

Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2011

Laag-, midden- en hoogspanning (tot en met 150 kV)

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**
Henk van Bruchem

Movares Nederland B.V.
Auteurs Hans Wolse, Rik Luiten, Tom Bogaert
Kenmerk IN-EN-120005368 – versie 1.0

Utrecht, 12 april 2012

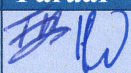
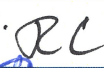
© 2012, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Autorisatieblad

Spanningskwaliteit in Nederland, resultaten 2011

Laag-, midden- en hoogspanning (tot en met 150 kV)

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Hans Wolse, Rik Luiten, Tom Bogaert		12 april 2012
Controle door	Patrick Groenewoud	b.a. 	12 april 2012
Vrijgave door	Herman Sibbel		12 april 2012

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 2011. 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 hoogspanningnet (tot en met 150 kV) spanningsdips en transiënten geregistreerd. Dit rapport komt in nauwe samenwerking met de Nederlandse netbeheerders tot stand en is bedoeld voor iedereen die interesse heeft in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. Het rapport wordt digitaal beschikbaar gesteld via de website www.netbeheernederland.nl.

Binnen het PQM-project worden 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 2011 zijn in het laagspanningsnetvlak 59 bruikbare weekmetingen uitgevoerd. Bij 7 van deze weekmetingen is een overschrijding geconstateerd ten aanzien van de 15^e harmonische. Bij 1 van deze weekmetingen is daarnaast ook op andere individuele harmonischen 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 79% en 94% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het middenspanningsnetvlak zijn 58 bruikbare weekmetingen uitgevoerd in 2011. Alle metingen hebben voldaan aan de criteria voor spanningskwaliteit. Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat tussen de 94% en 100% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

In het hoogspanningsnetvlak is in 2011 op 20 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. Tijdens 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.

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 2011	9
3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen	9
3.2 Aantal overschrijdingen	9
3.3 Laagspanningsnetvlak	10
3.4 Middenspanningsnetvlak	11
3.5 Hoogspanningsnetvlak	11
3.6 Resultaten spanningsdips	11
4 Trendanalyse, 2002 – 2011	13
4.1 Snelle spanningsvariatie	13
4.2 Asymmetrie	16
4.3 Totale harmonische vervorming	17
5 Ontwikkelingen Power Quality Monitoring	20
Referenties	22
 Bijlagen	
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak	24
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak	28
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak	31
Bijlage D: Toelichting overschrijdingen	34
Bijlage E: Aantal metingen en overschrijdingen, 2002 – 2011	37
Colofon	38

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. Toetsing op naleving van deze eisen wordt gedaan door de Energiekamer-NMa.

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. Het rapport komt in nauwe samenwerking met de Nederlandse netbeheerders tot stand en is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in de spanningskwaliteit van de Nederlandse elektriciteitsnetten. Het rapport wordt digitaal beschikbaar gesteld via de website www.netbeheernederland.nl.

In voorliggend rapport worden de resultaten gepresenteerd van de spanningskwaliteit in de verschillende netvlakken Nederland in 2011. 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 spanningsvariëaties, snelle spanningsvariëaties (leidend tot flicker), spanningsasymmetrie en harmonische spanningen. Aanvullend worden in het hoogspanningnet (tot en met 150 kV) spanningsdips en transiënten¹ 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 kV².

Zowel de betrouwbaarheid als de spanningskwaliteit van de elektriciteitsvoorziening worden door de Nederlandse netbeheerders bewaakt. Het PQM-project richt specifiek zich op de spanningskwaliteit van de elektriciteitsvoorziening. Over de betrouwbaarheid (onvoorziene niet-beschikbaarheid) van de elektriciteitsnetten wordt door de netbeheerders gerapporteerd in de publicatie “Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland” en 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.

Voor het PQM-project vindt ieder jaar in zowel het laag- als middenspanningsnetvlak een aselece 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 aselece 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 hoogspanningsnetvlak (tot en met 150 kV) wordt gebruik gemaakt van een continu meetsysteem op twintig meetlocaties, die in 2004 steekproefsgewijs zijn geselecteerd. De evaluatie van de metingen is per week. Op basis van de meetresultaten wordt een statistische uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van het Nederlandse hoogspanningsnetvlak, vertaald naar landelijke proporties.

