



Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2012

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

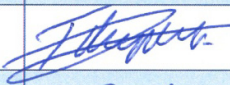
Opdrachtnemer **Movares Nederland B.V.**
Movares Energy

Kenmerk RM-ME-130208-01 / Versie 1.0

Datum Utrecht, 26 april 2013

Autorisatieblad

Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2012

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Luuk Derksen, Jeroen van Waes, Hans Wolse	LD.	24-04-2013
Controle door	Tom Bogaert		25-04-2013
Vrijgave door	Rik Luiten	RL	26-04-2013

Samenvatting

In opdracht van Netbeheer Nederland voert een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau ieder jaar 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 2012. Bij toetsing van de metingen zijn voor alle netvlakken de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningsvervorming. Aanvullend worden in het hoogspanningsnet spanningsdips en transiënten geregistreerd.

Binnen het PQM-project worden de resultaten van de landelijk uitgevoerde metingen getoetst aan de kwaliteitscriteria zoals vastgelegd in de Netcode Elektriciteit [1] en NEN-EN 50160 [2]. Beide documenten bevatten vooralsnog geen kwaliteitscriteria voor spanningsdips en transiënten. Om deze reden bevat dit rapport hieromtrent geen toetsing. Op basis van de meetresultaten wordt per netvlak een statistische uitspraak gedaan over de landelijke spanningskwaliteit.

In 2012 zijn in het laagspanningsnetvlak 57 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Bij 8 van deze weekmetingen is een overschrijding van de norm geconstateerd. Bij 7 weekmetingen gaat het om een overschrijding ten aanzien van de 15^e harmonische. Bij één van de weekmetingen is daarnaast ook ten aanzien van snelle spanningsvariatie een overschrijding geconstateerd. Bij geen van de meetlocaties is een te lage spanning gemeten. Wanneer de resultaten van de metingen in het laagspanningsnetvlak statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat tussen de 76% en 93% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het middenspanningsnetvlak zijn 60 bruikbare weekmetingen uitgevoerd in 2012. Bij een tweetal weekmetingen is een overschrijding geconstateerd. De overschrijdingen betroffen de spanningsverschijnselen snelle spanningsvariatie en harmonische spanningsvervorming. Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat tussen de 90% en 99% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het hoogspanningsnetvlak is in 2012 op 20 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. Bij analyse van deze continue metingen zijn geen overschrijdingen geconstateerd. Wanneer de resultaten statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat van de klantaansluitingen in het hoogspanningsnetvlak tussen 99,6% en 100% van alle weekmetingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het extra hoogspanningsnetvlak is in 2012 bij alle klanten continu de spanningskwaliteit bewaakt. Het gaat hierbij om 12 meetlocaties. Bij analyse van de metingen zijn overschrijdingen met betrekking tot snelle en langzame spanningsvariëaties geconstateerd. De overschrijdingen betreffen circa 6% van de weekmetingen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding	4
2 Bewaakte spanningsverschijnselen	6
2.1 Langzame spanningsvariatie	6
2.2 Snelle spanningsvariatie	6
2.3 Spanningsasymmetrie	7
2.4 Harmonische vervorming	7
2.5 Spanningsdips	8
3 Spanningskwaliteit in 2012	9
3.1 Weekmetingen en overschrijdingen	9
3.2 Laagspanningsnetvlak	10
3.3 Middenspanningsnetvlak	10
3.4 Hoogspanningsnetvlak	11
3.5 Extra hoogspanningsnetvlak	14
4 Trendanalyse	17
4.1 Snelle spanningsvariatie	17
4.2 Asymmetrie	20
4.3 Totale harmonische vervorming	23
5 Ontwikkelingen Power Quality Monitoring	26
Referenties	28
Bijlagen	29
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	30
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	34
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	39
Bijlage D: Toelichting overschrijdingen	42
Bijlage E: Aantal metingen en overschrijdingen, 2002 – 2012	48
Bijlage F: Meetresultaten EHS-netvlak	49
Colofon	54

1 Inleiding

In opdracht van Netbeheer Nederland voert een onafhankelijk advies- en ingenieursbureau ieder jaar 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 2012. 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 spanningsvariaties, snelle spanningsvariaties (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningen. Aanvullend worden in het hoogspanningnet spanningsdips en transiënten¹ geregistreerd.

Het is voor het eerst dit jaar dat de rapportage voor het extra hoogspanningsnet is geïntegreerd in onderliggend rapport. Dit jaar is de inhoud nog door TenneT zelf samengesteld. Vanaf volgend jaar zal dit door een onafhankelijk adviesbureau gebeuren.

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 kV².

Zowel de betrouwbaarheid als de spanningskwaliteit van de elektriciteitsvoorziening worden door de Nederlandse netbeheerders bewaakt. Het PQM-project richt zich specifiek op de spanningskwaliteit van de elektriciteitsvoorziening. Over de betrouwbaarheid (voorzien en onvoorzien niet-beschikbaarheid) van de elektriciteitsnetten wordt door de netbeheerders gerapporteerd in het rapport “Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland”. Dit onderwerp valt buiten de scope van het PQM-project.

¹ 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.

² De metingen in de 220 kV en 380 kV netten worden uitgevoerd en gerapporteerd door TenneT. Vanaf volgend jaar zal dit door een onafhankelijk adviesbureau gebeuren.

Voor het PQM-project vindt ieder jaar in zowel het laag- als middenspanningsnetvlak een aselechte trekking plaats uit EAN-codes. Er worden per netvlak 60 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 gebied aanwezig is, wordt waar mogelijk in de buurt 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, zodat de invloed van eventuele seizoenseffecten op de totale meetresultaten wordt voorkomen. Op basis van de meetresultaten wordt een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van de Nederlandse laag- en middenspanningsnetvlakken, vertaald naar landelijke proporties.

In het (extra) hoogspanningsnetvlak wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem. De evaluatie van de metingen is per week. Op basis van de meetresultaten wordt in het HS-net 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 klanten wordt gemeten.

De trekking, analyse 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 Power Quality Monitoring. Dit handboek is mede door de contactgroep spanningskwaliteit samengesteld.

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 2012. 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 flicker), spanningsasymmetrie, harmonische spanningen 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. Voorbeeld hiervan is het plaatsen van decentrale opwekeenheden zoals dieselgeneratoren, zonnepanelen, windmolens en warmtekrachtkoppelingen.

2.2 Snelle spanningsvariatie

Snelle spanningsvariatie kan leiden tot zogenaamde “flicker”. Flicker is een verschijnsel dat resulteert in zichtbare snelle veranderingen van de lichtintensiteit van elektrische verlichting. De mate waarin flicker doorwerkt op de lichtintensiteit hangt mede af van de gebruikte verlichtingstechniek. Flicker leidt in principe niet tot schade aan apparatuur, maar kan wel zorgen voor irritatie bij mensen, bijvoorbeeld tijdens het lezen. De ernst van flicker wordt uitgedrukt in P_{lt} (long term flicker severity). Het flickerniveau 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 flickerproblemen. 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 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 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 levensduurverkortung. 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 wietelers vaak voor (tijdelijke) asymmetrie.

Asymmetrie kan worden opgelost door belastingen beter te verdelen over de fasen. Ook kan het plaatsen van een nulpunttransformator 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, uitval van elektronische apparatuur en overbelasting van nulgeleiders. 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 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 dips kunnen motoren tot stilstand komen.

Spanningsdips worden ondermeer 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 2012

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de spanningskwaliteitsmetingen die in 2012 zijn uitgevoerd. Bij toetsing van de metingen zijn voor de netvlakken laag-, midden- en hoogspanning de volgende spanningsverschijnselen beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningsvervorming. Specifiek voor het (extra) hoogspanningsnetvlak worden aanvullend de geregistreerde spanningsdips gepresenteerd.

3.1 Weekmetingen en overschrijdingen

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de power quality metingen die in 2012 binnen het PQM-project zijn gepland en uitgevoerd. Met het 'gepland' wordt bedoeld op het aantal weekmetingen dat volgt uit de steekproef. Voor het laag- en middenspanningsnetvlak zijn dit er 60. Binnen het hoogspanningsnetvlak zijn er in totaal 1040 weekmetingen (52 weken x 20 meetlocaties) gepland. Bij extra hoogspanning worden in totaal 624 weekmetingen gepland (52 weken x 12 meetlocaties).

In de praktijk wordt het geplande aantal metingen vaak niet gehaald, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan geplande onderbrekingen (onderhoud), kalibraties, communicatieproblemen of storingen.

Tabel 3.1: Geplande en bruikbare weekmetingen

Categorie	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning	Extra Hoogspanning
Gepland	60	60	1040	624
Bruikbaar	57	60	966	516
Gestart in juiste maand	50	55	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 3.2 bevat het aantal weekmetingen met overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode voor het jaar 2012. Bijlage D van dit rapport bevat een overzicht van de geregistreerde overschrijdingen van de afgelopen tien jaar. Zowel de Netcode Elektriciteit als de NEN-EN 50160 bevatten geen kwaliteitscriteria ten aanzien van spanningsdips. Spanningsdips zijn in 2012 geregistreerd op alle 20 meetlocaties in het hoogspanningsnetvlak, en op 12 locaties op het EHS-netvlak.

Sinds 2006 worden de meetresultaten uit tabel 3.2 statistisch vertaald naar landelijke proporties. De vertaling resulteert in een interval dat betrekking heeft op het percentage aangeslotenen dat binnen een netvlak aan de gestelde kwaliteitseisen voldoet. De betrouwbaarheid van de uitspraak bedraagt 90%.

Tabel 3.2: Aantal weekmetingen met overschrijdingen

	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning	Extra Hoogspanning
Langzame spanningsvariatie	-	-	-	25
Snelle spanningsvariatie (flicker P_{lt})	1	1	-	4
Asymmetrie	-	-	-	-
Harmonische spanningsvervorming	7	1	-	-

3.2 Laagspanningsnetvlak

In 57 geanalyseerde weekmetingen van 2012 zijn bij acht weekmetingen overschrijdingen geconstateerd. Tijdens één weekmeting is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van snelle spanningsvariatie. Daarnaast zijn in 2012 tijdens zeven andere weekmetingen overschrijdingen van de grenswaarde van de 15^e harmonische spanning geconstateerd. Zie bijlage A voor meer informatie.

In bijlage D geven de netbeheerders een nadere toelichting op de overschrijdingen. Opgemerkt wordt dat de klanten voor zover bekend geen overlast met betrekking tot de overschrijdingen hebben ondervonden. Er zijn geen klachten ontvangen. Uit diverse onderzoeken naar de spreiding in tijdstip, seizoen en locatie zijn geen duidelijke aanknopingspunten gevonden met betrekking tot een mogelijke oorzaak van de aanwezigheid van de 15^e harmonische. Wel kan worden gesteld dat er steeds meer toestellen op de markt komen waarbij harmonischen stromen prominent aanwezig zijn.

Een trendanalyse van de 15^e harmonische toont aan dat er tussen 2007 en 2008 een sprong heeft plaatsgevonden in de meetwaarden. Deze sprong is statistisch significant en lijkt niet alleen verklaard te kunnen worden door een toename aan vervuilende apparatuur in het net. Uit onderzoek is gebleken dat deze sprong kan worden verklaard door de wijziging van het meetinstrument. Door verandering van normering is destijds overgestapt naar nauwkeuriger meetapparatuur. Op het moment van schrijven wordt nader onderzoek gedaan naar de oorzaak van de 15^e harmonische evenals de juistheid van de huidige normering.

Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat in 2012 in het laagspanningsnetvlak tussen de 76% en 93% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

3.3 Middenspanningsnetvlak

In de 60 geanalyseerde weekmetingen van 2012 zijn bij twee weekmetingen overschrijdingen geconstateerd in het middenspanningsnetvlak. De overschrijdingen betreffen de spanningsverschijnselen snelle spanningsvariatie en harmonische spanningsvervorming. In bijlage D wordt door desbetreffende netbeheerder een nadere toelichting op de overschrijding gegeven. Hieruit blijkt dat de oorzaak niet is achterhaald.

Er kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat in 2012 in het middenspanningsnetvlak tussen de 90% en 99% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. Zie bijlage B voor meer informatie.

3.4 Hoogspanningsnetvlak

In het hoogspanningsnetvlak is in 2012 op 20 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 966 weekmetingen geanalyseerd. Hierbij zijn geen overschrijdingen geconstateerd. Wanneer de resultaten statistisch vertaald worden naar landelijke proporties, kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat van de klantaansluitingen in het hoogspanningsnetvlak tussen 99,6% en 100% van alle weekmetingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. Zie bijlage C voor meer informatie.

Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel 3.3 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]. Dips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de genoemde norm aangemerkt als onderbreking en zijn in de tabel gearceerd 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.

Zoals uit tabel 3.3 kan worden afgeleid, zijn er in 2012 in totaal 232 spanningsdips geregistreerd. Verreweg het merendeel van deze dips (ruim 80%) had een duur van tussen de 10 en 200 ms. Binnen deze duurcategorie lag de restspanning van het merendeel van de spanningsdips boven de 70%. In andere woorden: de meeste dips die zijn geregistreerd hebben een relatief korte tijdsduur en beperkte spanningsdaling.

Tabel 3.3: Resultaten 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	4,65	18	0,15	1	0	0	0,05	1
	93	16	3	3	0	0	1	1
80 > u ≥ 70	2,70	24	0,35	1	0	0	0	0
	54	10	7	7	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	0,90	6	0,10	2	0	0	0	0
	18	8	2	1	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0,95	10	0,05	1	0,05	1	0,00	0
	19	4	1	1	1	1	0	0
5 > u	1,00	13	0,10	1	0,15	3	0,40	4
	20,0	4,0	2,0	2,0	3	1,0	8,0	4,0

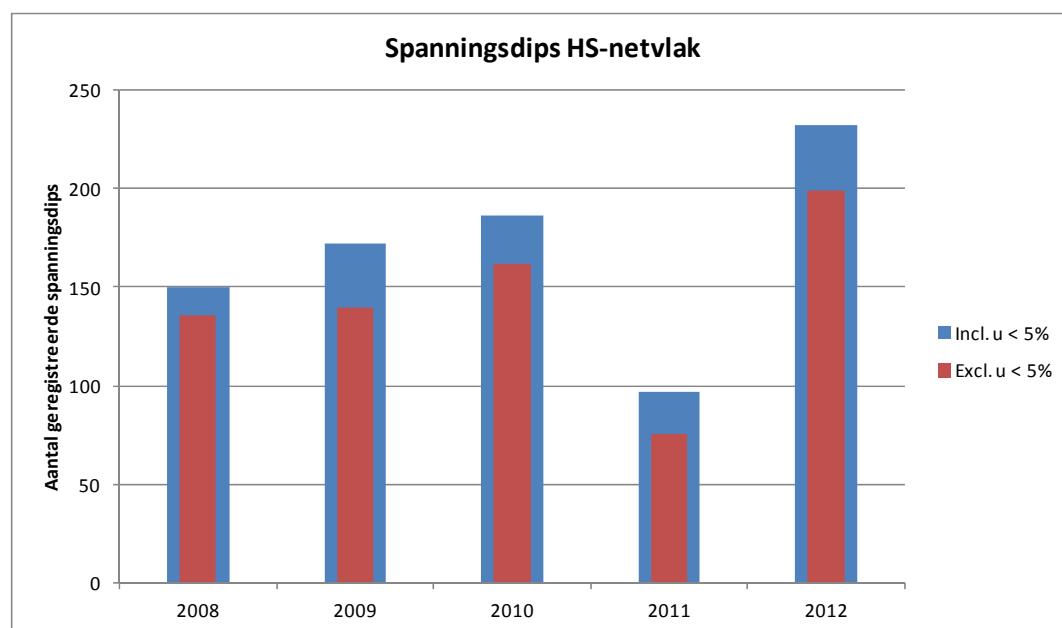
Tabel 3.4 bevat een vergelijking van het gemiddelde en totale aantal dips tussen 2011 en 2012. Om de vergelijking zuiver te houden is naast het aantal geregistreerde dips, ook het aantal dips met een correctie voor de niet bruikbare meetperioden opgenomen. Verder wordt onderscheid gemaakt in aantallen inclusief en exclusief dips met restspanning van onder de 5%.

Tabel 3.4: Samenvatting spanningsdips, 2011-2012

	2012		2011	
	Incl. u < 5%	Excl. u < 5%	Incl. u < 5%	Excl. u < 5%
Totaal aantal dips, geregistreerd	232	199	97	76
Gemiddelde aantal dips, geregistreerd	11,6	10,0	4,9	3,8
Totaal aantal dips, gecorrigeerd	250	214	107	84
Gemiddelde aantal dips, gecorrigeerd	12,5	10,7	5,4	4,2

Op basis van de gecorrigeerde aantallen, blijkt dat er in 2012 134% meer dips hebben plaatsgevonden dan in 2011 (250 in plaats van 107). Verder kan worden geconcludeerd dat er in 2012 gemiddeld 12,5 dips per meetlocatie zijn geconstateerd, in 2011 bedroeg dit aantal 5,4. Tenslotte wordt opgemerkt dat het aandeel dips met een restspanning van onder de 5% in beide jaren minder dan een kwart van het totale aantal dips betrof.

In Figuur 3.1 is een overzicht weergegeven van de geregistreerde dips over de afgelopen 5 jaar. De figuur laat zien dat het aantal dips door de jaren heen sterk varieert.



Figuur 3.1: Spanningsdips HS-netvlak, 2008-2012

Transiënten

In de [2] staan de kwaliteitsaspecten ten aanzien van de kwaliteit van de transportdienst. Er zijn echter geen kwaliteitscriteria met betrekking tot transiënten. De ACM heeft de gezamenlijke netbeheerders een opdracht gegeven om voor transiënten tot normontwikkeling te komen en erover te rapporteren in het rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland'. De scope betreft transiënten in netten met een nominale spanning groter of gelijk aan 50 kV. Deze tekst geeft invulling aan de rapportage over 2013. Het geeft een overzicht van de stand van zaken inclusief achtergronden.

