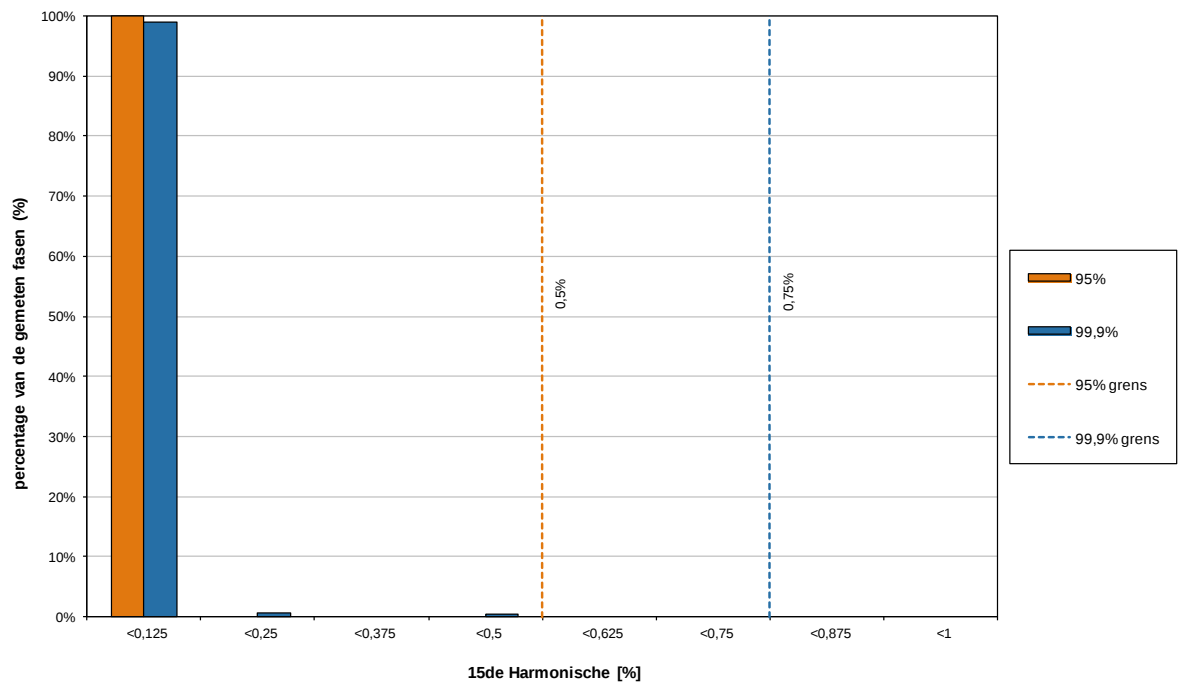
Figuur B6: 4^e harmonische MS-netvlak



Figuur B7: 5^e harmonische MS-netvlak

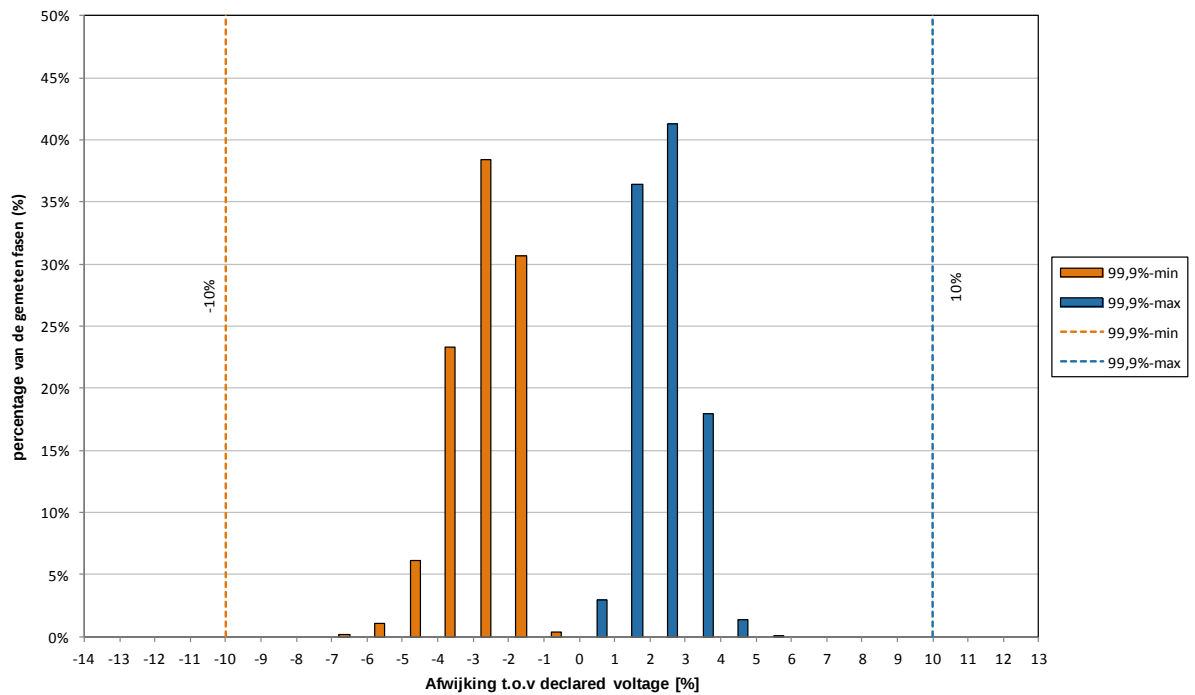


Figuur B8: 7^e harmonische MS-netvlak

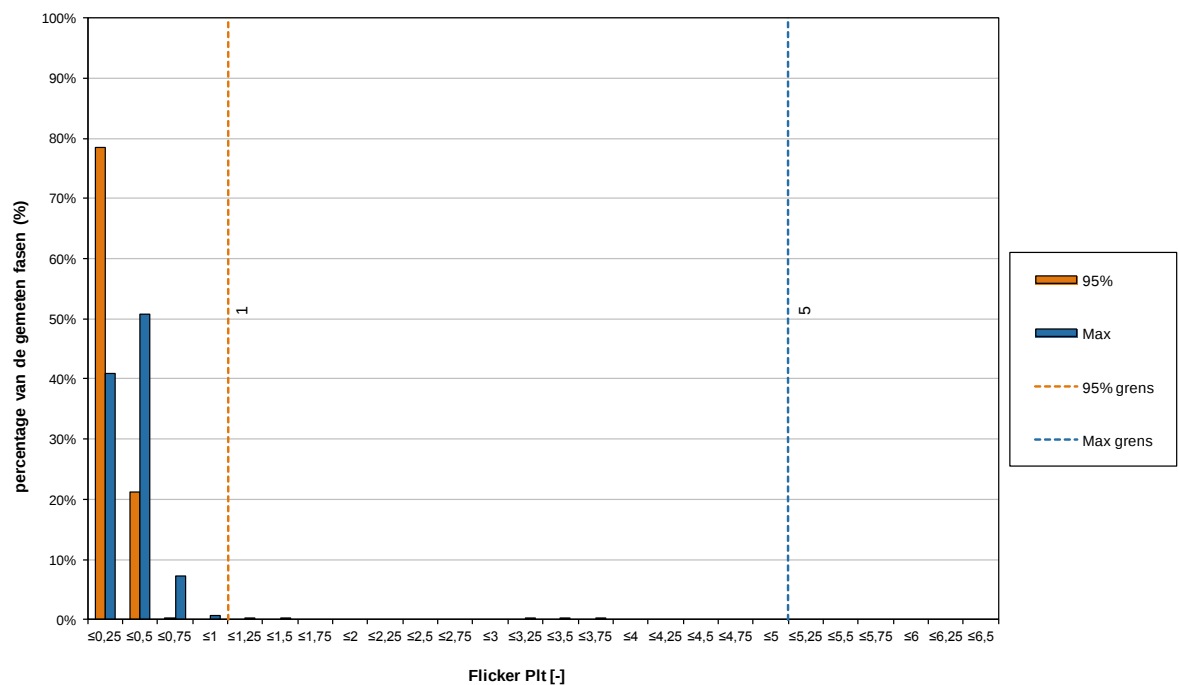