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 [3]. Dit handboek is voor de betrokken netbeheerders 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 2011. 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 spanningniveau 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 visueel verschijnsel dat resulteert in snelle veranderingen van de lichtintensiteit van elektrische lampen. 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 spanningsvariaties 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 drie-fase 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 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 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 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 dips kunnen motoren tot stilstand komen.

Spanningsdips worden voornamelijk 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 2011

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van de spanningskwaliteitsmetingen die in 2011 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 hoogspanningsnetvlak worden aanvullend de geregistreerde spanningsdips gepresenteerd.

3.1 Geplande en bruikbare weekmetingen

Tabel 1 geeft een overzicht van de power quality metingen die in 2011 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.

In de praktijk wordt het geplande aantal metingen vaak net niet gehaald, omdat zich voorziene of onvoorziene omstandigheden hebben voorgedaan. Denk hierbij aan geplande onderbrekingen (onderhoud), kalibraties of storingen. Zoals tabel 1 laat zien, missen het afgelopen jaar met name in het hoogspanningsnetvlak relatief veel weekmetingen (99 stuks). De voornaamste reden hiervoor is dat in 2011 alle meetinstrumenten enkele weken voor een kalibratie naar de fabrikant in het buitenland zijn gestuurd.

Tabel 1: Geplande en bruikbare weekmetingen

Categorie	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning
Gepland	60	60	1040
Bruikbaar	59	58	941
Gestart in juiste maand	46	46	n.v.t.

3.2 Aantal overschrijdingen

Tabel 2 bevat het aantal weekmetingen met overschrijdingen ten aanzien van de eisen uit de Netcode voor het jaar 2011. 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 2011 geregistreerd op alle 20 meetlocaties in het hoogspanningsnetvlak, zie paragraaf 3.6 voor meer informatie.

Sinds 2006 worden de meetresultaten uit tabel 2 statistisch vertaald naar landelijke proporties. De vertaling resulteert in een interval dat betrekking heeft op het

percentage aangesloten dat binnen een netvlak aan de gestelde kwaliteitseisen voldoet. De betrouwbaarheid van de uitspraak bedraagt 90%.

Tabel 2: Aantal weekmetingen met overschrijdingen

	Laagspanning	Middenspanning	Hoogspanning
Langzame spanningsvariatie	-	-	-
Snelle spanningsvariatie (flicker P_{lt})	-	-	-
Asymmetrie	-	-	-
Harmonische spanningsvervorming	7	-	-
Weekmetingen met overschrijding	7	-	-

3.3 Laagspanningsnetvlak

In 59 geanalyseerde weekmetingen van 2011 zijn tijdens zeven weekmetingen overschrijdingen geconstateerd. Tijdens één weekmeting zijn overschrijdingen geconstateerd in de 5, 7, 9, 15, 21^{ste} harmonische spanning. Daarnaast zijn in 2011 bij zes 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 ondervinden. Er zijn in elk geval geen klachten vanuit desbetreffende meetlocaties 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 blijkt dat kan worden gesteld dat er steeds meer toestellen op de markt komen waarbij harmonischen 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 zeer significant en lijkt niet alleen verklaard te kunnen worden door een toename aan vervuilde apparatuur in het net. Vermoed wordt dat de sprong is veroorzaakt door een wijziging van meetinstrument per 2008 en/of de gewijzigde steekproefopzet (zie hoofdstuk 5). Op het moment van schrijven wordt nader onderzoek uitgevoerd naar de meetverschillen. Onder andere door uitvoering van een parallelmeting.

Met een betrouwbaarheid van 90% kan worden gesteld dat in 2011 in het laagspanningsnetvlak tussen de 79% en 94% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

3.4 Middenspanningsnetvlak

In de 58 geanalyseerde weekmetingen van 2011 zijn er geen overschrijdingen geconstateerd in het middenspanningsnetvlak. Er kan met een betrouwbaarheid van 90% worden gesteld dat in 2011 in het middenspanningsnetvlak tussen de 94% en 100% van de klantaansluitingen in Nederland voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria. Zie bijlage B voor meer informatie.

3.5 Hoogspanningsnetvlak

In het hoogspanningsnetvlak is in 2011 op 20 vaste meetlocaties continu de spanningskwaliteit bewaakt. In totaal zijn 941 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.