Transiënten spanningen zijn niet permanente fenomenen, in [2] gedefinieerd als:
Short duration oscillatory or non-oscillatory overvoltage usually highly damped and with a duration of a few milliseconds or less [IEV 604-03-13, modified]
 NOTE Transient overvoltages are usually caused by lightning, switching or operation

Kenmerkend is verder dat ze breedbandig zijn, lokaal optreden, veelal moeilijk te meten zijn en niet vermijdbaar zijn bij de bedrijfsvoering van hoogspanningnetten.

Netbeheer Nederland heeft in 2011 aangegeven het voornemen te hebben om met betrekking tot het dossier transiënten de volgende acties op te pakken:

1. *De huidige meting van transiënten als onderdeel van het PQM-project wordt voortgezet en over de resultaten daarvan wordt gerapporteerd;*
2. *Er vindt onderzoek plaats naar de beschikbaarheid en bruikbaarheid van relevante ANSI/IEEE normen;*
3. *Er vindt nader onderzoek plaats naar de mogelijkheid om de grenswaarden uit de systematiek van isolatiecoördinatie (bliksemhoudspanning of de schakelhoudspanning) te gebruiken als mogelijke norm voor transiënten in combinatie met nader onderzoek van het opgetreden verschijnsel in geval van transiënten die de houdspanning overschrijden.*

Uitkomsten/stand van zaken

Deze acties hebben, samengevat per actie, tot de volgende inzichten geleidt:

- 1) *De huidige meting van transiënten als onderdeel van het PQM-project wordt voortgezet en over de resultaten daarvan wordt gerapporteerd;*

Alvorens deze actie verder in te vullen, dient stilgestaan te worden bij een aantal aspecten:

- Tot op heden zijn weinig(details van) praktijkproblemen bekend. Er staat nog een vraag open bij VEMW en de relevante netbeheerders/producenten m.b.t. klachten en/of praktijkproblemen met betrekking tot transiënten. Doel van deze vraag is om meer informatie te krijgen met betrekking tot de aard en de omvang van de problemen. Met deze informatie kan getoetst worden of de beoogde toekomstige aanpak en gemeten parameters afdoende zijn om praktijkproblemen te analyseren, en welke informatie eventueel nog ontbreekt;
- Analyseren van bestaande metingen geeft weliswaar inzicht, maar beantwoordt niet per definitie de hoger liggende vraag: *Welke transiënten zijn hinderlijk, hoe worden deze gekarakteriseerd en hoe kunnen ze bepaald worden?*
Omdat niet iedere transiënt problemen veroorzaakt, zou men analoog aan spanningsdips een onderscheid tussen *Hinderlijke* en *Niet Hinderlijke* transiënten kunnen maken;
- Er zijn twijfels of de meetketen van de bestaande PQM meetapparatuur ten aanzien van het meten van transiënten ook voldoet. Hiervoor zijn ook geen normen(zie actie 2);
- Een belangrijk aspect is op welke wijze de transiënten worden overdragen tussen netten met verschillende systeemspanningen. Hiermee wordt bedoeld dat de transiënte golfvorm (incl. amplitude) zoals die gemeten wordt aan de hoogspanningszijde afwijkt ten opzichte van de transiënte golfvorm bij de apparatuur van de aangeslotene. Enkel een meting in het hoogspanningsnet geeft onvoldoende informatie over een eventuele beïnvloeding. Theoretische analyses beperken zich veelal tot beschermingsmaatregelen tegen schakel- en bliksemspanningen in een net met één systeemspanning en zijn vaak niet één op één toepasbaar, of bruikbaar, voor de overdracht van transiënten tussen netten met verschillende systeemspanningen.

Er is een grote verscheidenheid aan mogelijke configuraties en de noodzakelijke (locatiespecifieke) parameters zijn veelal onbekend om een gedetailleerde uitspraak te kunnen doen over de invloed van de transiënten achter het overdrachtpunt.

- Het document [9] geeft Guidelines of Good Practice, opgesteld door internationale experts. In paragraaf 4.2 wordt bevestigd dat er geen standaard methoden zijn voor de berekening van voor transiënten karakteristieke parameters. Internationaal zijn er ook geen ontwikkelingen gaande om dit te gaan standaardiseren.

Samengevat is niet duidelijk of “het goede” gemeten wordt in relatie tot eventuele problemen. Bij het vaststellen van de eventuele normgeving en de daarbij te rapporteren gegevens is inzicht in de bovengenoemde aspecten nodig.

- 2) *Er vindt onderzoek plaats naar de beschikbaarheid en bruikbaarheid van relevante ANSI/IEEE normen;*

Met betrekking tot het meten van transiënte spanningen zijn diverse (Nederlandse en internationale) normen beschouwd. Tevens is een aantal standaarden of richtlijnen beschouwd die enig raakvlak hebben met dit onderwerp en is bekeken welke CIGRE werkgroepen actief zijn op dit gebied.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de beschouwde normen onvoldoende basis bieden voor het registreren en classificeren van transiënte spanningen in het hoogspanningsnet. Een methodiek voor de rapportage daarvan ontbreekt dan ook [7].

- 3) *Er vindt nader onderzoek plaats naar de mogelijkheid om de grenswaarden uit de systematiek van isolatiecoördinatie (bliksemhoudspanning of de schakelhoudspanning) te gebruiken als mogelijke norm voor transiënten in combinatie met nader onderzoek van het opgetreden verschijnsel in geval van transiënten die de houdspanning overschrijden;*

Deze actie loopt, zie echter ook beschouwing bij actie 1.

3.5 Extra hoogspanningsnetvlak

In het 220 kV- en 380 kV-transportnet is in 2012 bij alle klanten op 12 vaste meetlocaties (10 op 380 kV en 2 op 220 kV) continu de spanningskwaliteit bewaakt. De tien locaties waar in het 380kV-net gemeten wordt, zijn: Lelystad, Geertruidenberg, Eemshaven, Eemshaven Oudeschip, Maasbracht, Diemen, Hengelo, Dodewaard, Maasvlakte, Borssele. De twee locaties waar in 220kV-net gemeten wordt, zijn: Weiwerd en Robbenplaat.

Vanwege de netuitbreidingen rond het station Eemshaven is de meter en de spanningsopnemer op Eemshaven vanaf 16 mei weer volledig in gebruik. De meetinrichting op Eemshaven heeft vanwege de mogelijkheden in de stationsuitvoering op twee verbindingstvelden een meetinrichting per verbindingstveld en niet op een rail zoals bij de andere meetinrichtingen. Het nieuwe station Eemshaven-Oudeschip is voorzien van een spanningskwaliteitsmeter vanaf 9 maart 2012. De meter op station Diemen is vanaf 23 april 2012 weer in gebruik.

In het jaar 2008 en 2009 is het meetsysteem omgebouwd naar een systeem met een hogere frequentiebandbreedte, dit ten behoeve van het meten van transiënten en harmonische. De metingen zijn uitgevoerd met een meetsysteem dat tot en met 2012 in het beheer was van TenneT. In 2013 wordt het beheer van het meetsysteem overgenomen door het onafhankelijke advies- en ingenieursbureau Movares. Dit in lijn met het beheer van het huidige 50 kV – 150 kV meetsysteem.

Er zijn in jaar 2012 voor alle spanningskwaliteitsaspecten: 424 bruikbare weekmetingen voor het 380kV-net en 92 bruikbare weekmetingen voor het 220kV-net, behalve voor het kwaliteitsaspect snelle spanningsvariatie PLT van het 220kV-net daar waren 90 weekmetingen beschikbaar.

Uit de toetsing van de metingen die zijn uitgevoerd in het 380kV-net blijkt dat, in 25 van de 424 weekmetingen, de grenzen van de langzame spanningsvariatie zijn overschreden. 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 en het regelen van de dwarsregeltransformatoren. Het bleek dat de beschikbaarheid van het gecontracteerde blindvermogen op productiemiddelen lager was dan afgelopen jaren waardoor de spanningshuishouding moeilijker te regelen was. Het betreft met name het niet in bedrijf zijn van gasgestookte productiemiddelen die "uit de markt worden gedrukt" door de overvloed van aanbod aan duurzame energie uit Duitsland. Extra blindvermogenscontracten zijn afgesloten om de beschikbare blindvermogenscapaciteit te vergroten. Verder is vastgesteld dat de laatste jaren in het gebied van Centraal West Europa (CWE) de problematiek van te hoge spanningen door meerdere TSO's wordt ervaren. De vaststelling van de problematiek van een te hoge spanning is verwoord in artikel [10].

Uit de toetsing van de metingen die zijn uitgevoerd in het 220kV-net blijkt dat, in 4 van de 90 weekmetingen, de grenzen voor de snelle spanningsvariatie zijn overschreden. Van twee overschreden weekmetingen is geen onderliggende oorzaak gevonden. Van de andere twee weken bleek dat kortsluiting de oorzaak was.

Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel 3.5 en tabel 3.6 conform de norm [2]. Sinds 2010 bevat deze norm een diptabel. Voorheen is binnen het PQM-project de diptabel opgesteld zoals is vastgesteld door het PREGO-onderzoek [3]. Dips met een restspanning lager dan 5% worden volgens de genoemde norm aangemerkt als onderbreking en zijn in de tabel gearceerd 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 3.5: Resultaten spanningsdips, 380 kV

Restspanning u (%)	380kV-net							
	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 < t ≤ 500		500 < t ≤ 1000		1000 < t ≤ 5000	
90 > u ≥ 80	1,5	5	0,3	2	0,0	0	0,0	0
	15	5	3	2	0	0	0	0
80 > u ≥ 70	0,6	2	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	6	4	0	0	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	0,6	3	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	6	2	0	0	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0,2	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	2	2	0	0	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 het 380kV-net vielen 16 van de 18 gebeurtenissen in het gehele 220kV- en 380kV-net, gelijktijdig met de geregistreerde dips. Opvallend is dat:

- zes gebeurtenissen samenvielen met een kortsluiting;
- negen gebeurtenissen niet samenvielen met bekende gebeurtenissen in het net;
- één gebeurtenis samen viel met een gebeurtenis bij een aangeslotene.

Tabel 3.6: Resultaten spanningsdips, 220 kV

Restspanning u (%)	220kV-net							
	Duur t (ms)							
	10 ≤ t ≤ 200		200 < t ≤ 500		500 < t ≤ 1000		1000 < t ≤ 5000	
90 > u ≥ 80	3,5	4	6,0	4	0,5	1	0,0	0
	7	2	6	2	1	1	0	0
80 > u ≥ 70	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
70 > u ≥ 40	4,0	4	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	8	2	0	0	0	0	0	0
40 > u ≥ 5	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
5 > u	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

In het 220kV-net vielen negen van de 18 gebeurtenissen in het gehele 220kV- en 380kV-net, gelijktijdig met de geregistreerde dips. Opvallend is dat:

- vijf gebeurtenissen samenvielen met een kortsluiting;
- drie gebeurtenissen niet samenvielen met bekende gebeurtenissen in het net;
- één gebeurtenis samenviel met een gebeurtenis bij een aangeslotene.

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: snelle spanningsvariatie, asymmetrie en totale harmonische vervorming. In het hoogspanningsnetvlak is de meetdata van de afgelopen acht jaar beschouwd. Oftewel de periode 2005-2012. Voor 2005 vond geen continue registratie plaats, zie ook hoofdstuk 5.

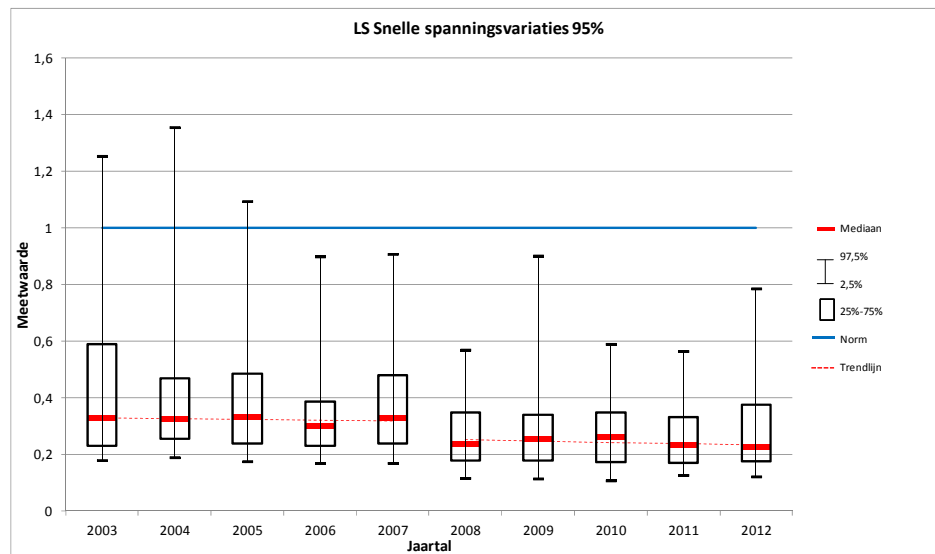
In de trendanalyse zijn de resultaten verwerkt van de meetdata zoals geregistreerd gedurende 95% van de power quality metingen. De resultaten van de jaren 2003 tot en met 2012 zijn samengevoegd in zogenaamde boxplots, waarbij de zogenaamde 'uitschieters' niet worden weergegeven omwille van de leesbaarheid van de grafieken. Uitschieters zijn gedefinieerd als de laagste 2,5% en hoogste 2,5% van de meetwaarden. Voor een historisch overzicht van de overschrijdingen wordt verwezen naar bijlage E.

Voor het extra hoogspanningsnetvlak vindt de trendanalyse vanaf 2011 door TenneT plaats. De reden hiervoor is dat er sinds die tijd meer meetlocaties beschikbaar zijn waardoor de trend nauwkeuriger kan worden bepaald. In de trendanalyse voor EHS zijn de resultaten verwerkt van de 220 kV meetdata zoals geregistreerd gedurende 95% van de power quality metingen.

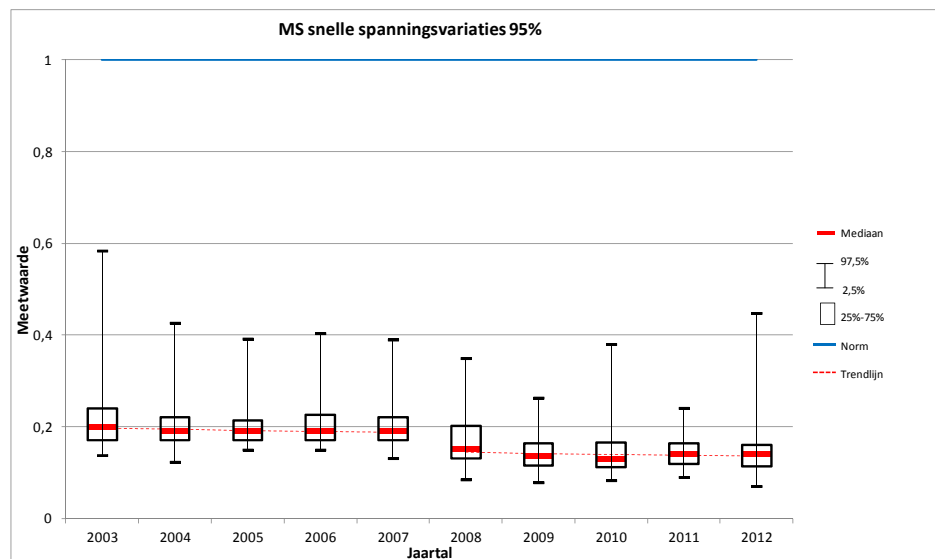
Doordat in het jaar 2008 een overstap is gemaakt naar een klasse A meetinstrument voor de PQM-metingen op LS en MS niveau, zijn vanaf dit betreffende jaar de spanningsverschijnselen met een grotere nauwkeurigheid gemeten. Door deze overstap is in de verschillende boxplots een trendbreuk ontstaan. Om deze reden zijn er in de boxplots van spanningsverschijnselen op LS en MS niveau twee trendlijnen aanwezig, één trendlijn van de periode 2003-2007 en één trendlijn van 2008-2012.

4.1 Snelle spanningsvariatie

Figuur 4.1 en figuur 4.2 tonen de trendanalyse van de snelle spanningsvariatie in het LS- en MS-netvlak (95%-meetwaarden). Met stippellijnen worden de trendlijnen weergegeven. Deze zijn gebaseerd op de mediaan (middelste waarde). De helft van de meetwaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren onder de 0,4 in het LS-netvlak en onder de 0,2 in het MS-netvlak.