Figuur B9: 15^e harmonische MS-netvlak

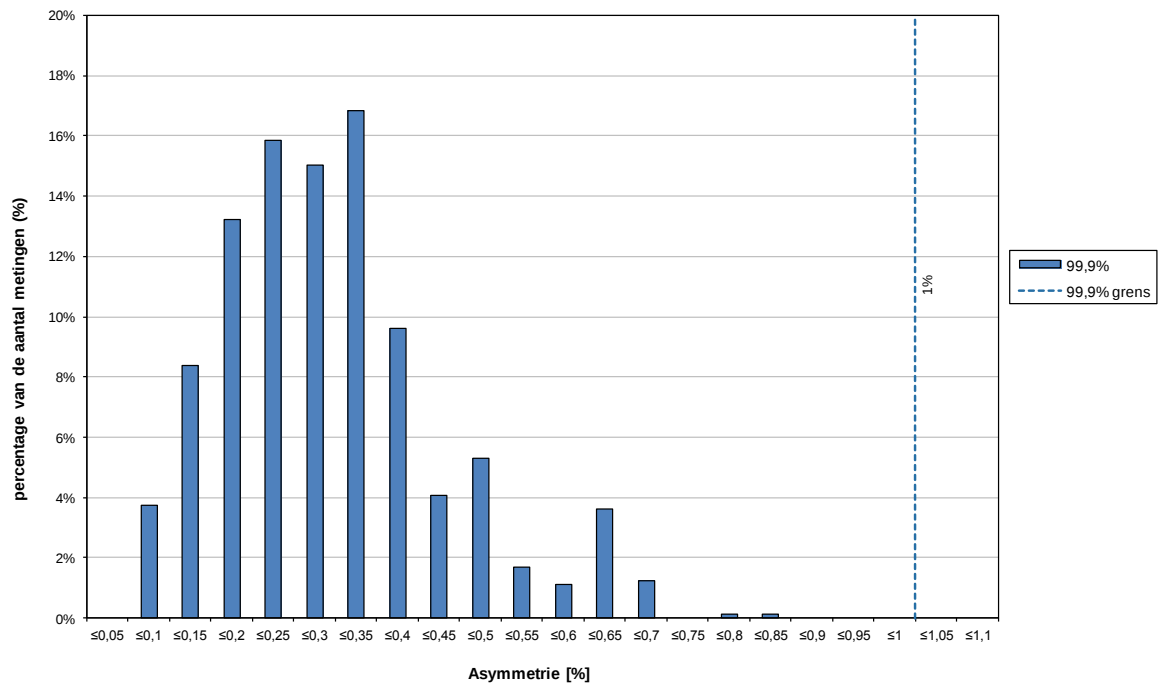
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak



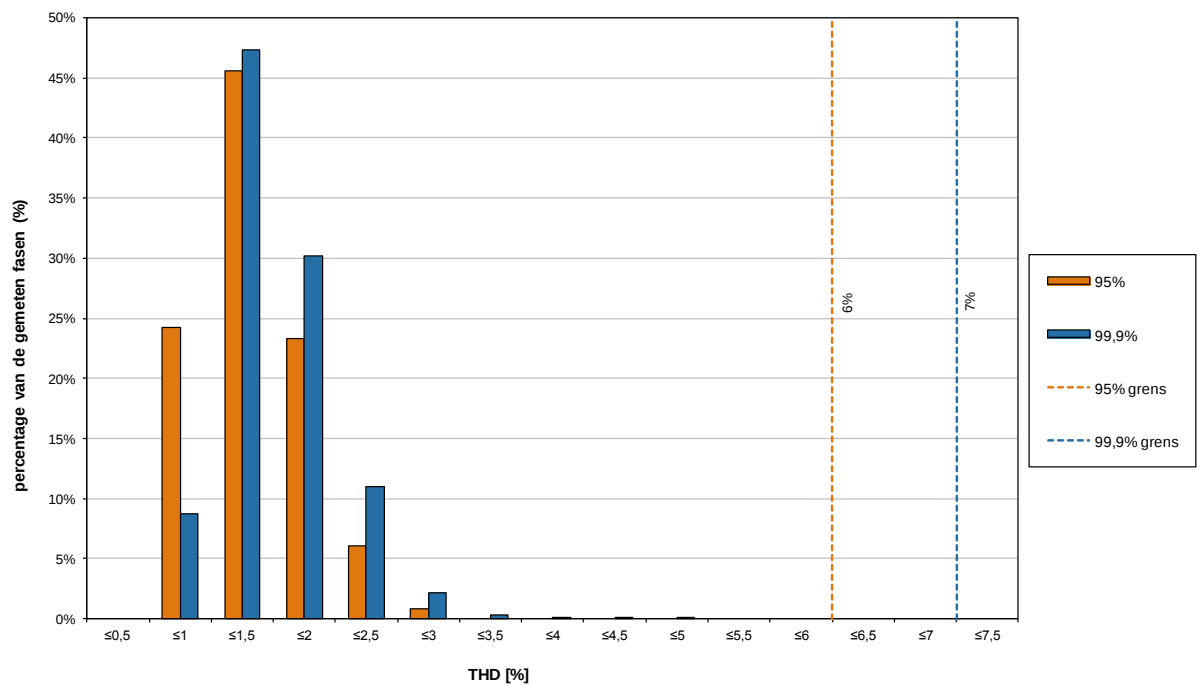
Figuur C1: Langzame spanningsvariatie HS-netvlak