3.6 Resultaten spanningsdips

De resultaten van de dipregistratie zijn weergegeven in tabel 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 [4]. 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 kan worden afgeleid, zijn er in 2011 in totaal 97 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: Resultaten spanningsdips

Restspanning u (%)	Duur t (ms)							
	$10 \leq t \leq 200$		$200 \leq t \leq 500$		$500 \leq t \leq 1\,000$		$1\,000 \leq t \leq 5\,000$	
$90 > u \geq 80$	1,55	8	0	0	0,05	1	0,05	1
	31	11	0	0	1	1	1	1
$80 > u \geq 70$	1,05	9	0,1	1	0,15	2	0	0
	21	7	2	2	3	2	0	0
$70 > u \geq 40$	0,3	3	0,15	1	0,1	1	0	0
	6	4	3	3	2	2	0	0
$40 > u \geq 5$	0,25	3	0,05	1	0	0	0	0
	5	3	1	1	0	0	0	0
$5 > u$	0,8	7	0,05	1	0	0	0,2	2
	16	4	1	1	0	0	4	3

Tabel 4 bevat een vergelijking van het gemiddelde en totale aantal dips tussen 2011 en 2010. Om de vergelijking zuiver te houden is naast het aantal geregistreerde dips, ook het aantal dips met een correctie voor de niet bruikbare meetweken opgenomen. Verder wordt onderscheid gemaakt in aantallen inclusief en exclusief dips met restspanning van onder de 5%.

Als gekeken wordt naar gecorrigeerde aantallen, blijkt dat er in 2011 44% minder dips hebben plaatsgevonden dan in 2010 (107 in plaats van 191). Verder kan worden geconcludeerd dat er in 2011 gemiddeld 5,4 dips per meetlocatie zijn voorgevallen. En dat dit aantal in 2010 9,7 bedroeg. 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.

Tabel 4: Samenvatting spanningsdips, 2010-2011

	2011		2010	
	Incl. u < 5%	Excl. u < 5%	Incl. u < 5%	Excl. u < 5%
Totaal aantal dips, geregistreerd	97	76	186	162
Gemiddelde aantal dips, geregistreerd	4,9	3,8	9,3	8,1
Totaal aantal dips, gecorrigeerd	107	84	191	167
Gemiddelde aantal dips, gecorrigeerd	5,4	4,2	9,6	8,3

4 Trendanalyse, 2002 – 2011

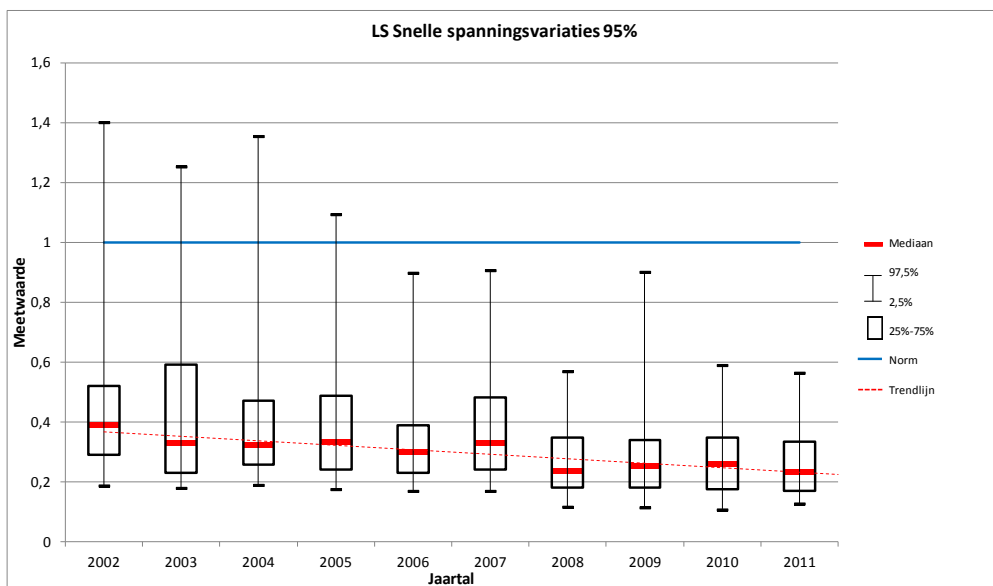
In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van een trendanalyse van een select aantal verschijnselen. De trendanalyse betreft de afgelopen tien jaar en geeft inzicht in het stijgen of dalen van de spanningskwaliteit in Nederland. De volgende verschijnselen zijn beschouwd: snelle spanningsvariatie, asymmetrie en totale harmonische vervorming. In het hoogspanningsnetvlak is de meetdata van de afgelopen zeven jaar beschouwd. Oftewel de periode 2005-2011. 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 2002 tot en met 2011 zijn samengevoegd in zogenaamde boxplots, waarbij de zogenaamde ‘uitschieters’ niet worden weergegeven omwille van de leesbaarheid van de grafieken. Utschieters 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 D.