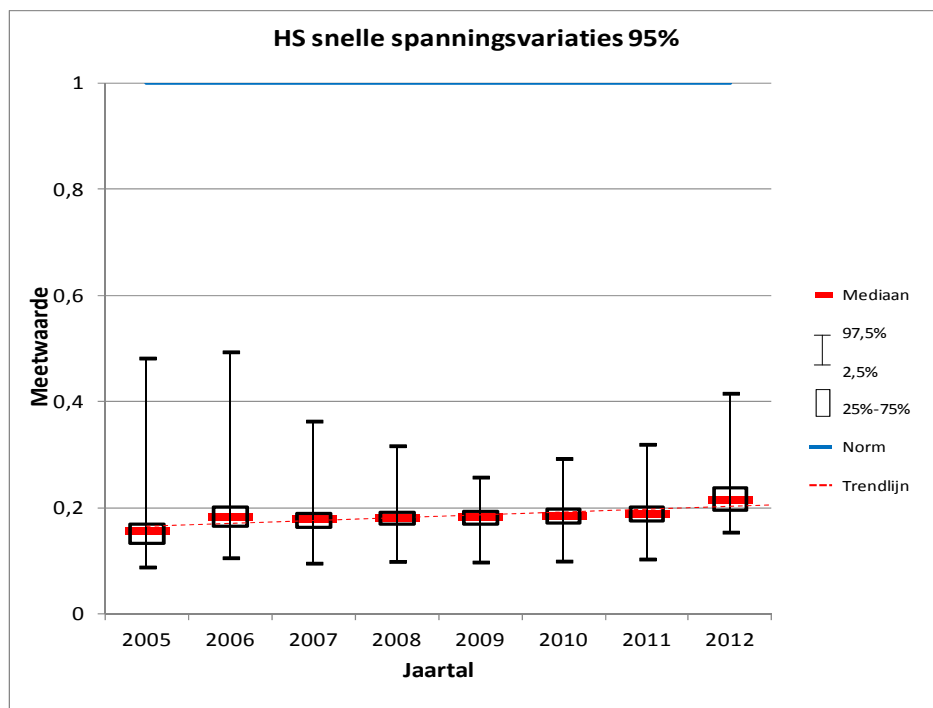


Figuur 4.1: Trendanalyse snelle spanningsvariatie LS-netvlak



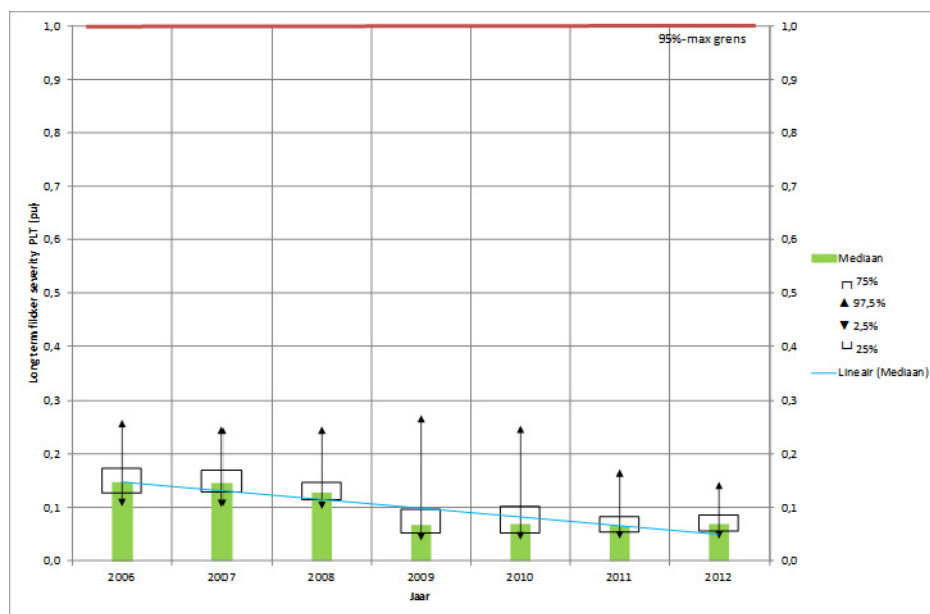
Figuur 4.2: Trendanalyse snelle spanningsvariatie MS-netvlak

Figuur 4.3 laat een trendanalyse zien met betrekking tot snelle spanningsvariatie in het HS-netvlak. De analyse betreft de periode 2005-2012. Voor 2005 werd niet van het huidige, continue meetsysteem gebruik gemaakt. Op basis van de mediaan laat de figuur een licht stijgende trend zien. Verder blijkt dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm (zie blauwe lijn) liggen.

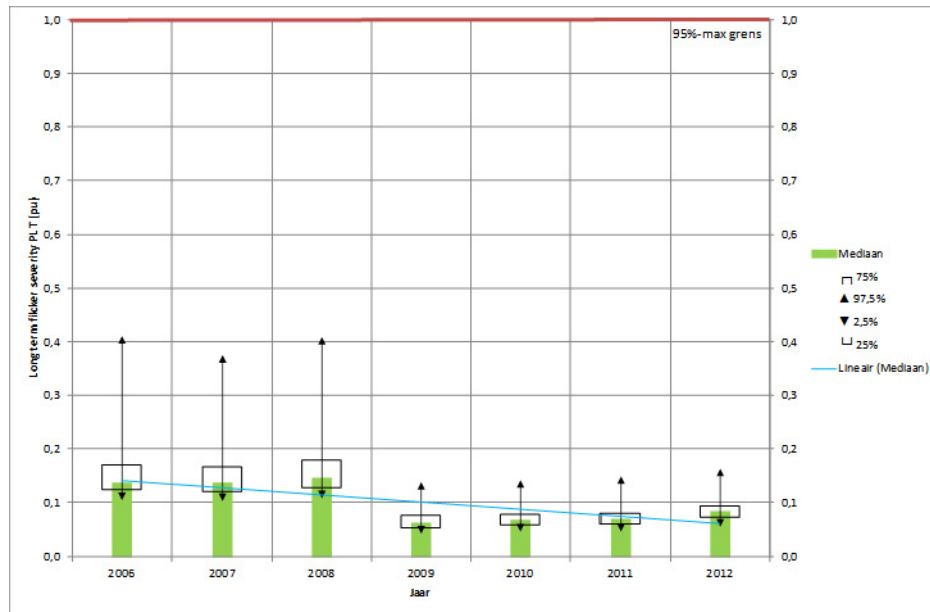


Figuur 4.3: Trendanalyse snelle spanningsvariatie HS-netvlak

Figuur 4.4 en figuur 4.5 laten een trendanalyse zien met betrekking tot snelle spanningsvariatie in het EHS-netvlak. De analyse betreft de periode 2006-2012. Op basis van de mediaan laat de figuur een licht dalend trend zien. Verder blijkt dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm (zie rode lijn) liggen.



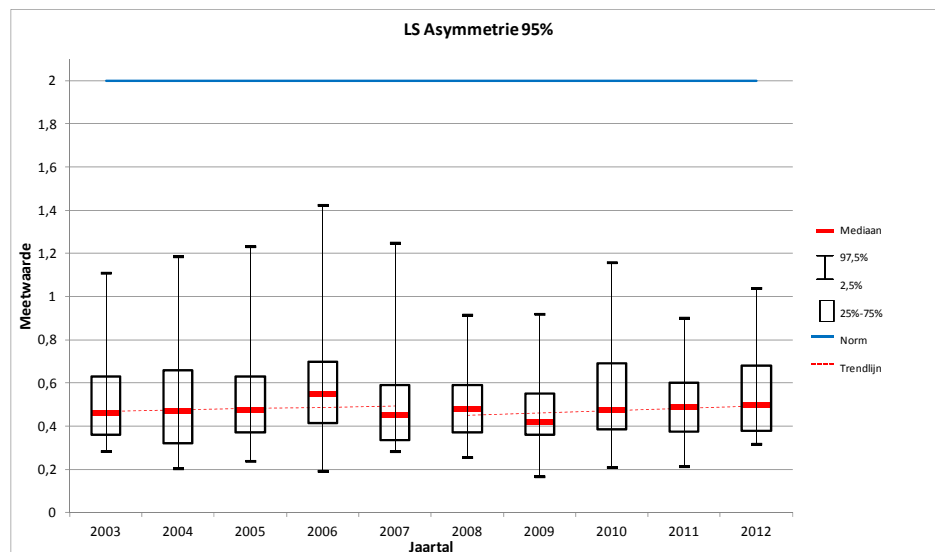
Figuur 4.4: Trendanalyse snelle spanningsvariatie 380 kV-netvlak



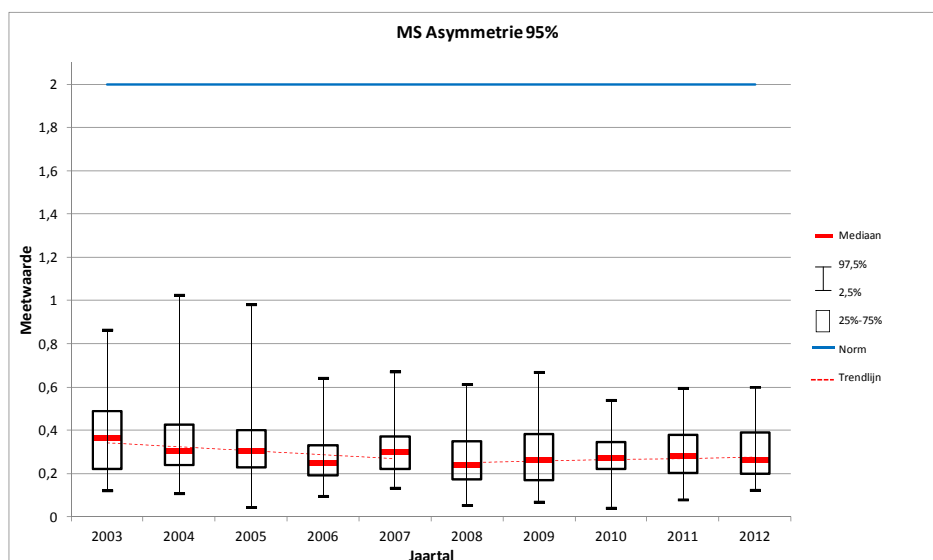
Figuur 4.5: Trendanalyse snelle spanningsvariatie 220 kV-netvlak

4.2 Asymmetrie

Figuur 4.6 en figuur 4.7 tonen de trendanalyse van asymmetrie in het LS-en MS-netvlak (95%-meetwaarden). Met een stippellijn wordt de trendlijn weergegeven. Deze is gebaseerd op de mediaanwaarden en blijkt nagenoeg constant te zijn. De helft van de toetswaarden bevindt zich in de 'box' en ligt de afgelopen jaren onder de 0,7 in het LS-netvlak en onder de 0,5 in het MS-netvlak.

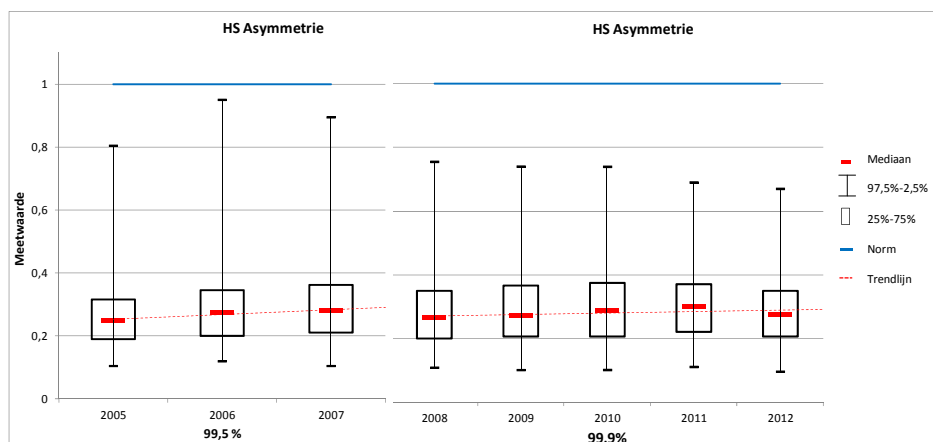


Figuur 4.6: Trendanalyse spanningsasymmetrie LS-netvlak



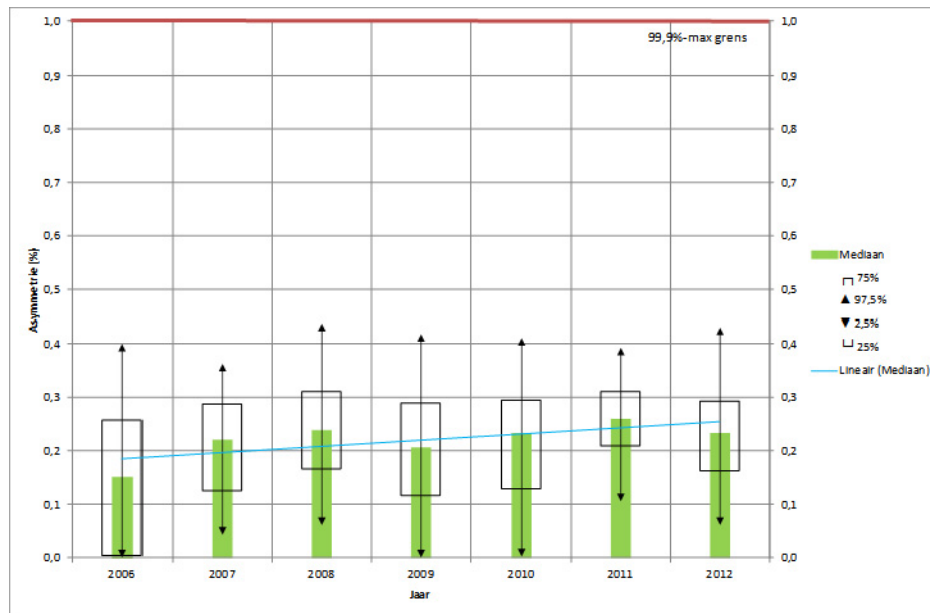
Figuur 4.7: Trendanalyse spanningsasymmetrie MS-netvlak

Figuur 4.8 laat een trendanalyse zien met betrekking tot asymmetrie in het HS-netvlak. De figuur is in tweeën gesplitst vanwege een verschil in toetsing. Tot en met 2007 was de grenswaarde vastgesteld op basis van 99,5% van de meetwaarden. Sinds 2008 is dit aangescherpt naar 99,9%. De analyse betreft de periode 2005-2012. Voor 2005 werd niet van het huidige, continue meetsysteem gebruik gemaakt. Op basis van de mediaan laat de figuur een licht stijgende trend zien. Verder blijkt dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm (zie blauwe lijn figuur) liggen.

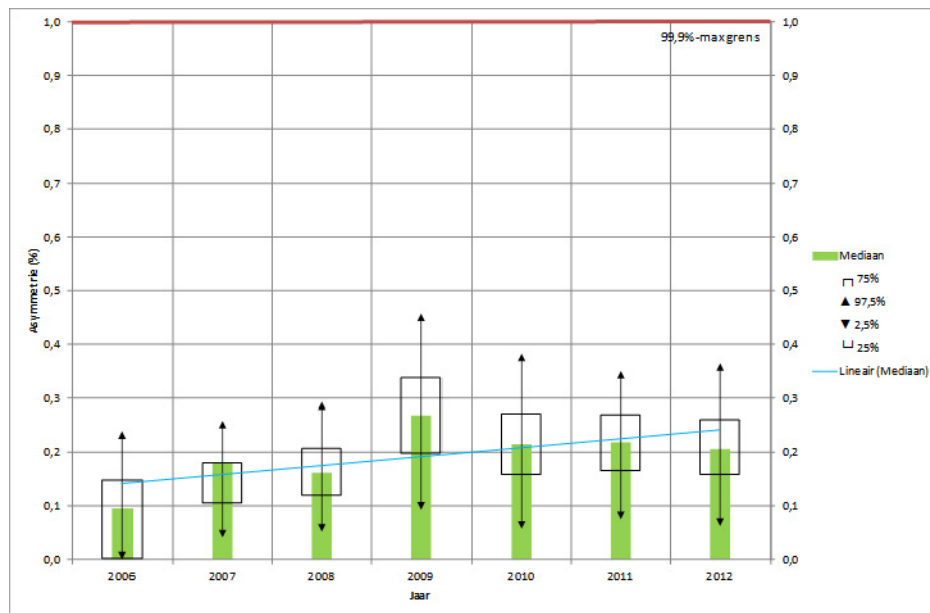


Figuur 4.8: Trendanalyse spanningsasymmetrie HS-netvlak

Figuur 4.9 en figuur 4.10 laten een trendanalyse zien met betrekking tot asymmetrie in het EHS-netvlak. De analyse betreft de periode 2006-2012. Op basis van de mediaan laat de figuur een licht stijgende trend zien. Verder blijkt dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm (zie rode lijn) liggen.



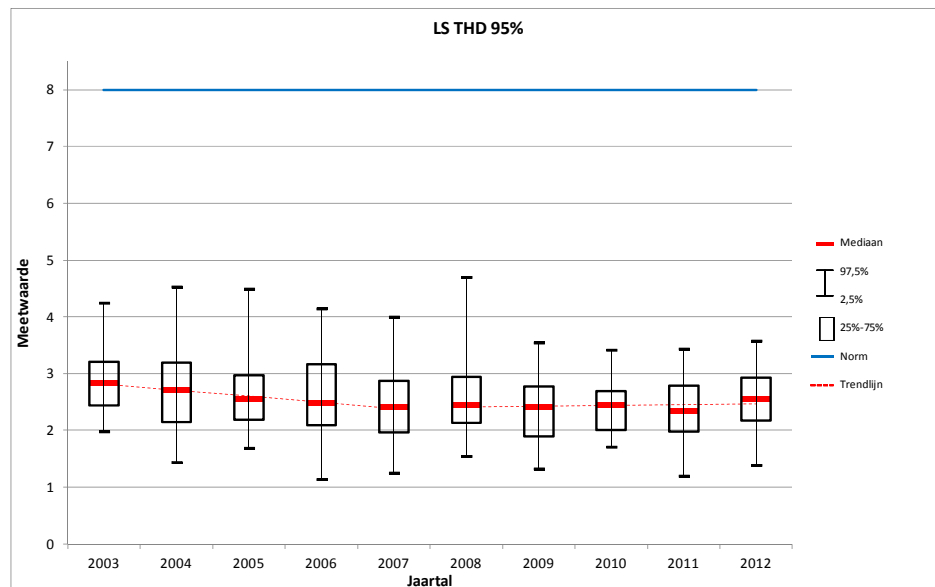
Figuur 4.9: Trendanalyse spanningsasymmetrie 380 kV-netvlak



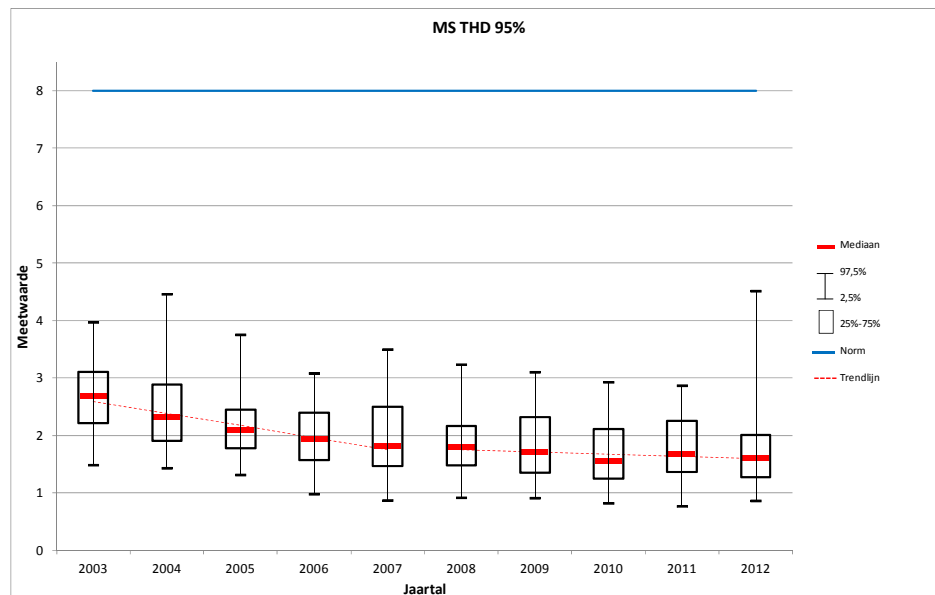
Figuur 4.10: Trendanalyse spanningsasymmetrie 220 kV-netvlak