Figuur C2: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak

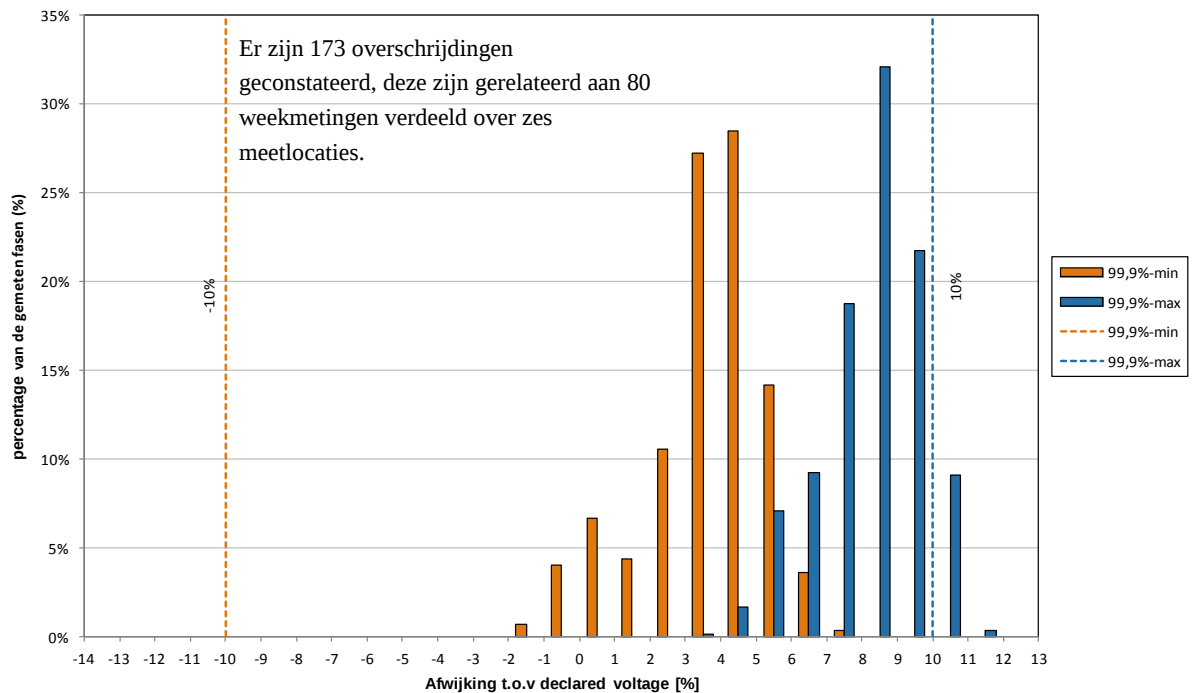


Figuur C3: Asymmetrie HS-netvlak

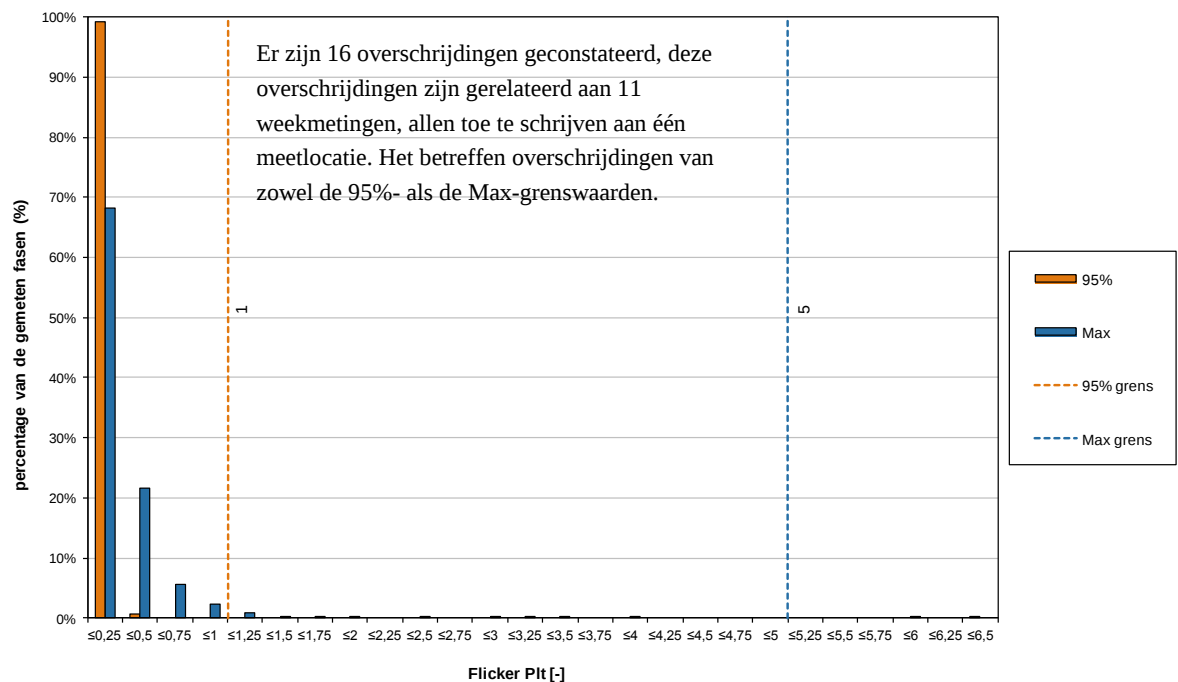


Figuur C4: Totale harmonische vervorming HS-netvlak

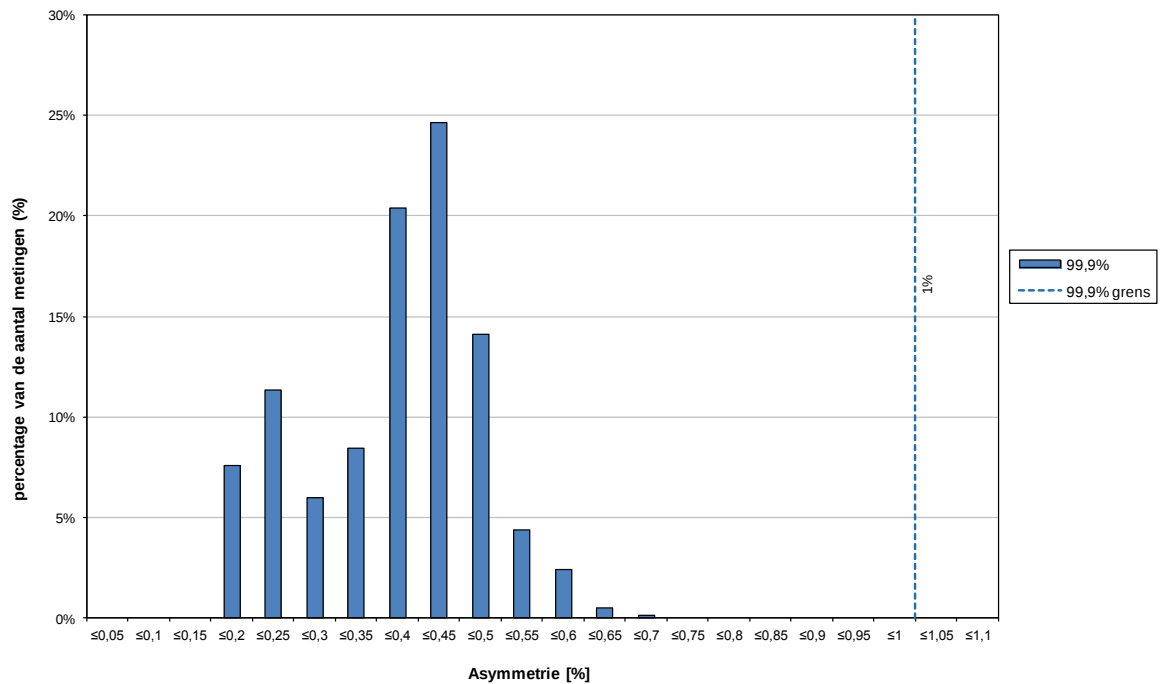
Bijlage D: Meetresultaten extra hoogspanningsnetvlak



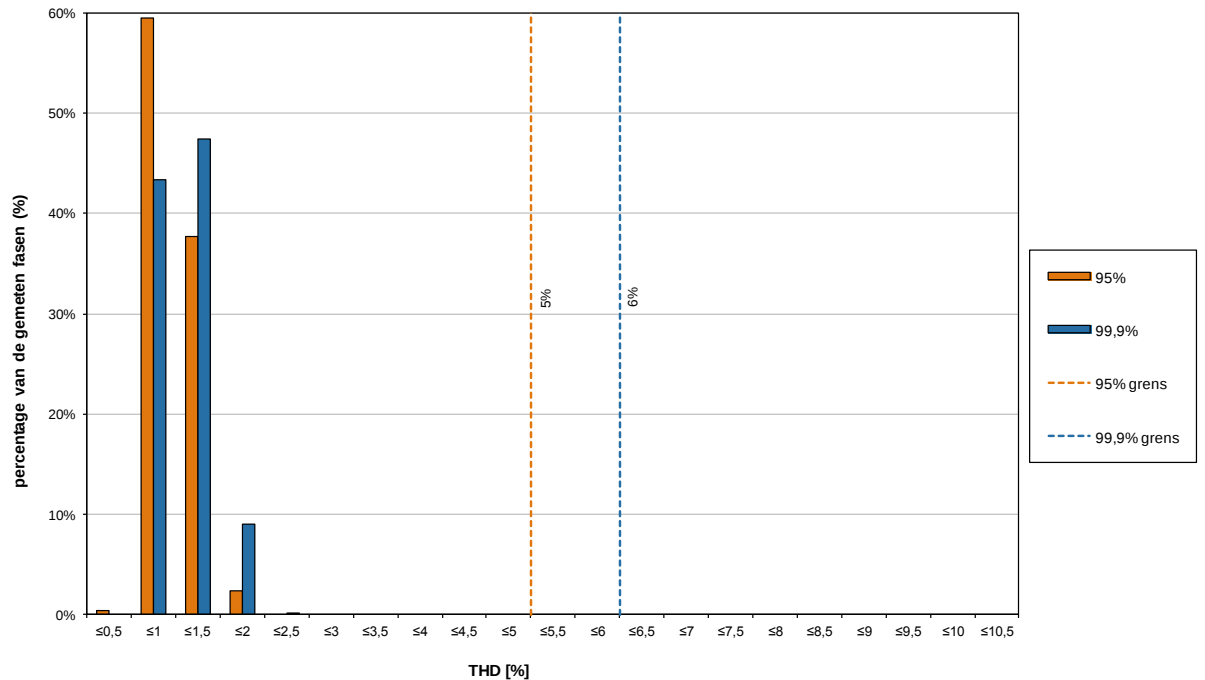
Figuur D1: Langzame spanningsvariatie EHS-netvlak



Figuur D2: Snelle spanningsvariatie EHS-netvlak



Figuur D3: Asymmetrie EHS-netvlak



Figuur D4: Totale harmonische vervorming EHS-netvlak

Bijlage E: Toelichting overschrijdingen

E1: Overschrijdingen snelle spanningsvariatie LS-netvlak				
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)			
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (95%- en 100-grenswaarden)			
Aantal metingen	3			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	Meting 1	25-11-2014	02-12-2014	
	Meting 2	01-07-2014	08-07-2014	
	Meting 3	05-09-2014	12-09-2014	
Grenswaarde	Plt - 95%	1		
	Plt - 100%	5		
Toetswaarden		<u>95%-toetswaarden</u>		
	Meting 3	1,57	-	-
		<u>100%-toetswaarden</u>		
	Meting 1	7,80	7,80	7,75
	Meting 2	6,84	7,71	7,72

Beschrijving

Op drie meetlocaties is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie. De overschrijdingen hebben verdeeld over het jaar plaatsgevonden en zijn niet in een specifiek deel van het land opgetreden. Bij een tweetal metingen zijn overschrijdingen opgetreden van de maximale grenswaarde en bij één meting betreft het een overschrijding van de 95%-grenswaarde.