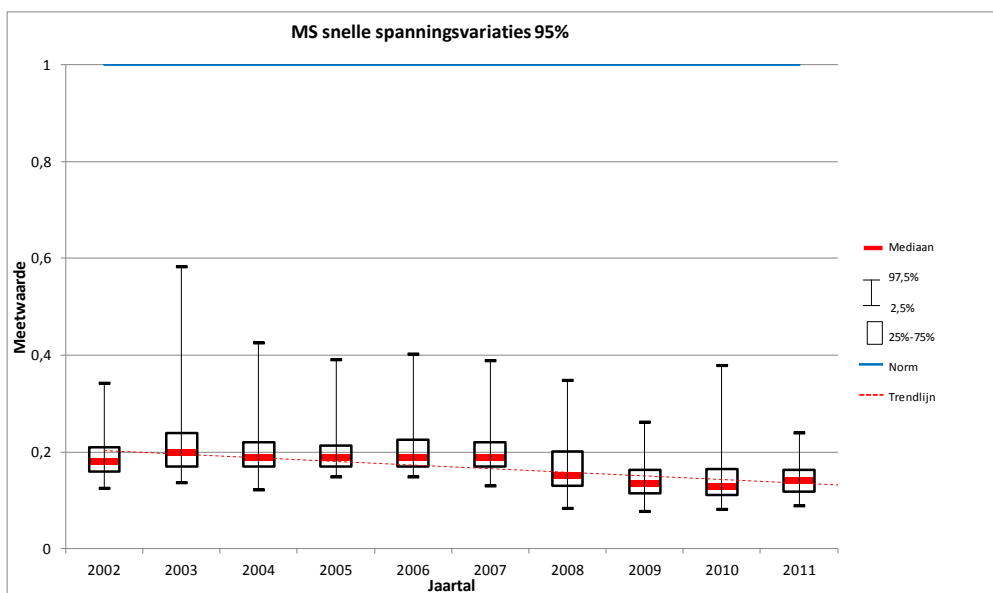
4.1 Snelle spanningsvariatie

De figuren 1 en 2 tonen de trendanalyse van de snelle spanningsvariatie in het LS-en MS-netvlak (95%-meetwaarden). Met een stippellijn wordt de trendlijn weergegeven. Deze is 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.

Wat opvalt aan de figuren is de sprong tussen 2007 en 2008. In de periode 2008-2011 ligt de mediaan structureel lager dan in de periode van voor 2008. Mogelijk heeft dit te maken met een overstap naar een nieuw meetinstrument per 2008. Deze overstap is gemaakt om conform NEN-EN-IEC 61000-4-30 [5] tegemoet te komen aan de nauwkeurigheidseisen van een klasse A meetinstrument. Het komende jaar wordt naar een nadere verklaring voor de verschillen gezocht (zie ook bijlage D).