4.3 Totale harmonische vervorming

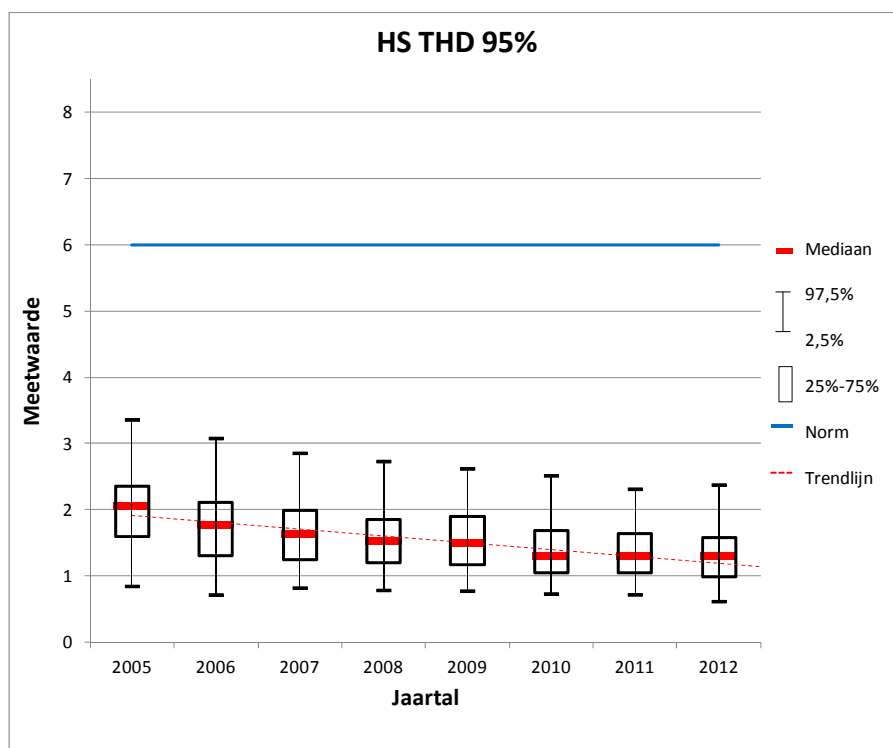
Figuur 4.11 tot en met figuur 4.13 tonen de trendanalyse van de totale harmonische vervorming in de verschillende netvlakken (95%-toetswaarden). Met de stippellijnen worden per figuur de trendlijnen weergegeven. Deze zijn gebaseerd op de mediaanwaarden en blijken in de meeste gevallen licht te dalen. De 2008-2012 trendlijn van de totale harmonische vervorming in het LS-netvlak vertoont een lichte stijging. Ook blijkt in alle netvlakken dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm liggen.



Figuur 4.11: Trendanalyse totale harmonische vervorming LS-netvlak

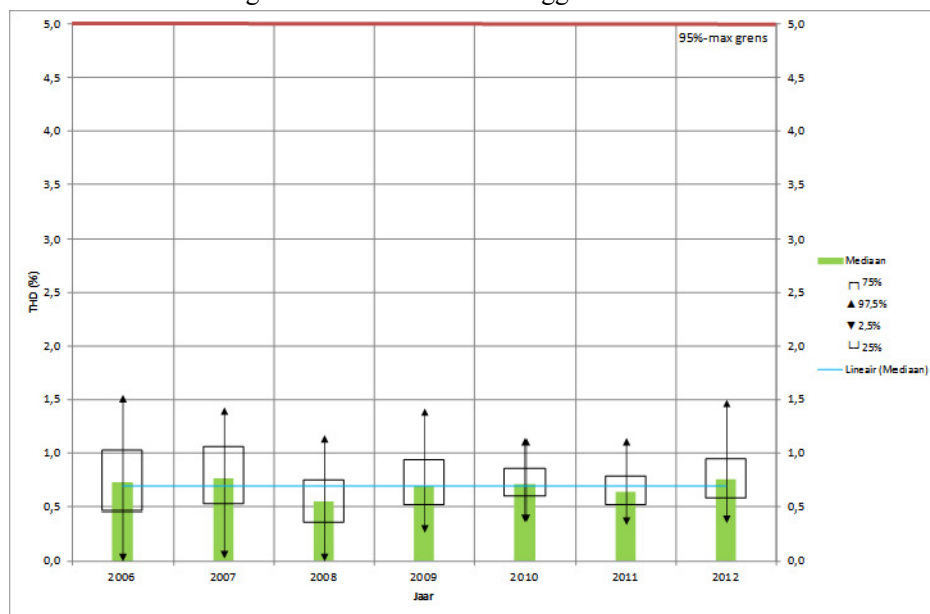


Figuur 4.12: Trendanalyse totale harmonische vervorming MS-netvlak

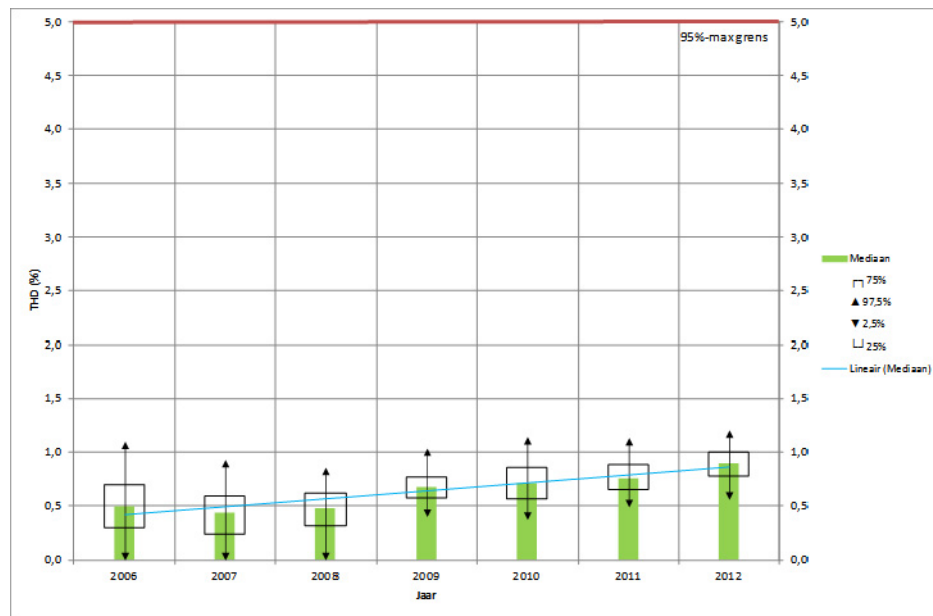


Figuur 4.13: Trendanalyse totale harmonische vervorming HS-netvlak

Figuur 4.14 en figuur 4.15 tonen de trendanalyse van de totale harmonische vervorming in het EHS-netvlak (95%-toetswaarden). Met de blauwe lijn worden per figuur de trendlijnen weergegeven. Deze zijn gebaseerd op de mediaanwaarden en blijken in het 380 kV-netvlak stabiel te zijn en in het 220-kV netvlak te stijgen. Ook blijkt in alle netvlakken dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm liggen.



Figuur 4.14: Trendanalyse totale harmonische vervorming 380 kV-netvlak



Figuur 4.15: Trendanalyse totale harmonische vervorming 220 kV-netvlak

5 Ontwikkelingen Power Quality Monitoring

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.

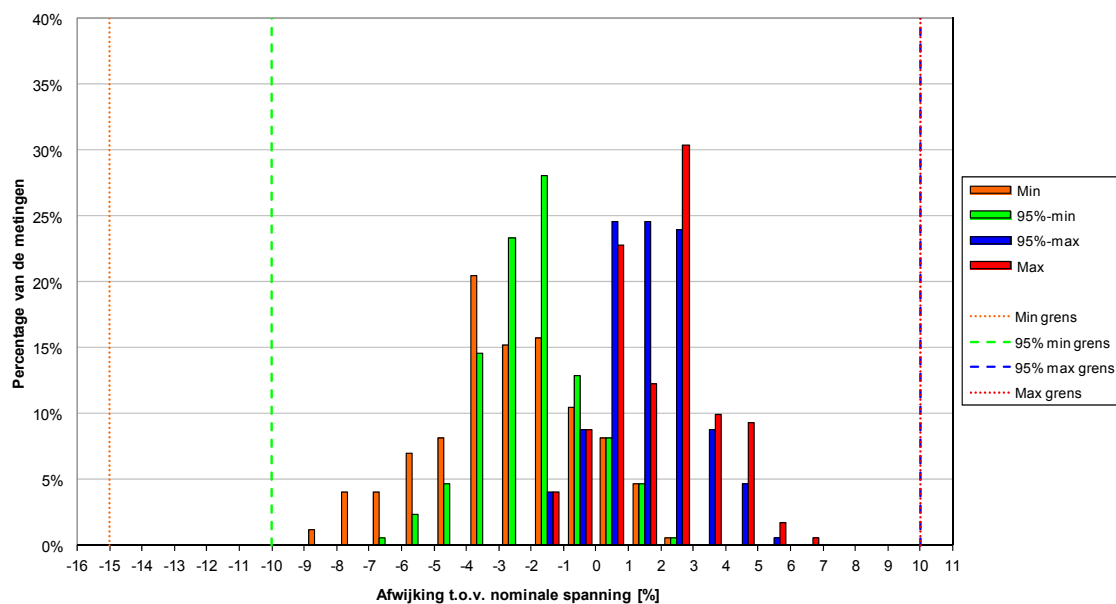
2007	Het Handboek Power Quality Monitoring wordt uitgebracht en zal worden bijgewerkt indien van toepassing. Dit document is een uitgebreide versie van de handleiding uit 1999. Introductie van vertalingen van de steekproefsgewijze metingen naar landelijke proporties.
2008	De steekproeftrekking voor de 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 onafhankelijk adviesbureau neemt het beheer van het EHS-meetsysteem (ION) over.

Referenties

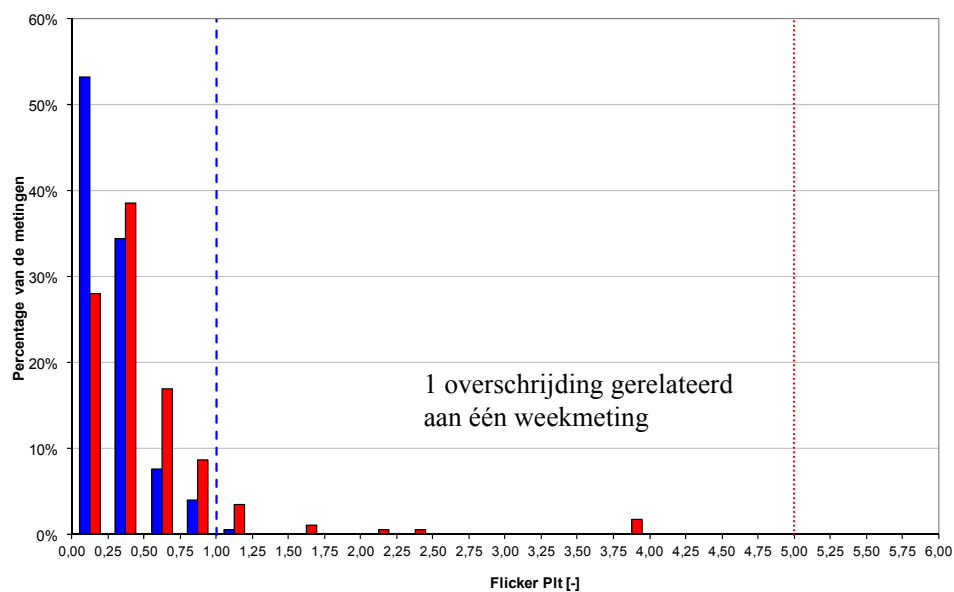
- [1] De Energiekamer-NMa (februari 2011). *Netcode Elektriciteit*. Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998.
- [2] NEN (augustus 2010). *NEN-EN 50160*. Spanningskarakteristieken in openbare Elektriciteitsnetten Voltage characteristics of electricity supplied 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] CEER (2011). 5TH CEER Benchmarking report on the quality of Electricity supply
- [6] NMa Energiekamer Netcode Elektriciteit (maart 2012) Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998
- [7] KEMA (april 2004). Memo aan Netbeheer Nederland, kenmerk 74100907-ETD/SG 12-00642V01
- [8] NEN-EN-IEC 61000-4-30 (2008). Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods
- [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.

Bijlagen

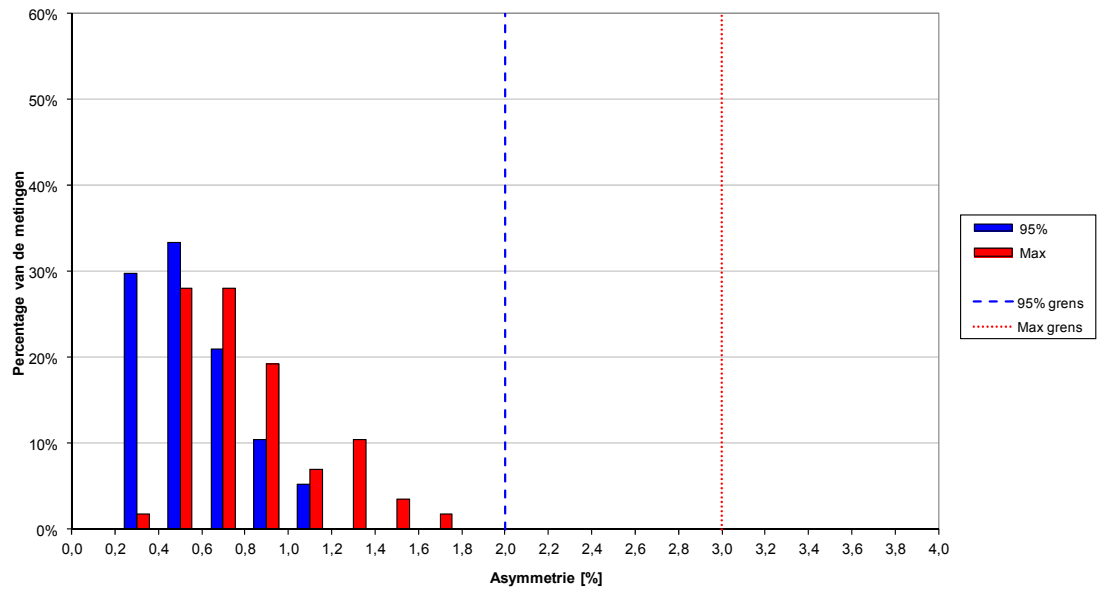
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak



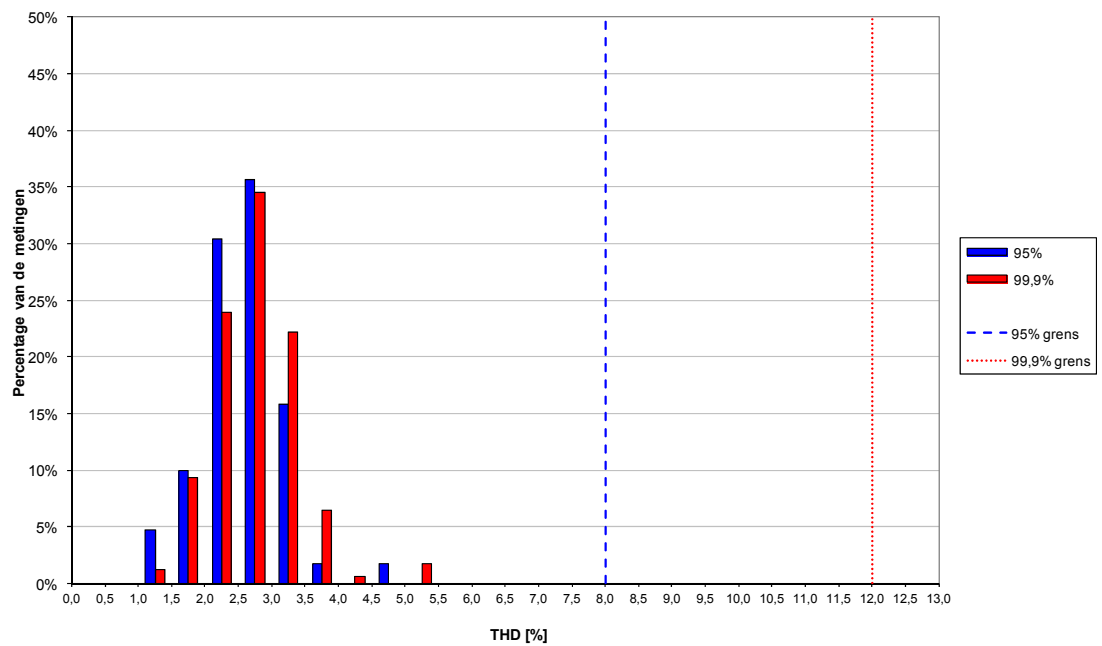
Figuur A1: Langzame spanningsvariatie LS-netvlak