Oorzaak

Uit nader onderzoek van meting 1 blijkt dat door tijdelijke sloop- en bouwwerkzaamheden er snelle vermogensfluctuaties ontstaan die snelle spanningsvariates als gevolg hebben. Bij meting 2 is de oorzaak van de overschrijding van de snelle spanningsvariatie vooralsnog onbekend. Bij meting 3 is de oorzaak als volgt: Een PV-installatie van een klant waarvan de omvormers zijn aangesloten op één fase veroorzaakt snelle vermogensfluctuaties wat resulteert in een verhoogde flikker waarden op de betreffende fase.

Oplossing

De verhoogde flikker waarden die bij meting 1 zijn geconstateerd zijn hoogstwaarschijnlijk van tijdelijke aard i.v.m. de sloop- en bouwwerkzaamheden. Van meting 2 is de oorzaak van de overschrijdingen onbekend, er is nog geen oplossing voor de overschrijdingen. Bij meting 3 worden de snelle spanningsvariates veroorzaakt door de aangeslotene, de betreffende netbeheerder heeft de klant verzocht zijn installatie aan te passen.

E2: Overschrijdingen individuele harmonischen LS-netvlak			
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)		
Kenmerk	Individuele harmonischen (95%- en 99,9-grenswaarden)		
Aantal metingen	1		
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>
	Meting 1	19-06-2014	26-06-2014
Grenswaarde	H5 - 95% 6% H5 - 99,9% 9% H7 - 95% 5% H21 - 95% 0,5% <i>Er zijn bij deze meting tevens overschrijdingen geconstateerd t.a.v. de 15^e harmonische, voor een toelichting op deze overschrijdingen zie toelichting E3 - Overschrijdingen 15^e harmonische.</i>		
Toetswaarden	<u>95%-toetswaarden 5^e harmonische</u> Meting 1 10,57 11,08 10,46 <u>99,9%-toetswaarden 5e harmonische</u> Meting 1 10,94 11,57 10,90 <u>95%-toetswaarden 7e harmonische</u> Meting 1 5,71 5,19 5,57 <u>95%-toetswaarden 21e harmonische</u> Meting 1 0,57 - -		

Beschrijving

Bij deze laagspanningsmeting zijn er overschrijdingen geconstateerd t.a.v. een aantal individuele harmonischen, namelijk de 5^e, 7^e 15^e en 21^e harmonische. Het betreft overschrijdingen van de 95%-grenswaarden en bij de 5^e en 15^e harmonische ook de 99,9%-grenswaarden.

Oorzaak

Uit nader onderzoek in de vorm van een hermeting op dezelfde locatie als de eerste meting, blijkt dat de betreffende harmonische spanningen niet meer (significant) aanwezig zijn. De oorzaak van de (tijdelijk) hogere harmonische spanningen is onbekend.

Oplossing

Geen nadere oplossing bekend.

E3: Overschrijdingen 15e harmonische LS-netvlak				
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)			
Kenmerk	15e harmonische			
Aantal metingen	38 stuks			
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>	
	Meting 1	17-04-2014	24-04-2014	
	Meting 2	07-03-2014	14-03-2014	
	Meting 3	07-03-2014	14-03-2014	
	Meting 4	18-03-2014	25-03-2014	
	Meting 5	09-05-2014	16-05-2014	
	Meting 6	25-06-2014	02-07-2014	
	Meting 7	05-05-2014	12-05-2014	
	Meting 8	02-05-2014	09-05-2014	
	Meting 9	05-06-2014	12-06-2014	
	Meting 10	02-10-2014	09-10-2014	
	Meting 11	14-10-2014	21-10-2014	
	Meting 12	13-11-2014	20-11-2014	
	Meting 13	21-11-2014	28-11-2014	
	Meting 14	09-12-2014	16-12-2014	
	Meting 15	16-01-2014	23-01-2014	
	Meting 16	03-02-2014	10-02-2014	
	Meting 17	01-04-2014	08-04-2014	
	Meting 18	04-03-2014	11-03-2014	
	Meting 19	01-04-2014	08-04-2014	
	Meting 20	01-05-2014	08-05-2014	
	Meting 21	01-05-2014	08-05-2014	
	Meting 22	24-06-2014	01-07-2014	
	Meting 23	19-06-2014	26-06-2014	
	Meting 24	19-07-2014	26-07-2014	
	Meting 25	11-08-2014	18-08-2014	
	Meting 26	01-08-2014	08-08-2014	
	Meting 27	01-10-2014	08-10-2014	
	Meting 28	01-10-2014	08-10-2014	
	Meting 29	01-11-2014	08-11-2014	
	Meting 30	01-11-2014	08-11-2014	
	Meting 31	05-11-2014	12-11-2014	
	Meting 32	03-12-2014	10-12-2014	
	Meting 33	08-12-2014	15-12-2014	
	Meting 34	25-02-2014	04-03-2014	
	Meting 35	10-12-2014	17-12-2014	
	Meting 36	03-03-2014	10-03-2014	
	Meting 37	28-05-2014	04-06-2014	
	Meting 38	20-10-2014	27-10-2014	
Grenswaarden	H15 - 95%	0,5		
	H15 - 99,9%	0,75		
Toetswaarden per fase	<u>95%-toetswaarden</u>			
	Meting 1	-	0,55	-
	Meting 2	0,59	0,56	-
	Meting 3	0,55	0,64	-

	Meting 4	-	0,56	-
	Meting 5	0,53	-	-
	Meting 6	0,52	-	-
	Meting 7	0,62	0,67	0,68
	Meting 8	0,50	0,51	-
	Meting 9	0,53	-	-
	Meting 10	0,5	0,57	0,53
	Meting 11	-	-	0,57
	Meting 12	0,62	-	0,76
	Meting 13	0,66	0,64	0,73
	Meting 14	0,56	-	-
	Meting 15	-	0,51	0,57
	Meting 16	-	-	0,50
	Meting 17	0,55	-	-
	Meting 18	0,52	0,54	0,67
	Meting 19	-	0,50	-
	Meting 20	0,51	-	-
	Meting 21	0,51	0,57	0,57
	Meting 22	-	0,51	-
	Meting 23	1,36	1,34	1,28
	Meting 24	0,55	0,61	-
	Meting 25	0,58	0,51	0,54
	Meting 26	-	0,56	-
	Meting 27	0,50	-	-
	Meting 28	-	0,60	-
	Meting 29	0,58	-	0,62
	Meting 30	0,56	0,51	-
	Meting 31	0,59	-	-
	Meting 32	0,50	-	-
	Meting 33	0,50	0,63	0,67
	Meting 34	0,51	-	-
	Meting 35	0,59	0,65	0,60
	Meting 36	0,55	0,50	-
	Meting 37	0,59	0,50	0,56
	Meting 38	0,52	0,55	0,57
		<u>99,9%-toetswaarden*</u>		
	Meting 7	-	-	0,82
	Meting 12	-	-	0,82
	Meting 13	-	0,75	0,86
	Meting 18	-	-	0,75
	Meting 23	1,53	1,49	1,42
	Meting 29	-	-	0,80
	Meting 33	-	0,80	0,82
	*Niet alle metingen hebben overschrijdingen van zowel de 95%-grenswaarde als de 99,9%-grenswaarde.			