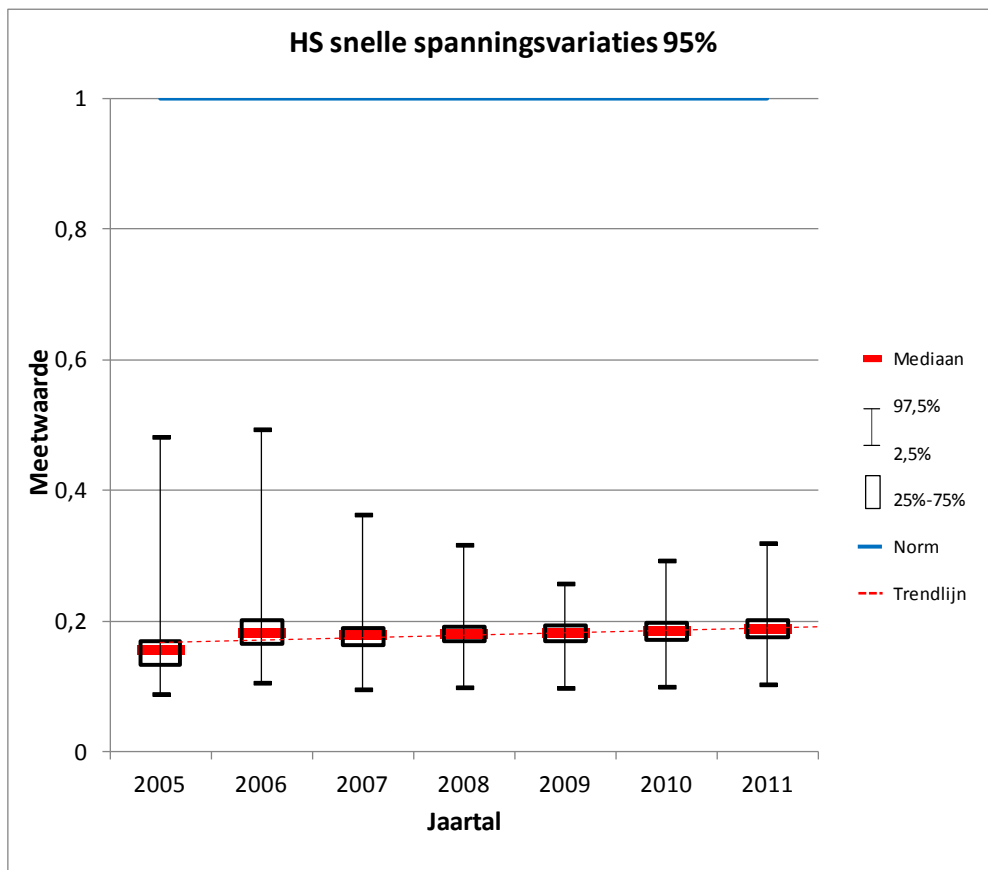


Figuur 1: Trendanalyse snelle spanningsvariatie LS-netvlak



Figuur 2: Trendanalyse snelle spanningsvariatie MS-netvlak

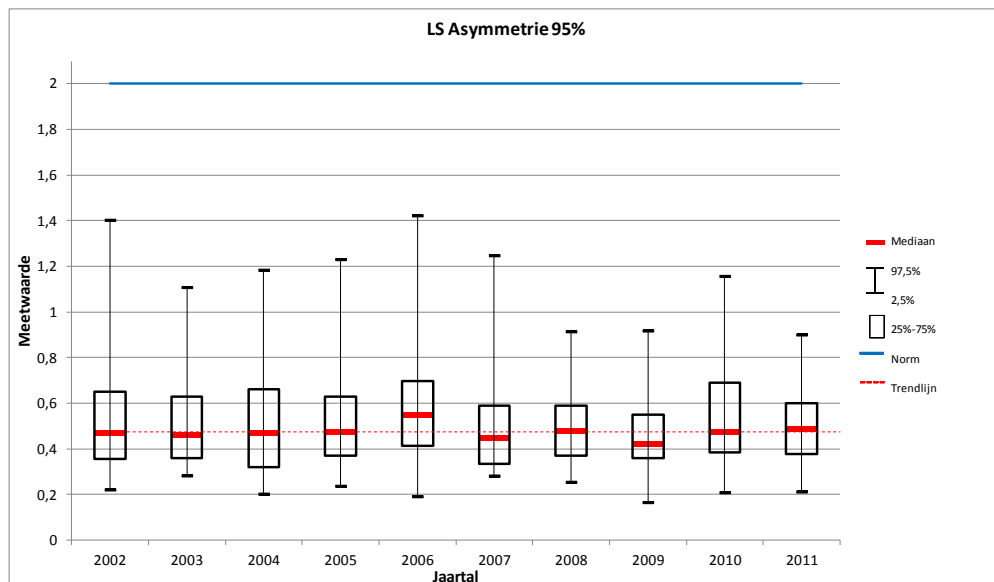
Figuur 3 laat een trendanalyse zien met betrekking tot snelle spanningsvariatie in het HS-netvlak. De analyse betreft de periode 2005-2012. Voor 2005 werd niet van het huidige, continue meetsysteem gebruik gemaakt. Op basis van de mediaan laat de figuur een licht stijgende trend zien. Verder blijkt dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm (zie blauwe lijn) liggen.