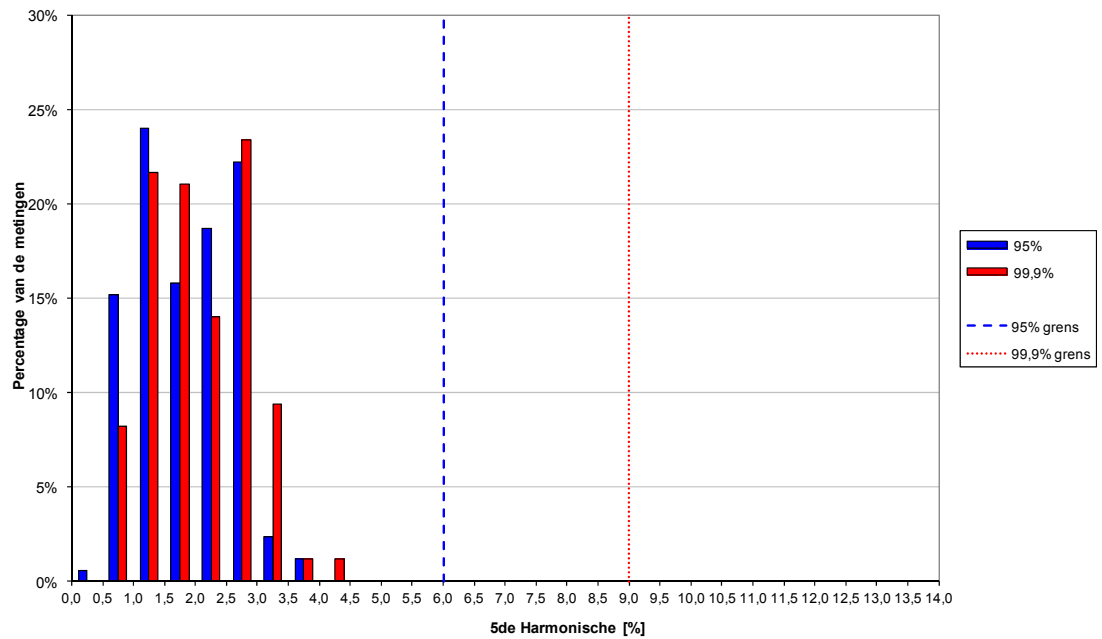
Figuur A2: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak



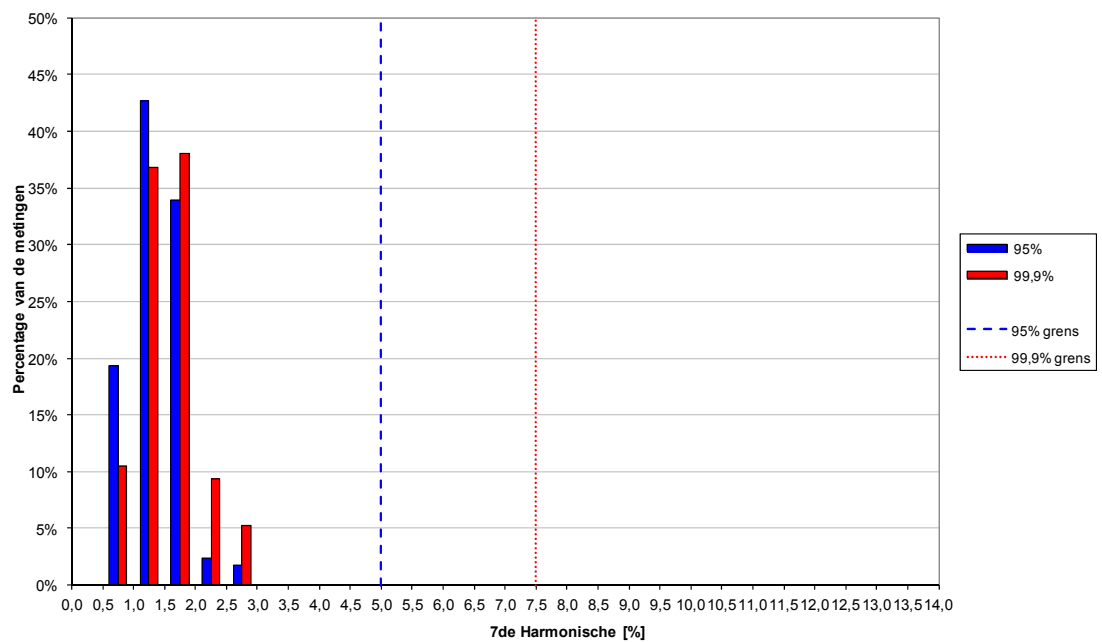
Figuur A3: Asymmetrie LS-netvlak



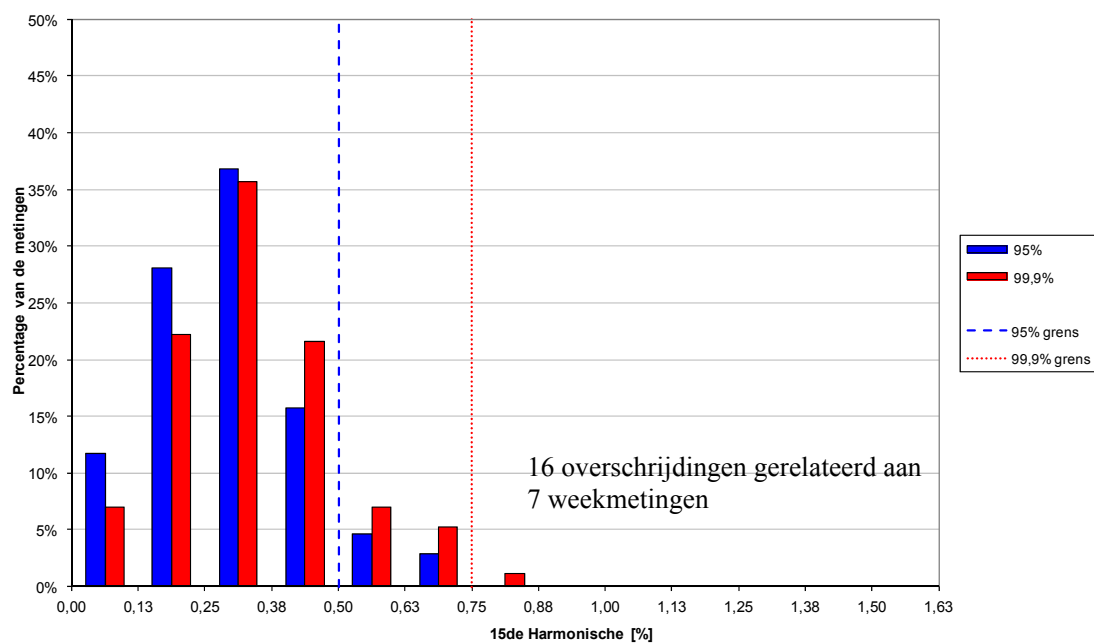
Figuur A4: Totale harmonische vervorming LS-netvlak



Figuur A5: 5^e harmonische LS-netvlak

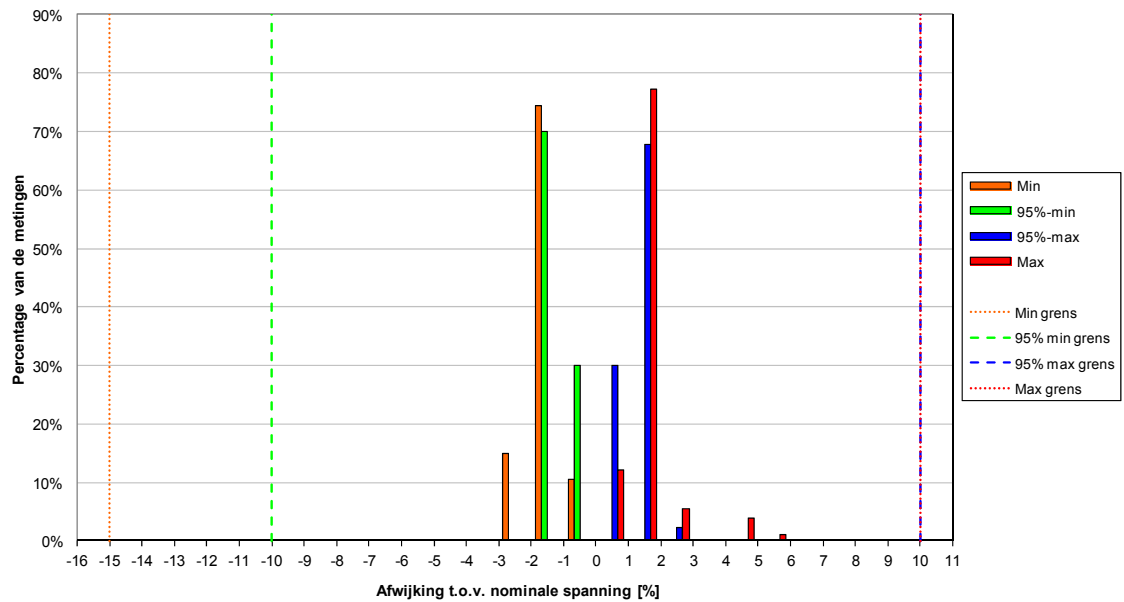


Figuur A6: 7^e harmonische LS-netvlak

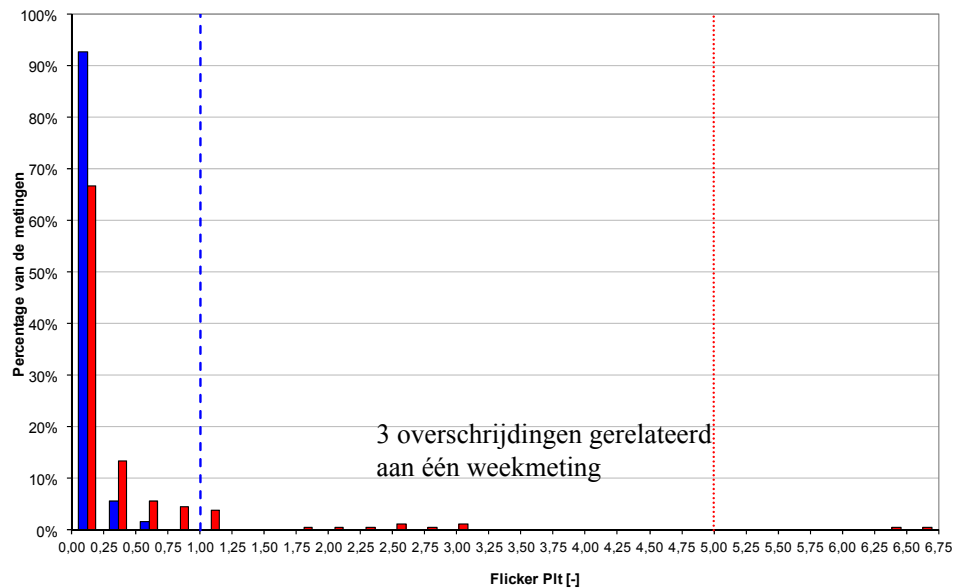


Figuur A7: 15^e harmonische LS-netvlak

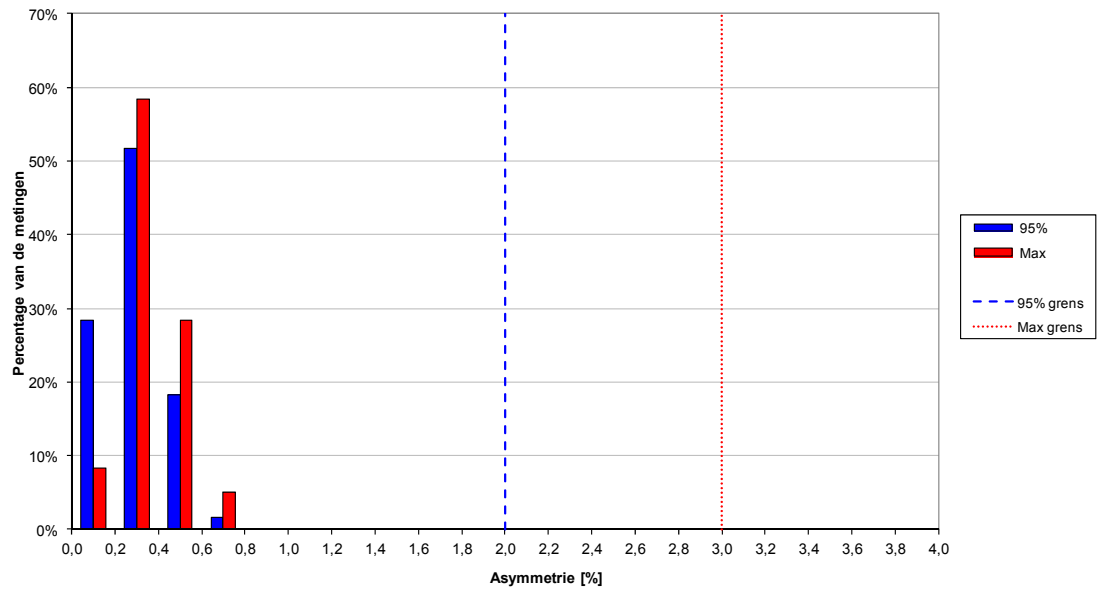
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak



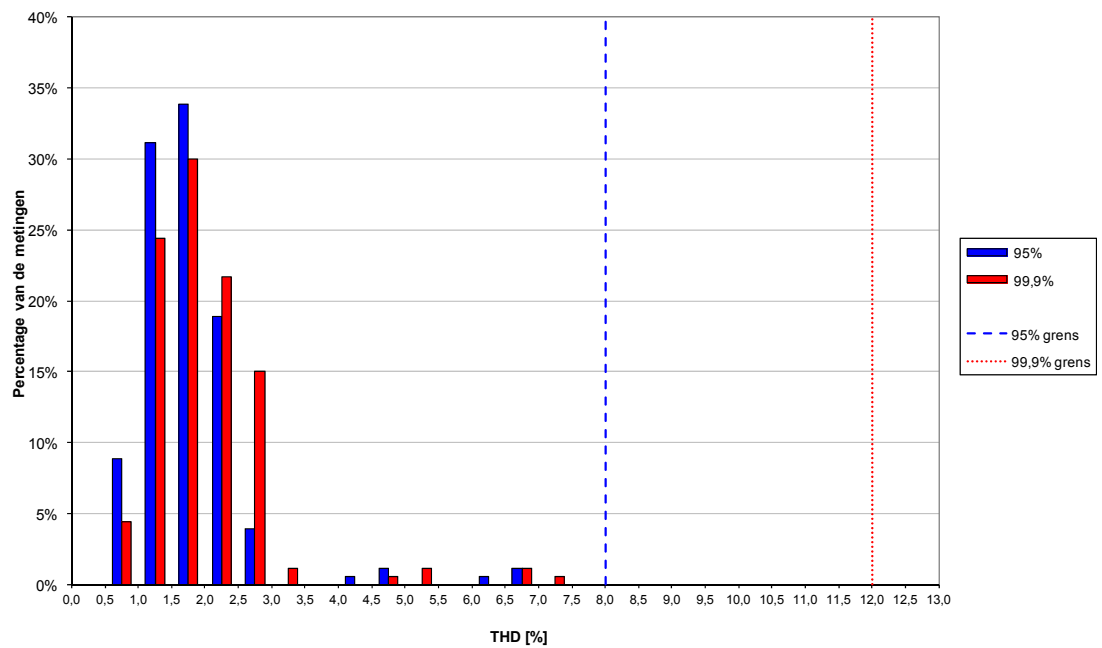
Figuur B1: Langzame spanningsvariatie MS-netvlak



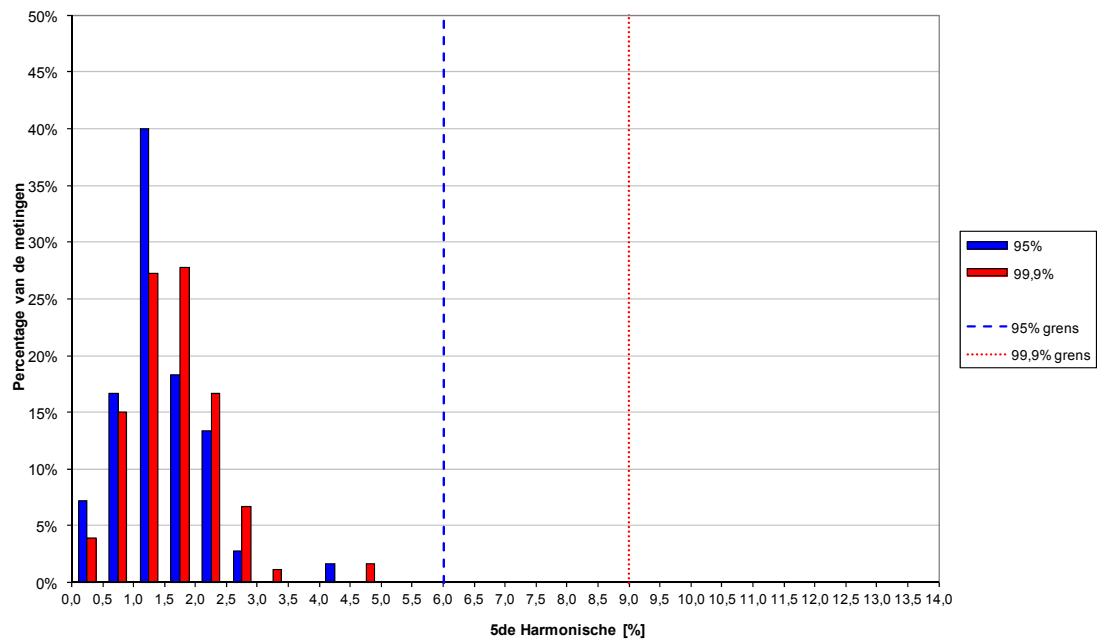
Figuur B2: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak



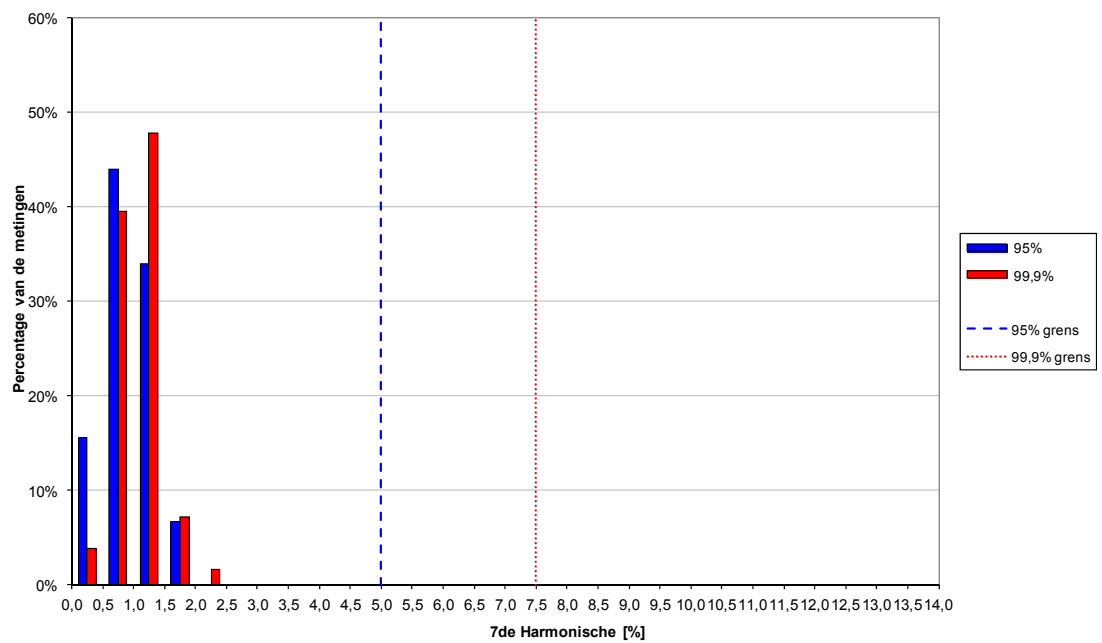
Figuur B3: Asymmetrie MS-netvlak



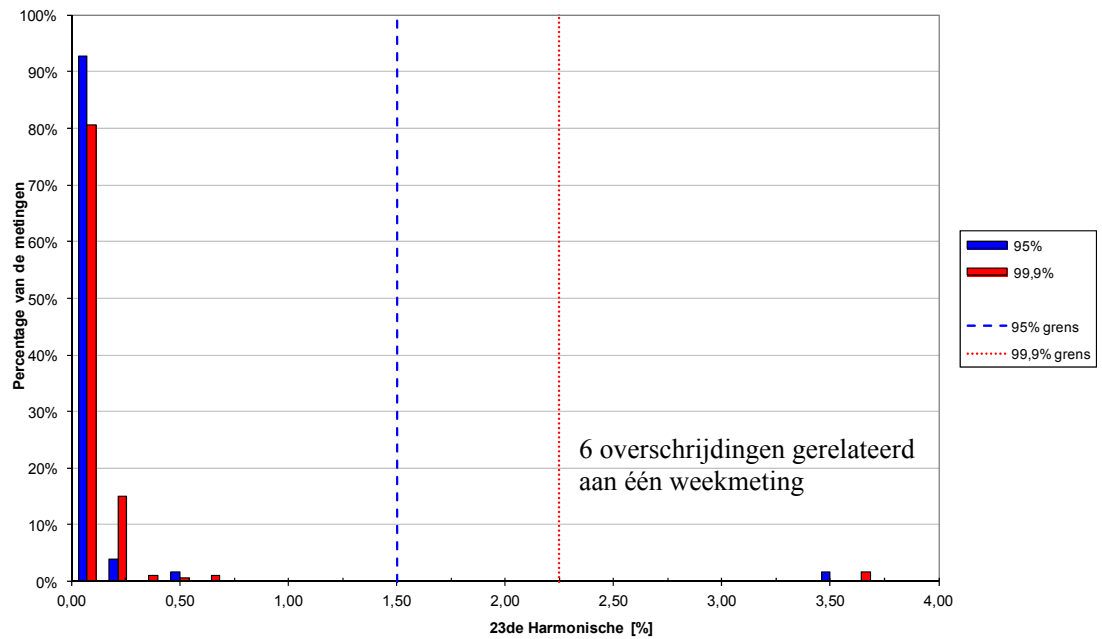
Figuur B4: Totale harmonische vervorming MS-netvlak



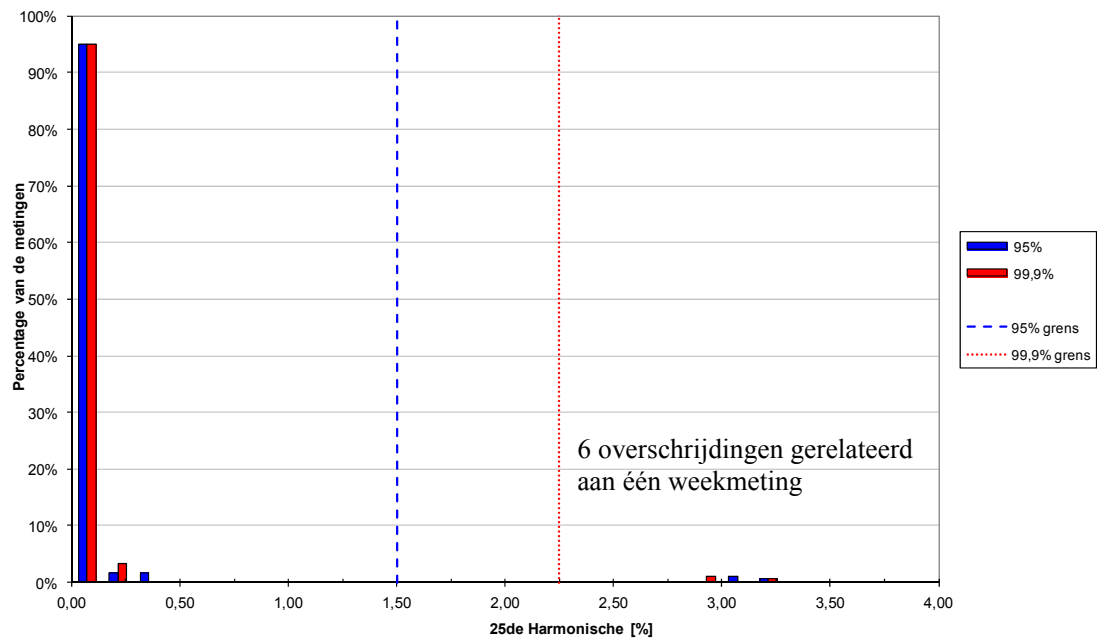
Figuur B5: 5^e harmonische MS-netvlak



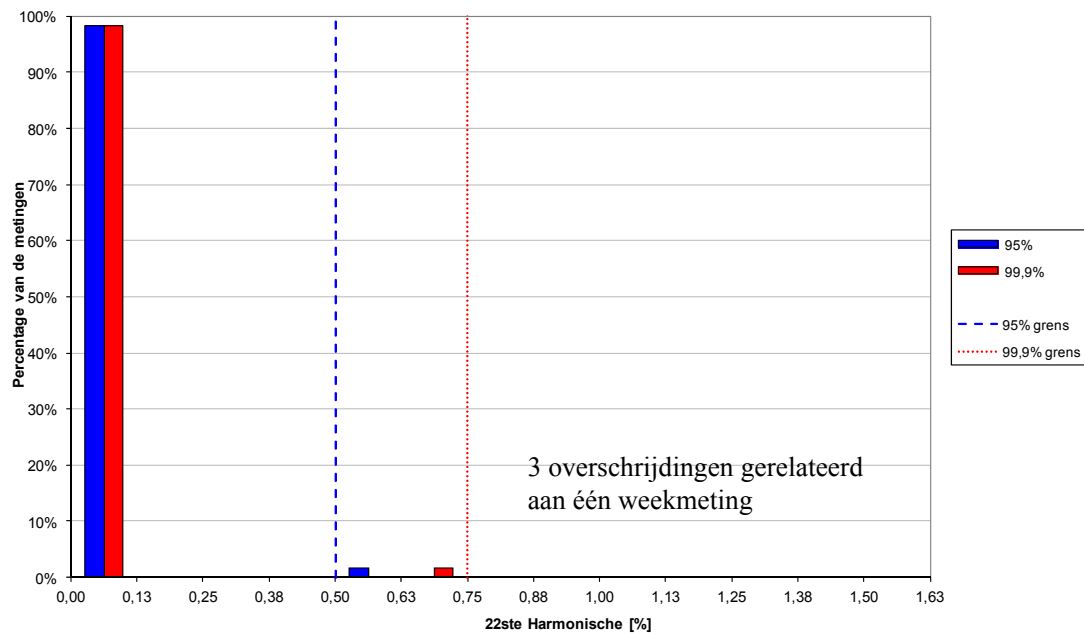
Figuur B6: 7^e harmonische MS-netvlak



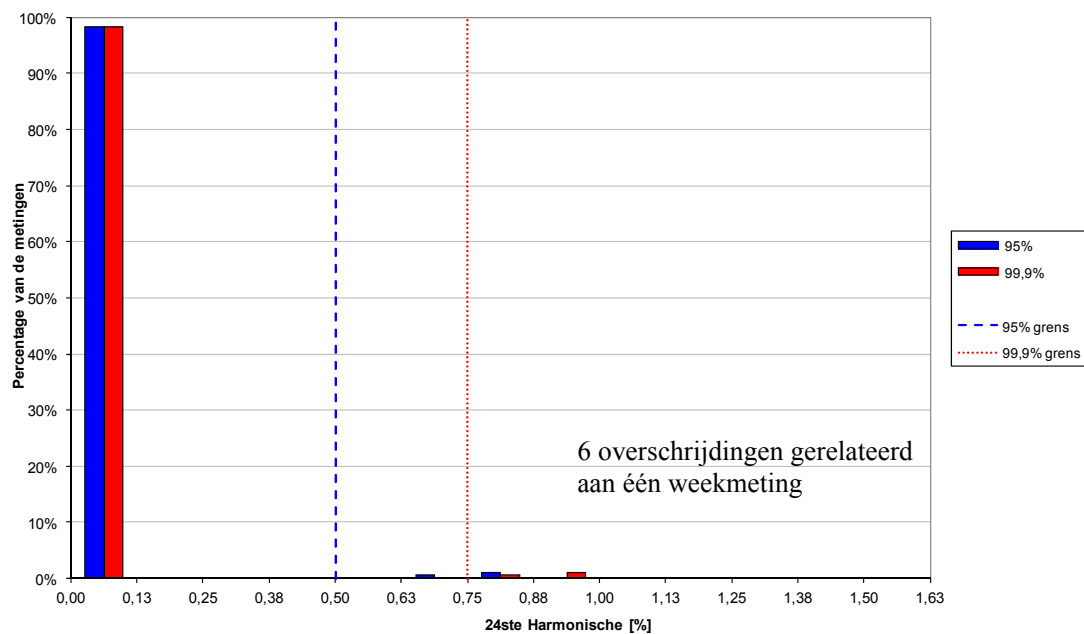
Figuur B7: 23^e harmonische MS-netvlak



Figuur B8: 25^e harmonische MS-netvlak

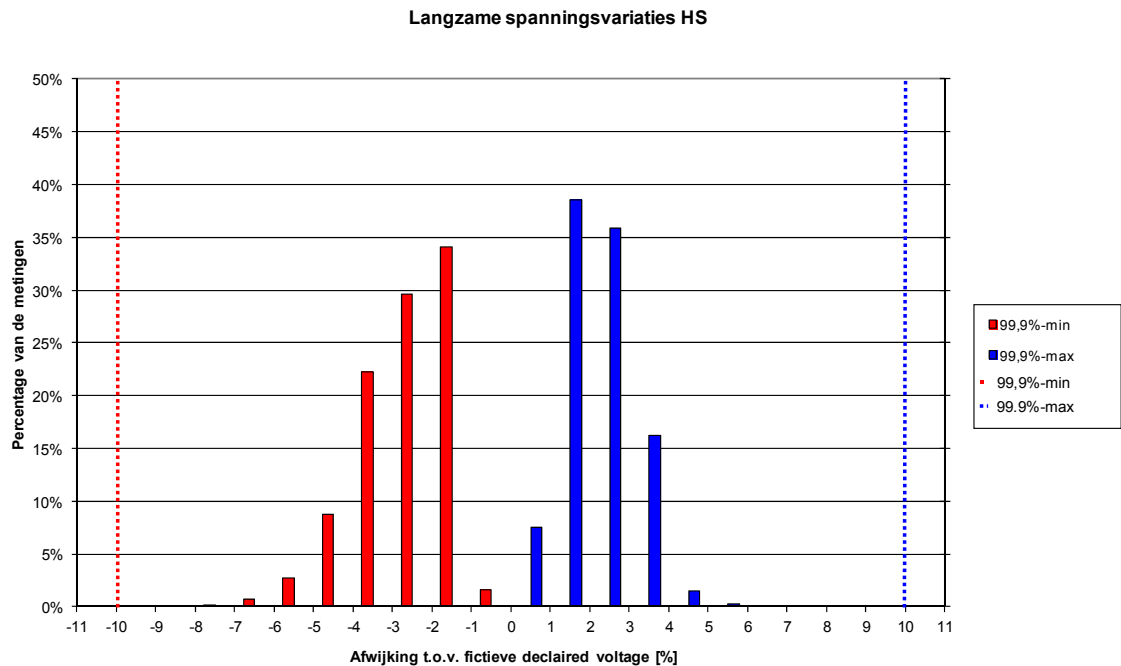


Figuur B9: 22^e harmonische MS-netvlak

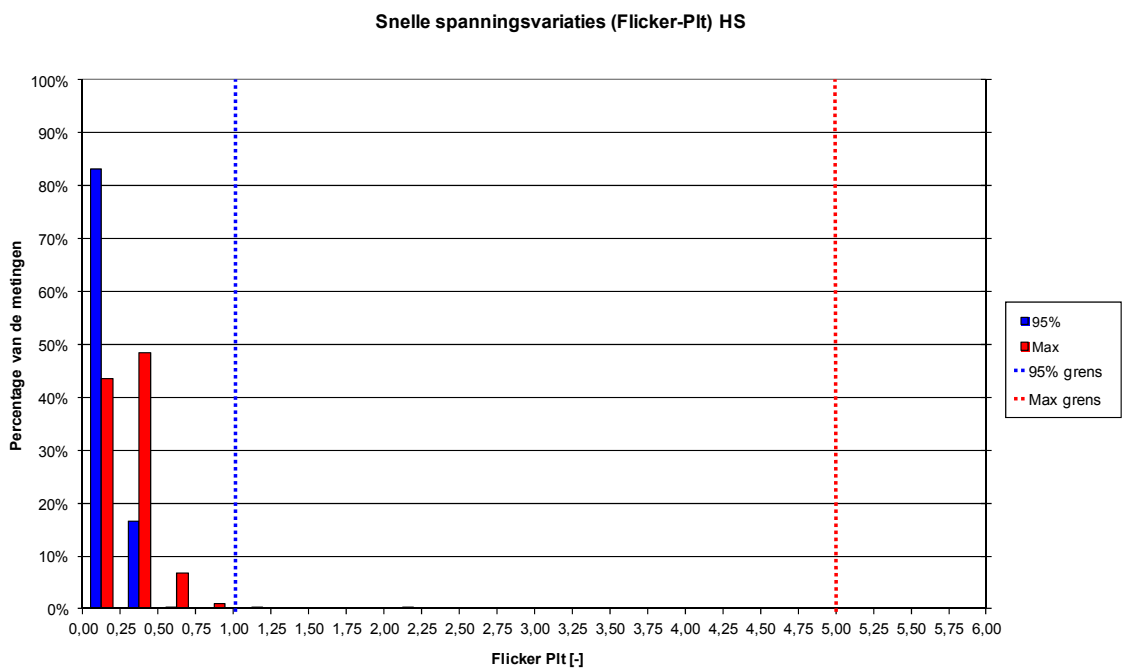


Figuur B10: 24^e harmonische MS-netvlak

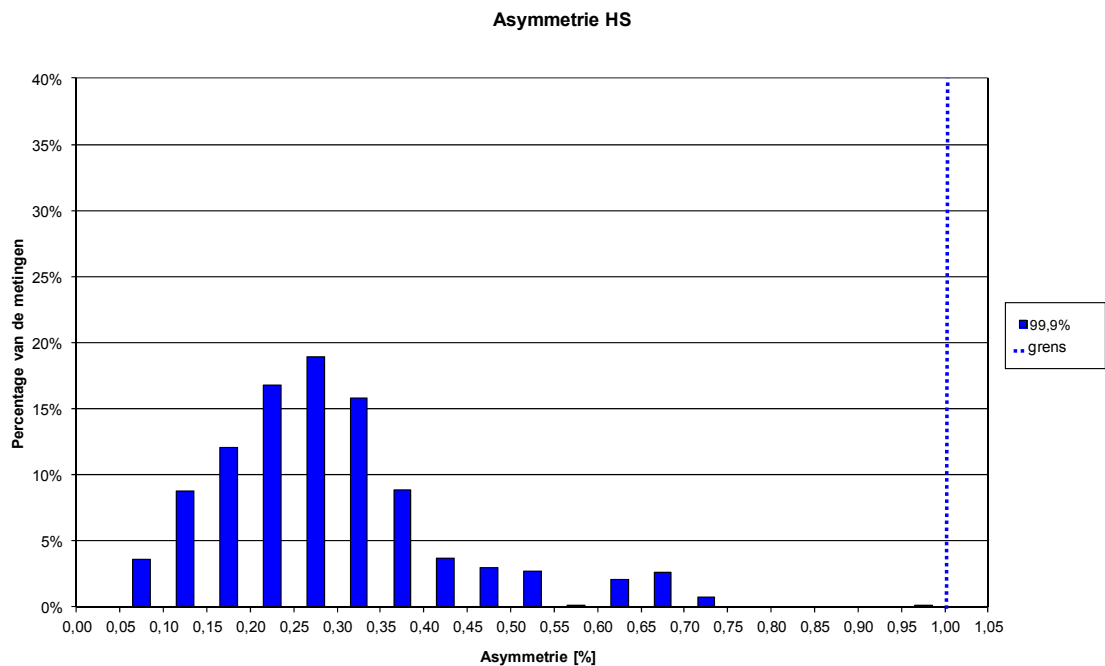
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak



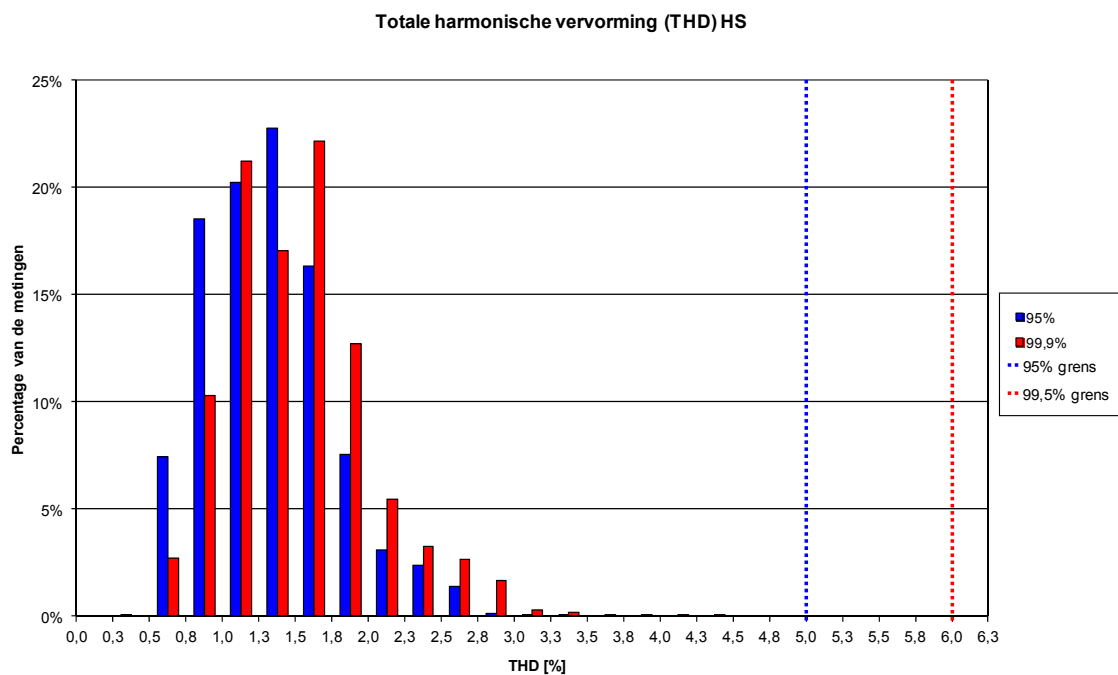
Figuur C1: Langzame spanningsvariatie HS-netvlak



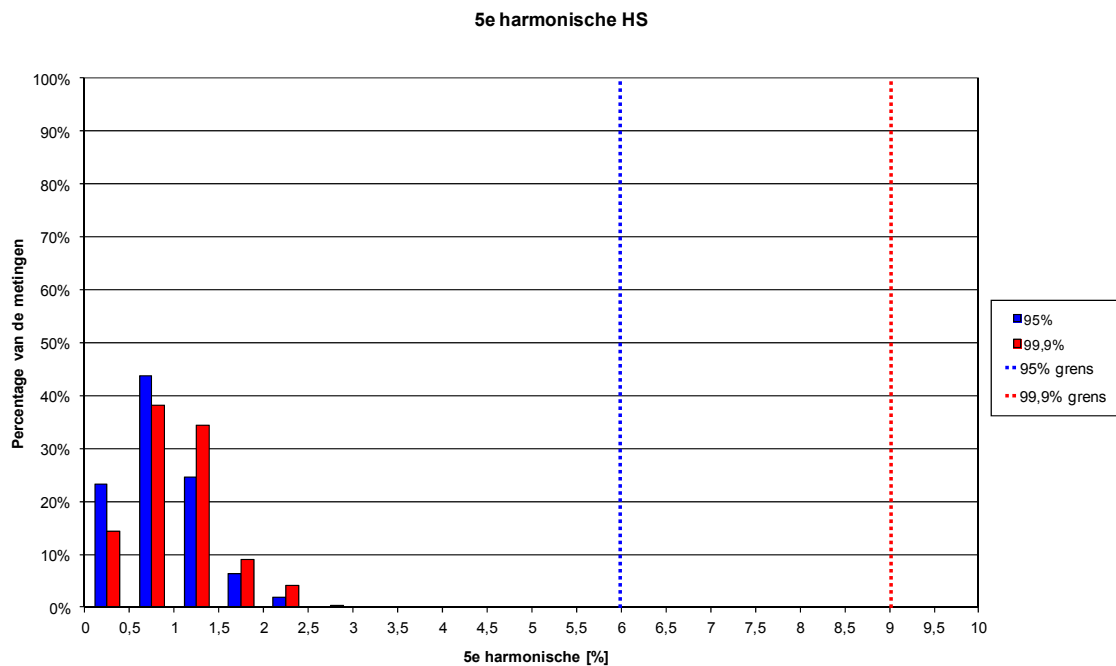
Figuur C2: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak



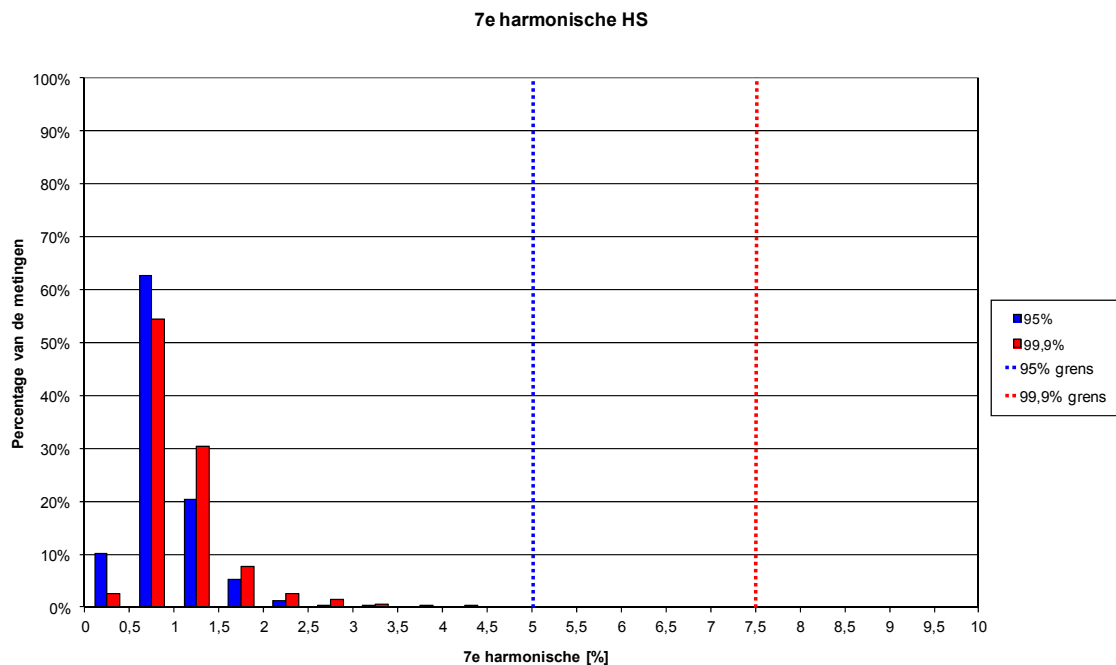
Figuur C3: Asymmetrie HS-netvlak



Figuur C4: Totale harmonische vervorming HS-netvlak



Figuur C5: 5^e harmonische HS-netvlak



Figuur C6: 7^e harmonische HS-netvlak

Bijlage D: Toelichting overschrijdingen

D1: Overschrijding snelle spanningsvariatie (Plt)				
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)			
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (Plt)			
Meetperiode	17 april - 24 april 2012			
Grenswaarden	Plt - 95%	1,0		
Meetwaarden per fase	Plt - 95%	1,083	-	-

Beschrijving

Op 17 april en 23 april is een overschrijding geconstateerd van de Plt fase L1. Van 19 april t/m 21 april is de Plt ca. 0,95 geen overschrijding maar wel zeer langdurig hoog.

Oorzaak

De overschrijding van Plt fase L1 komt op 3 momenten voor. Omdat er geen duidelijke oorzaak voor de overschrijding gegeven kon worden, is ter controle een hermeting uitgevoerd. De hermeting heeft op in de week van 2 mei t/m 9 mei plaatsgevonden. Uit de meetresultaten blijkt dat er van de overschrijding van Plt geen sprake meer is en voldoet aan de kwaliteitseisen uit de Netcode.

Oplossing

Er is geen duidelijke verklaring voor de oorzaak van de overschrijding en verschillen tussen de meetresultaten achterhaald.

D2: Overschrijdingen 15e harmonische				
Spanningsniveau		230 V (laagspanning)		
Kenmerk		15e harmonische		
Aantal metingen		7 stuks		
Meetperiode (in 2012)	Meting 1	Startdatum	Einddatum	
	Meting 2	19 april	26 april	
	Meting 3	10 mei	17 mei	
	Meting 4	23 augustus	30 augustus	
	Meting 5	3 september	10 september	
	Meting 6	16 januari	23 januari	
	Meting 7	1 juni	8 juni	
	Meting 7	7 november	14 november	
Grenswaarden	H15 - 95%	0,5		
	H15 - 99,9%	0,75		
Meetwaarden per fase		H15 - 95%		
	Meting 1	0,58	0,60	0,64
	Meting 2	-	0,62	-
	Meting 3	0,58	0,60	0,64
	Meting 4	-	0,50	-
	Meting 5	-	0,68	0,51
	Meting 6	0,53	0,69	-
	Meting 7	0,53	0,69	0,64
		H15 – 99,9%		
	Meting 5	-	0,76	-
	Meting 6	-	0,85	-
Bij meting 1,2, 3, 4 en 7 is geen overschrijding m.b.t. de 99,9%-grenswaarde geconstateerd.				

Beschrijving

Bij zeven van de 57 geanalyseerde LS-metingen is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van de 95%-grenswaarde. Bij twee van deze metingen is daarnaast ook de 99,9%-grenswaarde overschreden. Het aantal overschrijdingen komt overeen met het aantal van de afgelopen jaren (zie bijlage E).

Oorzaak

Voor zover bekend ondervinden klanten geen overlast met betrekking tot de overschrijdingen van bovengenoemde grenswaarden. Er zijn geen klachten in relatie tot de betreffende meetlocaties ontvangen. Desondanks is de PQM-contactgroep in 2011 reeds gestart met nadere onderzoeken naar het verschijnsel. Tot op heden is uit diverse onderzoeken nog een eenduidige oorzaak naar voren gekomen. Hieronder volgt een samenvatting van de onderzoeksresultaten tot dusver.

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. De overschrijdingen hebben verspreid over heel Nederland plaatsgevonden, zowel in stedelijke gebieden als op het platteland.

Tijd- of seizoensgebonden

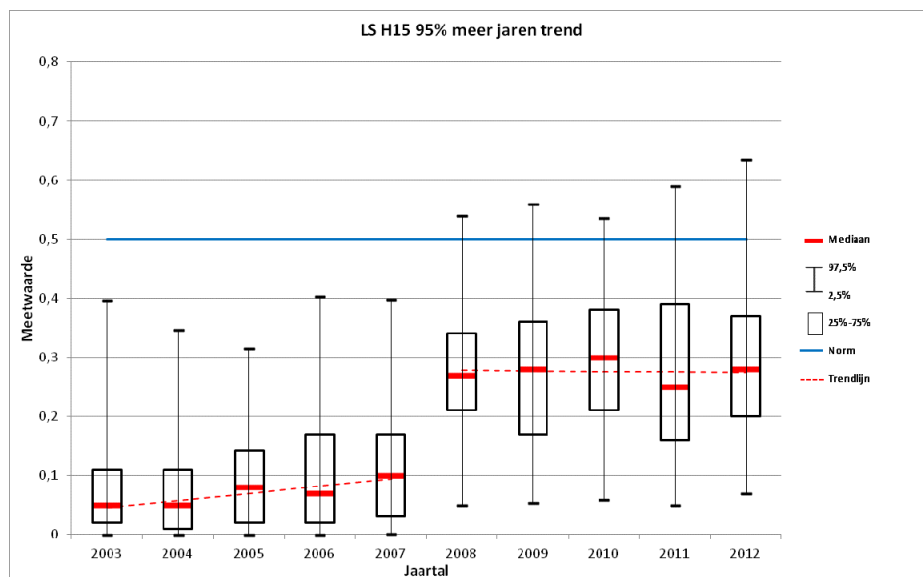
Verder is onderzocht of de overschrijdingen (vooral) in een bepaald seizoen of rondom een bepaald tijdstip plaatsvinden. Dit blijkt ook niet het geval te zijn. De overschrijdingen vinden zowel in de zomer als winter plaats en zowel overdag als 's nachts.

Normeisen

Vorig jaar is een promotieonderzoek afgerond aan de TU Eindhoven met als titel 'Power Quality Requirements and Responsibilities at the Point of Connection' (auteur: Sharmistha Bhattacharyya). Gedurende 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 streng zijn als deze vergeleken worden met de normeisen van de andere individuele harmonischen.

Trendanalyse

Uit een trendanalyse van de 15^e harmonischen (95%-meetwaarde) blijkt dat er tussen 2007 en 2008 een sprong heeft plaatsgevonden in de meetwaarden, zie onderstaande figuur. Deze sprong is statistisch zeer significant. Movares heeft 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 D2: Trendanalyse 15^e harmonische, 2003-2012

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 - de Fluke 435 - voldoet aan de meeteisen en onnauwkeurigheden zoals gesteld in de normen IEC 61000-430 Class A en IEC 61000-4-7, is een Statement of Compliance aangevraagd en controlemeting uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat het meetinstrument ruimschoots aan de gestelde criteria voldoet.

Op basis van de onderzoeksresultaten acht Movares 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.

Deze constatering onderschrijft het beeld binnen de PQM-contactgroep dat de geregistreerde overschrijdingen in de periode 2008-2011 daadwerkelijk hebben plaatsgevonden.

Oplossing

In 2013 worden verschillende acties gestart om de overschrijdingen op de 15e harmonische in te perken. Zo wordt via de normcommissie Systeemaspecten van de elektriciteitsvoorziening (NEC 8) kenbaar gemaakt dat verruiming van de normering (NEN-EN 50160) met betrekking tot de individuele harmonischen gewenst lijkt te zijn. Verder wordt in kaart gebracht in hoeverre het onderwerp binnen andere Europese landen actueel is.

Daarnaast heeft de PQM-contactgroep een actie uitgezet om onafhankelijk de schadelijkheid van de geconstateerde harmonische vervuilingen en verruiming van de norm te laten onderzoeken.

Op basis van de resultaten van bovenstaande onderzoeken worden vervolgacties uitgezet.

D3: Overschrijding snelle spanningsvariatie (Plt)				
Spanningsniveau	10 kV (middenspanning)			
Kenmerk	Snelle spanningsvariatie (Plt)			
Meetperiode	21 augustus – 28 augustus 2012			
Grenswaarden	Plt - 100%	5,0		
Meetwaarden per fase	Plt - 100%	7,41	6,92	6,70

Beschrijving

Gedurende één interval van de meetperiode is de 100% waarde van de snelle spanningsvariatie overschreden.

Oorzaak

De oorzaak viel niet te achterhalen, daar er in het eigen net en de bedrijfsvoering ervan geen verstoringen of werkzaamheden zijn geweest in het betreffende interval. Hermeting op de locatie heeft uitgewezen dat deze waarde niet structureel wordt overschreden, maar dat het een incidentele overschrijding lijkt te zijn.

Oplossing

Er zijn geen concrete vervolgacties geformuleerd naast de hermeting welke de tijdelijkheid van deze overschrijding heeft geduid.

D4: Overschrijding individuele harmonischen				
Spanningsniveau	10 kV (middenspanning)			
Kenmerk	Individuele harmonischen (22 ^e , 23 ^e , 24 ^e en 25 ^e)			
Meetperiode	12 januari – 19 januari 2012			
Grenswaarden	H22 - 95%	0,5		
	H22 - 99,9%	0,75		
	H23 - 95%	1,5		
	H23 - 99,9%	2,25		
	H24 - 95%	0,5		
	H24 - 99,9%	0,75		
	H25 - 95%	1,5		
	H25 - 99,9%	2,25		
Meetwaarden per fase	H22 - 95%	0,53	0,59	0,59
	H22 - 99,9%	-	0,75	-
	H23 - 95%	3,18	3,25	3,19
	H23 - 99,9%	3,36	3,38	3,31
	H24 - 95%	0,74	0,82	0,78
	H24 - 99,9%	0,84	0,93	0,89
	H25 - 95%	4,04	4,42	4,04
	H25 - 99,9%	4,23	4,57	4,25

Beschrijving

Er is een overschrijding geconstateerd van meerdere individuele harmonischen, te weten: de 22^e, 23^e, 24^e en 25^e.

Oorzaak

Deze is vooralsnog niet achterhaald.

Oplossing

Door de complexiteit verbonden met het opsporen van de veroorzaker(s) van de harmonischen en de te nemen maatregelen in het net, worden eerst verdere onderzoeken gedaan. Afhankelijk van de resultaten wordt voor een bepaalde oplossing gekozen.