Beschrijving

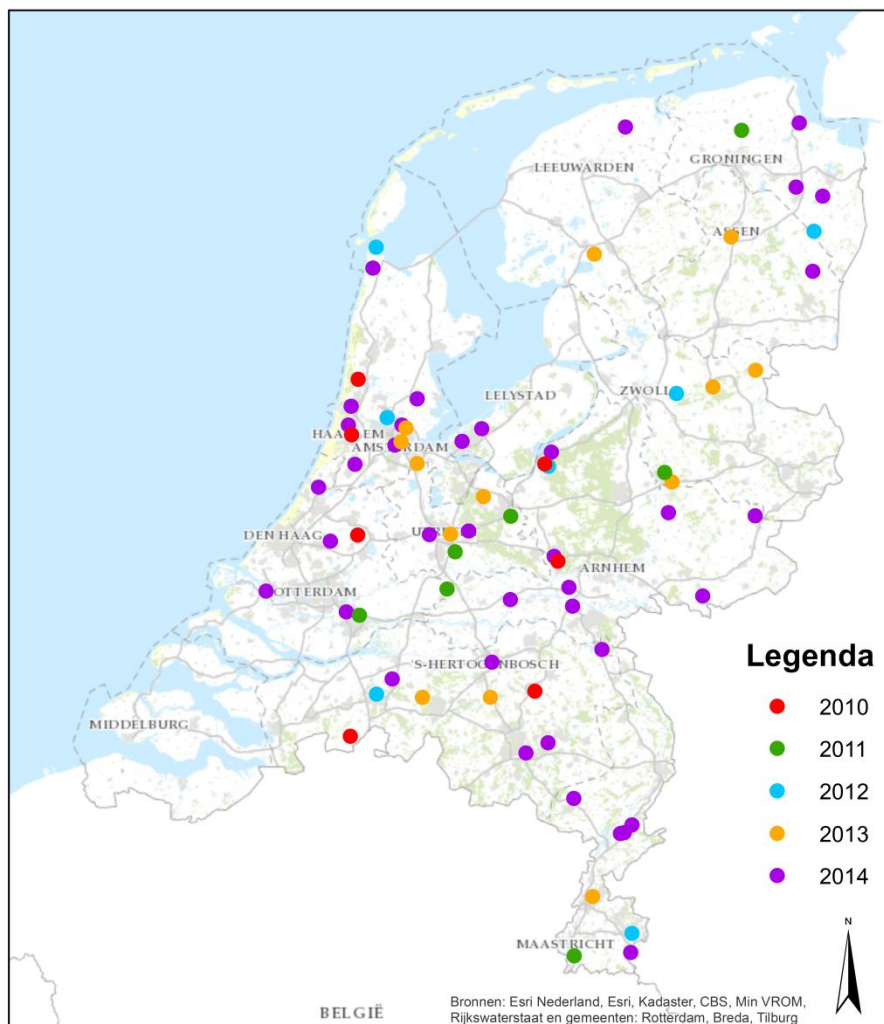
Bij 38 van de 244 geanalyseerde LS-metingen is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van de 95%-grenswaarde. Bij 7 van deze metingen is daarnaast ook de 99,9%-grenswaarde overschreden. Het aantal overschrijdingen betreft dus 16% van het aantal LS-metingen. Dit percentage ligt in lijn met voorgaande jaren (zie bijlage F).

Oorzaak

Voor zover bekend ondervinden klanten geen overlast met betrekking tot de overschrijdingen van bovengenoemde grenswaarden. Er zijn de afgelopen jaren geen klachten in relatie tot de betreffende meetlocaties ontvangen. Desondanks is de PQM-contactgroep in 2011 gestart met onderzoek naar het verschijnsel. Hieronder volgt een samenvatting van de resultaten.

Geografische spreiding

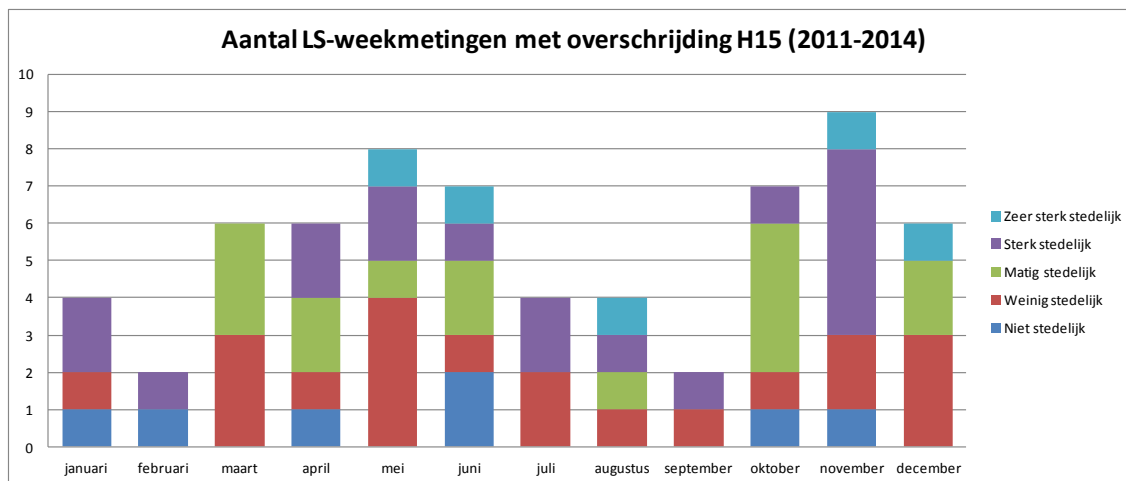
Er is een onderzoek uitgevoerd naar de geografische spreiding van de overschrijdingen. Zijn de overschrijdingen toe te schrijven aan een bepaalde regio? Uit het onderzoek blijkt dit niet het geval te zijn, zie ook figuur E1. In de afgelopen vijf jaar hebben de overschrijdingen verspreid over heel Nederland plaatsgevonden, zowel in stedelijke gebieden als op het platteland.