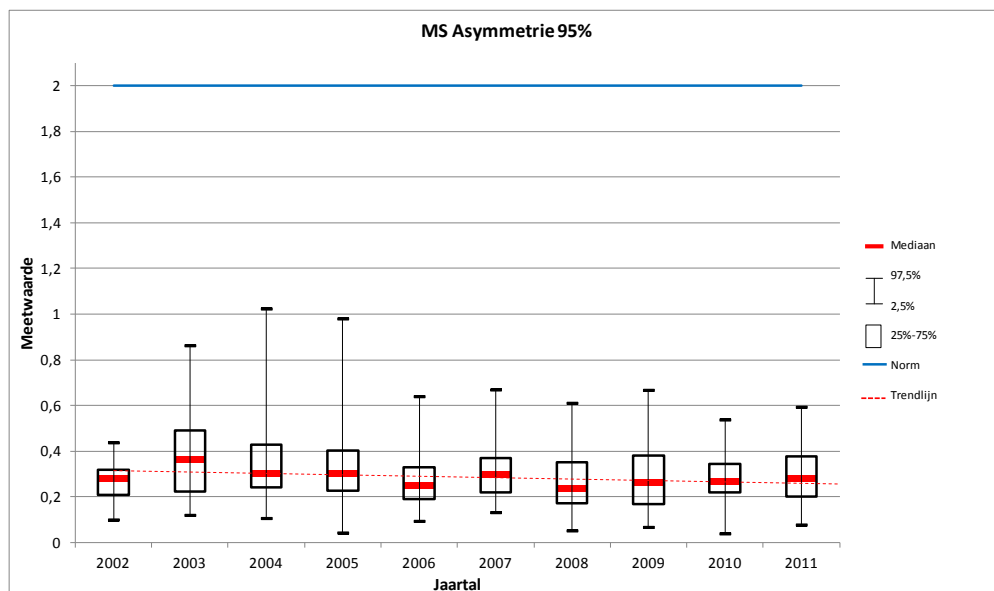
Figuur 3: Trendanalyse snelle spanningsvariatie HS-netvlak

4.2 Asymmetrie

De figuren 3 en 4 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.