Bijlage E: Aantal metingen en overschrijdingen, 2002 – 2012

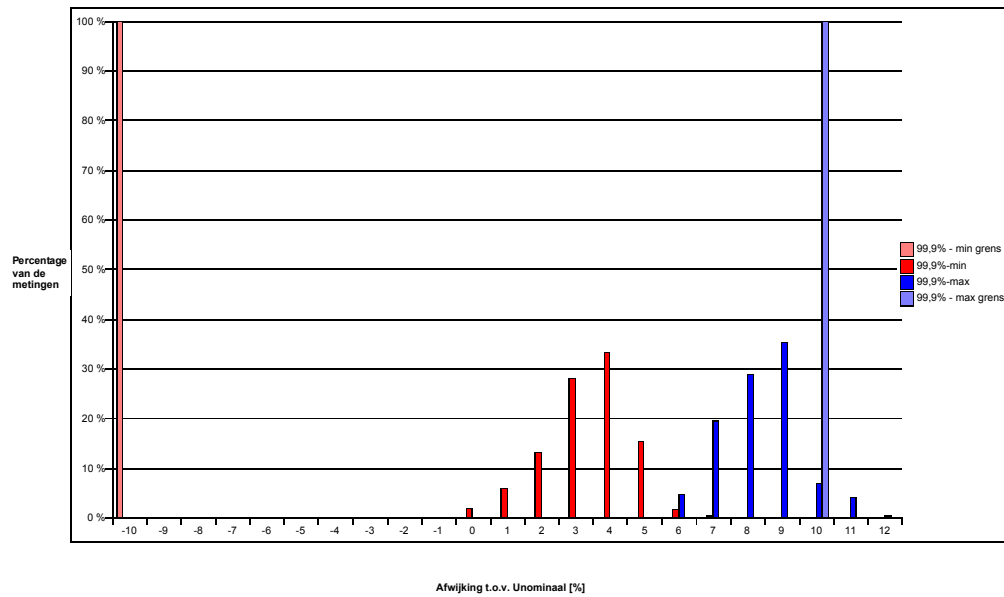
Tabel E: Aantal metingen en overschrijdingen, 2003 – 2012

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal afkeuringen door overschrijdingen			
			Langzame spanningsvariatie	Snelle spanningsvariatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
2012	LS	57	-	1	-	7
	MS	60	-	1	-	1
	HS	966	-	-	-	-
	EHS	516 ³	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	-	-	-
2004	LS	56	-	3	-	-
	MS	55	-	-	-	-
	HS	- ⁴	-	-	-	-
2003	LS	57	1	4	-	2
	MS	51	-	-	-	-
	HS	54	-	3	1	-

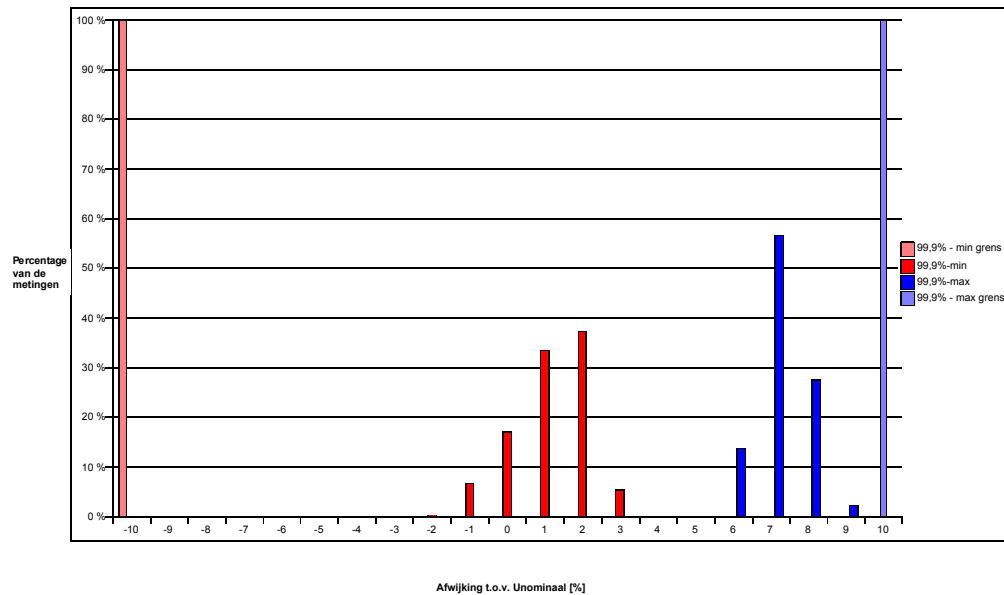
³ Het is voor het eerst dat de rapportage voor het extra hoogspanningsnet is geïntegreerd in onderliggend rapport. Dit jaar is de inhoud nog door TenneT zelf samengesteld. Vanaf volgend jaar gebeurt dit door een onafhankelijk adviesbureau.

⁴ In 2004 is er bij twintig aselect geselecteerde aangesloten in het hoogspanningsnet een permanent monitoringsysteem geïnstalleerd. Vanaf het laatste kwartaal van 2004 bewaakt dit systeem op al deze locaties continu de spanningskwaliteit.

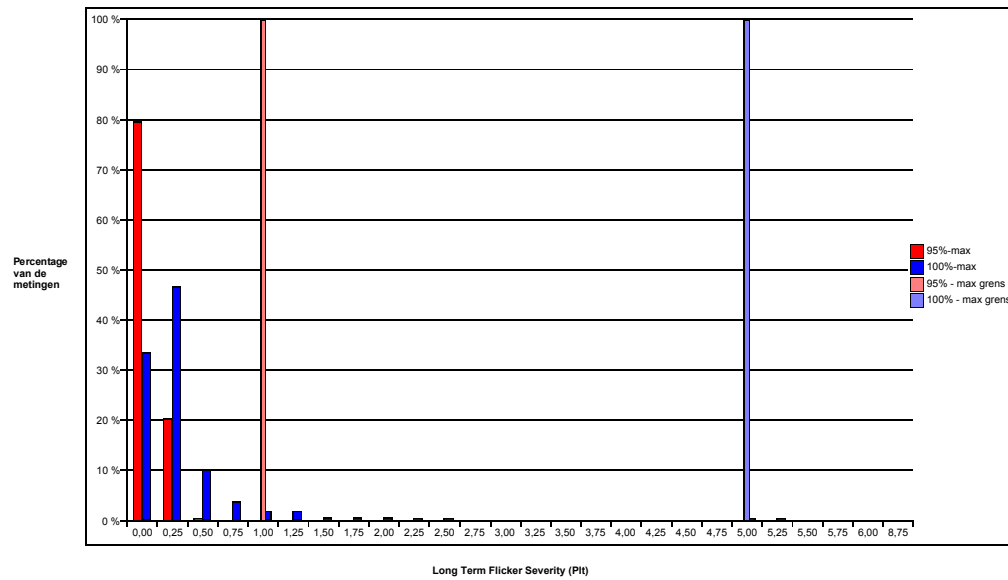
Bijlage F: Meetresultaten EHS-netvlak



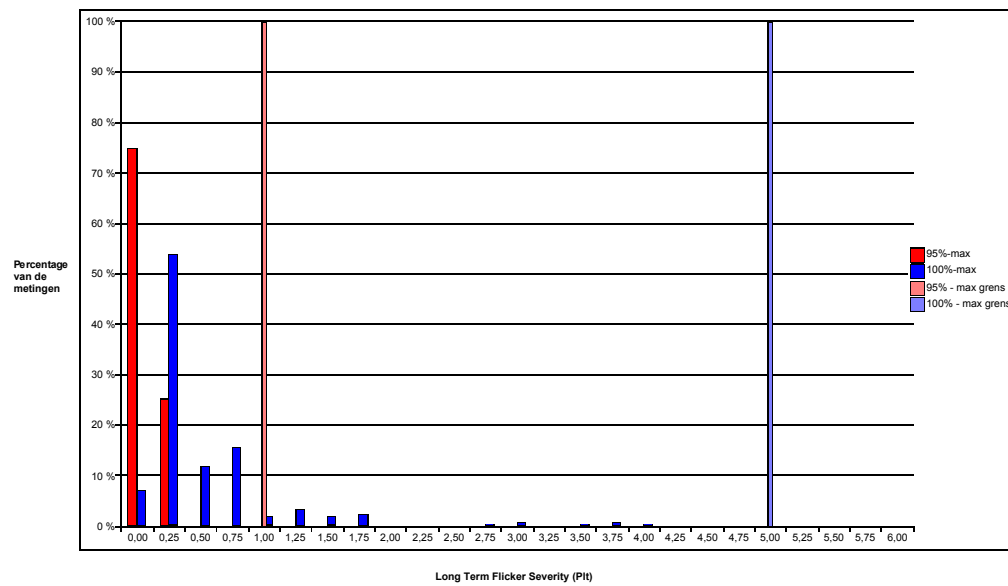
Figuur F.1: Langzame spanningsvariatie EHS-netvlak (380kV)



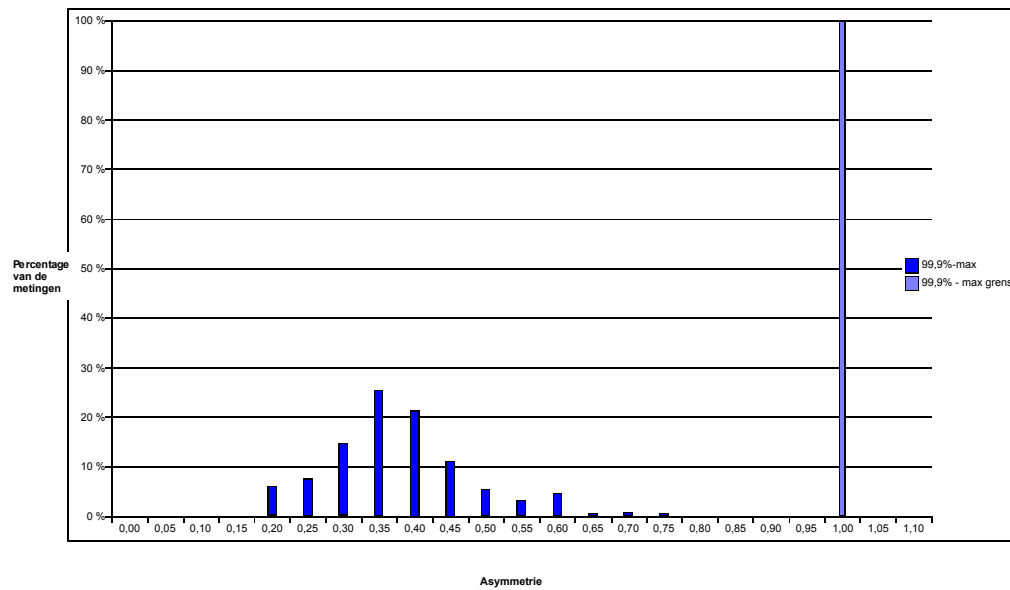
Figuur F.2: Langzame spanningsvariatie EHS-netvlak (220kV)



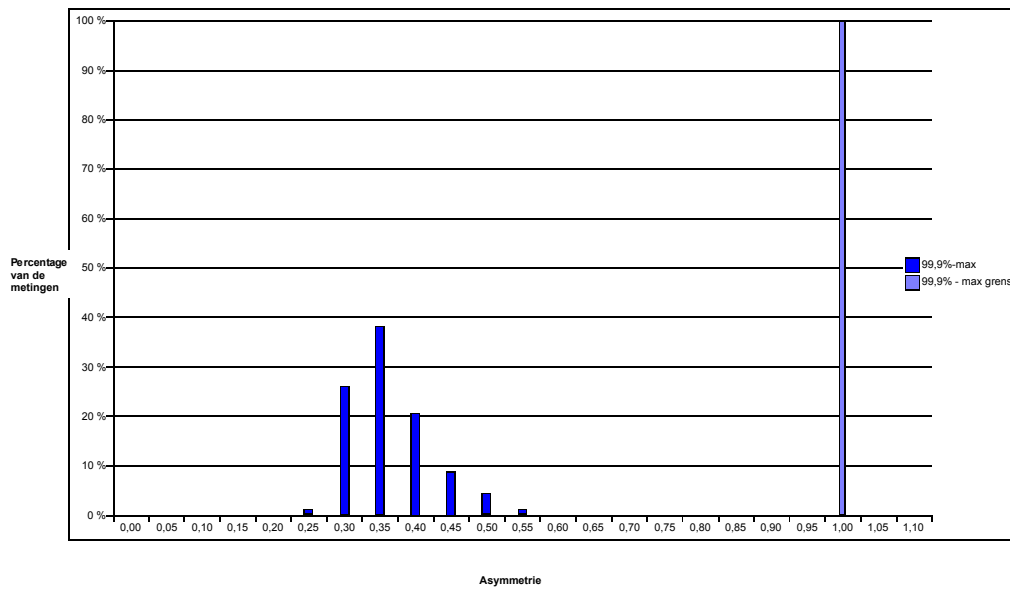
Figuur F.3: Snelle spanningsvariatie PLT EHS-netvlak (380kV)



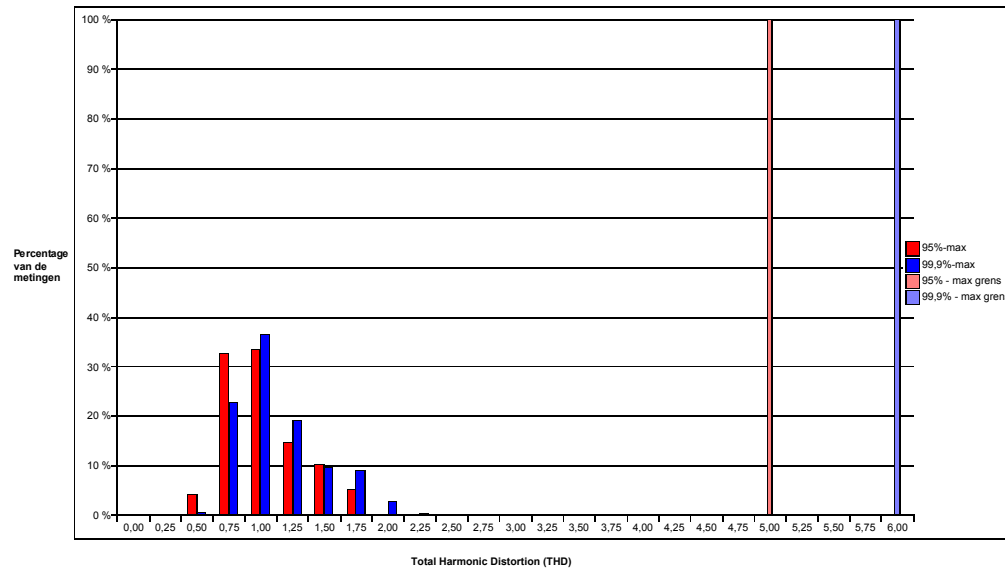
Figuur F.4: Snelle spanningsvariatie PLT EHS-netvlak (220kV)



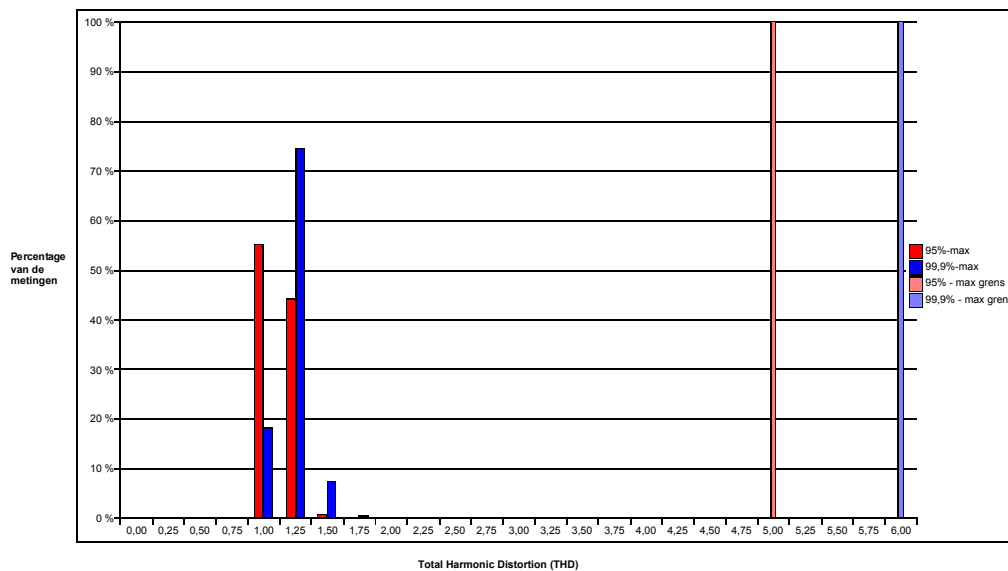
Figuur F.5: Asymmetrie EHS-netvlak (380kV)



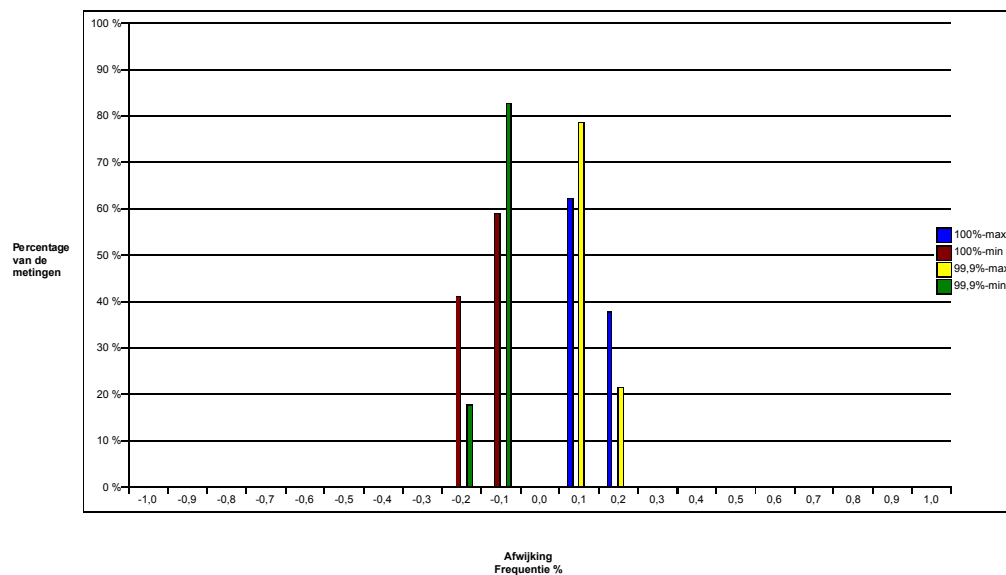
Figuur F.6: Asymmetrie EHS-netvlak (220kV)



Figuur F.7: Harmonischen THD EHS-netvlak (380kV)



Figuur F.8: Harmonischen THD EHS-netvlak (220kV)



Figuur F.9: Frequentie EHS-netvlak (380kV)

Colofon

Project Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2012

Projectnummer RM131183

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**

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

Uitgave Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.

Projectmanager Rik Luiten

Auteurs Hans Wolse, Luuk Derksen en Jeroen van Waes

Kenmerk RM-ME-130208-01 / Versie 1.0

Datum 26 april 2013

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

070 - 205 50 00
secretariaat@netbeheernederland.nl