Figuur E1: Geografische spreiding overschrijdingen 15^e harmonische

Tijd- of seizoensgebonden

Er is onderzocht of de overschrijdingen (vooral) in een bepaald seizoen of rondom een bepaald tijdstip plaatsvinden. Dit blijkt ook niet het geval te zijn. De overschrijdingen vinden zowel in de zomer als winter plaats en zowel overdag als 's nachts. Ter informatie zijn in figuur E2 de overschrijdingen van de afgelopen vier jaar uitgezet over de verschillende kalendermaanden. Tevens is de verdeling van de mate van stedelijkheid zichtbaar gemaakt.



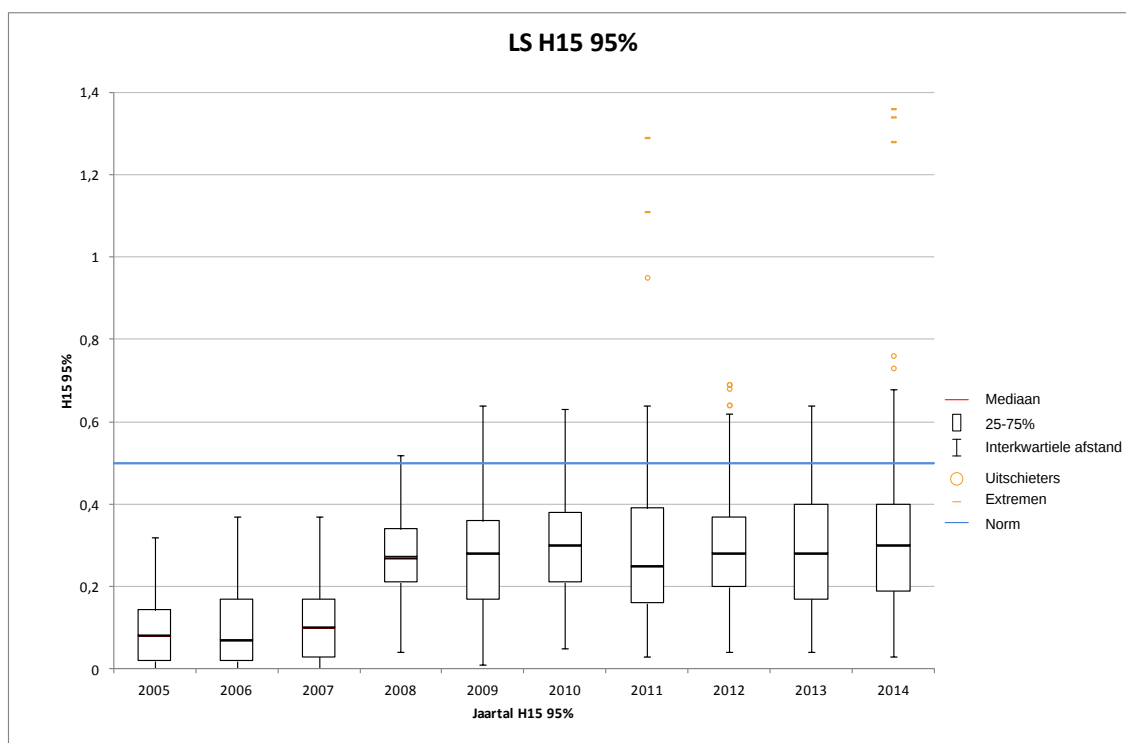
Figuur E2: Spreiding overschrijdingen 15^e harmonische over kalendermaanden

Normeisen

In 2011 is een promotieonderzoek afgerond aan de TU Eindhoven met als titel 'Power Quality Requirements and Responsibilities at the Point of Connection' [12]. Uit het onderzoek is gebleken dat er steeds meer toestellen op de markt komen, waarbij harmonischen prominent aanwezig zijn. Een belangrijk onderdeel van het onderzoek betrof de uitvoering van representatieve simulaties met betrekking tot harmonische vervuiling. Hieruit blijkt dat van alle harmonische grenswaarden alleen die van de 15^e en de 21^e worden overschreden. Eén van de verklaringen hiervoor is dat de normeisen voor de 15^e en 21^e harmonischen relatief streng zijn ten opzichte van de andere individuele harmonischen.

Trendanalyse

Uit een trendanalyse blijkt dat er tussen 2007 en 2008 een sprong heeft plaatsgevonden in de meetwaarden (zie figuur E3). Deze sprong is statistisch zeer significant. Movares heeft in 2012 onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen de trendbreuk [11] en de overstap naar een nieuw meetinstrument per 1 januari 2008. Vanaf deze datum is de Fluke 435 toegepast, voorheen werd gebruik gemaakt van de Memobox.



Figuur E3: Trendanalyse 15^e harmonische, 2005-2014

Een belangrijke conclusie uit het onderzoek is dat de Memobox bij de registratie van harmonischen gebruik maakt van een gemiddelde waarde van alle metingen binnen een 10-minuten meetinterval en de Fluke 435 van een RMS-gemiddelde. Dit leidt tot verschillen bij variërende harmonische inhoud. Daarnaast blijken er verschillende hard- en softwarematige verschillen te zijn, onder andere m.b.t. de sampling rate (specificatie Fluke: 200 kHz, specificatie Memobox: 10,25 kHz) en het gebruik van FFT filter.

Om zeker te stellen dat het nieuwe meetinstrument voldoet aan de meeteisen en onnauwkeurigheden zoals gesteld in de normen IEC 61000-4-30 [4] Class A en IEC 61000-4-7 [5], is een Statement of Compliance aangevraagd en controlemeting uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat het meetinstrument ruimschoots aan de gestelde criteria voldoet.

De onderzoeksresultaten maken het aannemelijk dat de trendbreuk is ontstaan door de overstap naar het nieuwe meetinstrument die voldoet aan de huidige normen. De Memobox voldoet niet aan de normen die op dit moment geldig zijn. De Fluke 435 is aantoonbaar beter in staat om een representatief beeld te geven van de golfvorm van het net.