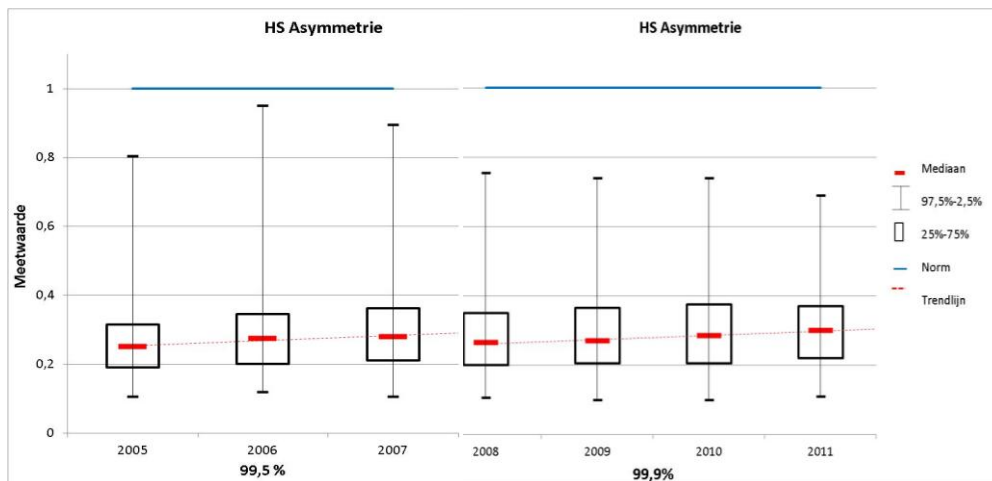


Figuur 4: Trendanalyse spanningsasymmetrie LS-netvlak



Figuur 5: Trendanalyse spanningsasymmetrie MS-netvlak

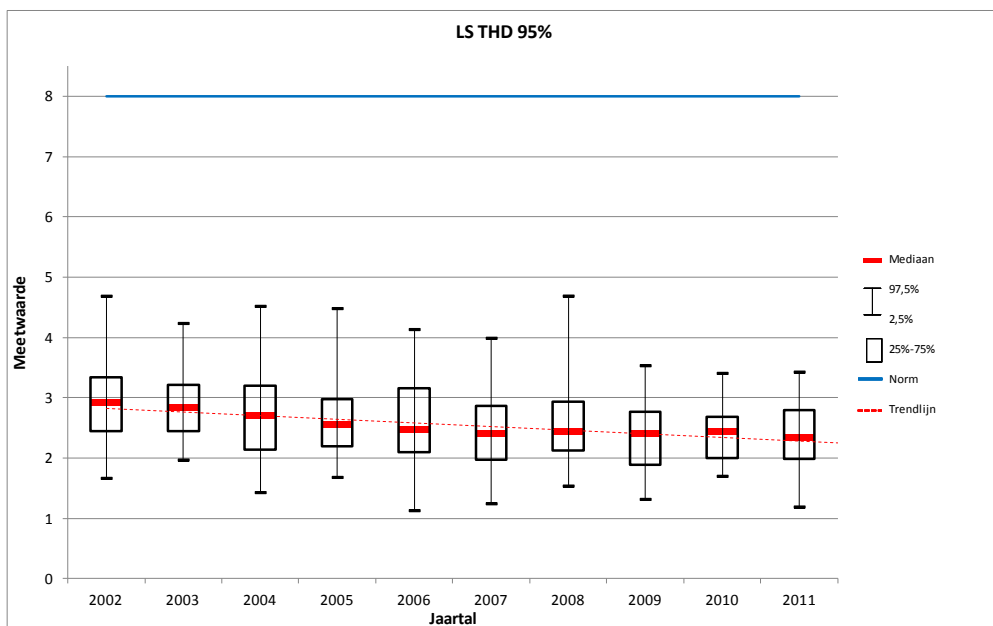
Figuur 6 laat een trensanalyse zien met betrekking tot asymmetrie in het HS-netvlak. De figuur is in tweeën gesplitst vanwege een verschil in toetsing. Tot en met 2007 was de grenswaarde vastgesteld op basis van 99,5% van de meetwaarden. Sinds 2008 is dit aangescherpt naar 99,9%. De analyse betreft de 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.



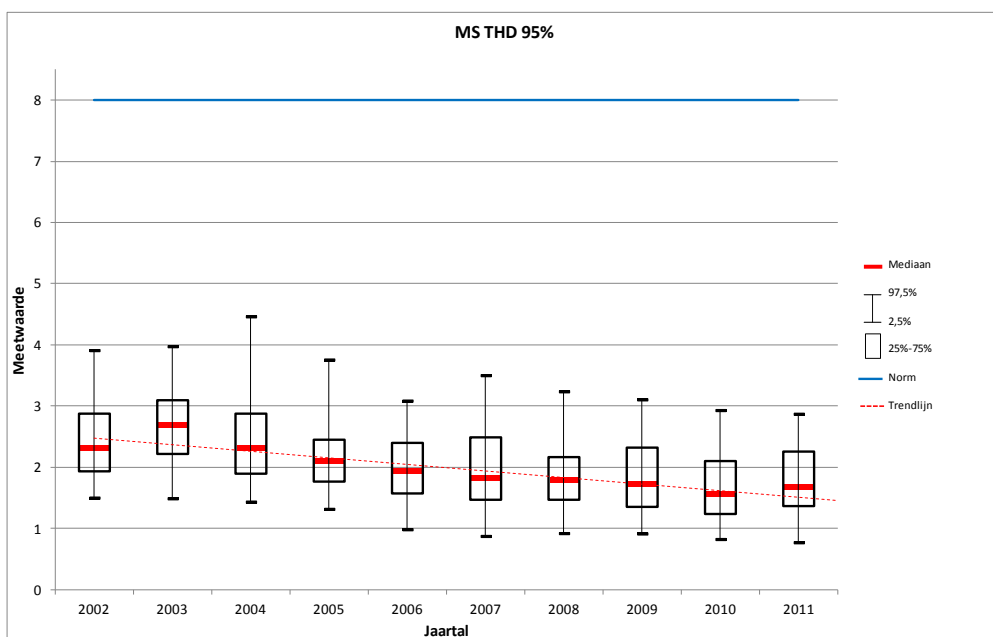
Figuur 6: Trendanalyse spanningsasymmetrie HS-netvlak