Oplossing

Afgelopen jaar is verder onderzoek uitgevoerd naar eventuele trends of correlaties tussen de overschrijdingen en locatie/tijdstip/seizoen/stedelijkheid/type aangeslotene. Daarnaast is via de normcommissie Systeemaspecten van de elektriciteitsvoorziening (NEC 8) richting CEN-CENELEC (opnieuw) kenbaar gemaakt dat aanpassing van de normering (NEN-EN 50160) met betrekking tot de individuele harmonischen gewenst lijkt te zijn.

E4: Overschrijdingen diverse spanningsverschijnselen MS-netvlak			
Spanningsniveau	10 kV (middenspanning)		
Kenmerk	Langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, spanningsasymmetrie, individuele harmonischen (95%- en 99,9- en max-grenswaarden)		
Aantal metingen	1		
Meetperiode		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>
	Meting 1	10-09-2014	17-09-2014
Grenswaarde	Umin- 100%	-15%	
	Plt - 95%	1	
	Asym - 95%	2%	
	Asym - 100%	3%	
	H2 - 95%	2%	
	H2 - 99,9%	3%	
	H4 - 99,9%	1,5%	
Toetswaarden	100%-toetswaarden langzame spanningsvariatie Meting 1 - -15,64 - 95%-toetswaarden snelle spanningsvariatie Meting 1 - 1,85 1,81 95%-toetswaarden Asymmetrie Meting 1 5,06 100%-toetswaarden Asymmetrie Meting 1 15,64 95%-toetswaarden 2 ^e harmonische Meting 1 - 2,23 2,23 99,9%-toetswaarden 2 ^e harmonische Meting 1 - 8,75 8,75 99,9%-toetswaarden 4 ^e harmonische Meting 1 - 2,05 2,05		

Beschrijving

Tijdens de meetperiode van een week zijn diverse overschrijding geconstateerd, namelijk: Langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie, spanningsasymmetrie en individuele harmonischen. Het betreffen overschrijdingen van zowel 95%-, 99,9%- en max-grenswaarden.

Oorzaak

De overschrijdingen van de verschillende spanningsverschijnselen zijn het gevolg van een storing op 150kV-station Diemen.

Oplossing

De storing op het onderstation is verholpen. Structurele verbeteringen zijn niet nodig.

E5: Overschrijdingen langzame spanningsvariatie EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (extra hoogspanning)
Kenmerk	Langzame spanningsvariatie (99,9%-max)
Aantal weekmetingen	80
Aantal meetlocaties	6
Meetperiode	Verdeeld over het jaar
Grenswaarde	99,9%-max: 10%
Toetswaarden	Allen tussen de 10% en 12%

Beschrijving

In het noorden van Nederland komt het in Eemshaven (EOS, Eems-EOS Wit en Eems-EOS Zwart) regelmatig voor dat de spanning boven de toegestane waarden van 10% uit stijgt. Dit fenomeen doet zich ook voor in de regio Simonshaven/Bleiswijk/Wateringen. In 2014 is bij 80 weekmetingen een overschrijding geconstateerd. Deze overschrijdingen zijn gerelateerd aan 6 meetlocaties uit de genoemde regio's.

Oorzaak

De beschikbaarheid van het gecontracteerde blindvermogen op de productiemiddelen was enigszins hoger dan afgelopen jaren, waardoor de spanningshuishouding beter doch nog steeds moeilijk was te regelen. Met name is de beschikbaarheid van het blindvermogen laag omdat gasgestookte productiemiddelen nog niet in bedrijf zijn, of omdat centrales uit de markt worden gedrukt als gevolg het grote aanbod aan duurzame energie uit Duitsland. De spanningshuishouding was beter te regelen omdat extra blindvermogenscontracten zijn afgesloten waarmee de beschikbare blindvermogenscapaciteit werd vergroot. Verder is vastgesteld dat in Centraal West Europa (CWE) de problemen met een te hoge spanningen door meer TSO's wordt ervaren. De problematiek van een te hoge spanning is verwoord in artikel [10].

Oplossing

Om te hoge netspanningen te voorkomen is naast het inzetten van compensatiespoelen gebruik gemaakt van additionele spanningsverlagende maatregelen. Deze maatregelen zijn onder andere: het uitschakelen van circuits, het afroepen van blindvermogenscontracten onder verplichte inzet condities voor de betreffende productiemiddelen. Om de beschikbaarheid van blindvermogen te verhogen zijn compensatiespoelen aangebracht in Crayestein en Simonshaven, en zijn er investeringen in uitvoering om 750 Mvar blindvermogenscompensatie in 2016 op te stellen in het noorden van het land.

E6: Overschrijdingen snelle spanningsvariatie EHS-netvlak	
Spanningsniveau	380 kV (extra hoogspanning)
Kenmerk	Snelle spanningsvariaties (Plt-95% en Plt-max)
Aantal weekmetingen	11
Aantal meetlocaties	1
Meetperiode	Verdeeld over het jaar
Grenswaarde	Plt-95%: 1 en Plt-max: 5
Toetswaarden	Tussen de 6 en 18%

Beschrijving

Er zijn 11 overschrijdingen zijn geconstateerd. Allen zijn gerelateerd aan één meetlocatie, namelijk station Bleiswijk.

Oorzaak

Het inschakelen en respectievelijk uitschakelen van één van de circuits van de verbinding 380kV Wateringen – Bleiswijk. Er is ten gevolge van noodzakelijke werkzaamheden met de verbinding meer ingeschakeld resp. uitgeschakeld dan afgelopen jaren.

Oplossing

Het in- dan wel uitschakelen van de circuits tijdens adequate condities van het net of, indien nodig, met extra aan te brengen maatregelen. Vooralsnog zal het inschakelen respectievelijk uitschakelen zoveel mogelijk beperkt blijven.

Bijlage F: Metingen en overschrijdingen, 2005 – 2014

Tabel F1: Aantal metingen en overschrijdingen, 2005 – 2014

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal weekmetingen met overschrijding			
			Langzame spanningsvariatie	Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
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 ⁴	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
2006	LS	58	-	2	-	2
	MS	57	-	-	-	-
	HS	941	-	-	-	-
2005	LS	60	-	2	-	-
	MS	56	-	1	-	-
	HS	914	1	-	-	-

⁴ Het is voor het eerst dat 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 2014

Projectnummer RM131345

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

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

Uitgave Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.

Projectmanager Rik Luiten

Auteurs Luuk Derksen

Kenmerk RMI-LD-140016509 / Versie 1.1

Datum 23 juni 2015

Contactgegevens **Netbeheer Nederland**
Martijn Boelhouwer (woordvoerder)
Postbus 90608
2509 LP Den Haag

070 - 205 50 00
secretariaat@netbeheernederland.nl