4.3 Totale harmonische vervorming

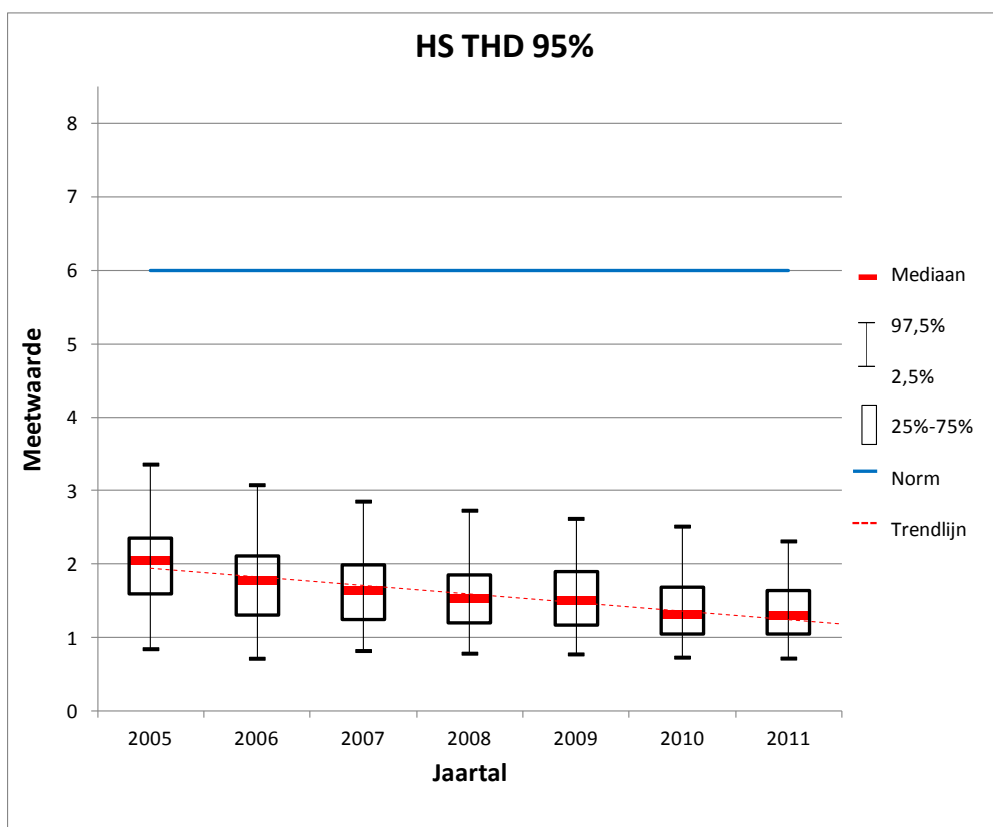
De figuren 7, 8 en 9 tonen de trendanalyse van de totale harmonische vervorming in de verschillende netvlakken (95%-toetswaarden). Met een stippellijn wordt per figuur de trendlijn weergegeven. Deze is gebaseerd op de mediaanwaarden en blijkt in alle gevallen licht te dalen. Ook blijkt in alle netvlakken dat de boxplots ruimschoots onder de grenswaarde uit de norm (zie blauwe lijn) liggen.



Figuur 7: Trendanalyse totale harmonische vervorming LS-netvlak



Figuur 8: Trendanalyse totale harmonische vervorming MS-netvlak



Figuur 9: Trendanalyse totale harmonische vervorming HS-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. Tabel 5 geeft een overzicht van de relevante ontwikkelingen weer.

Tabel 5: Ontwikkelingen PQM

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 meetsysteem ontworpen dat de spanningskwaliteit in het hoogspanningsnet continu bewaakt.

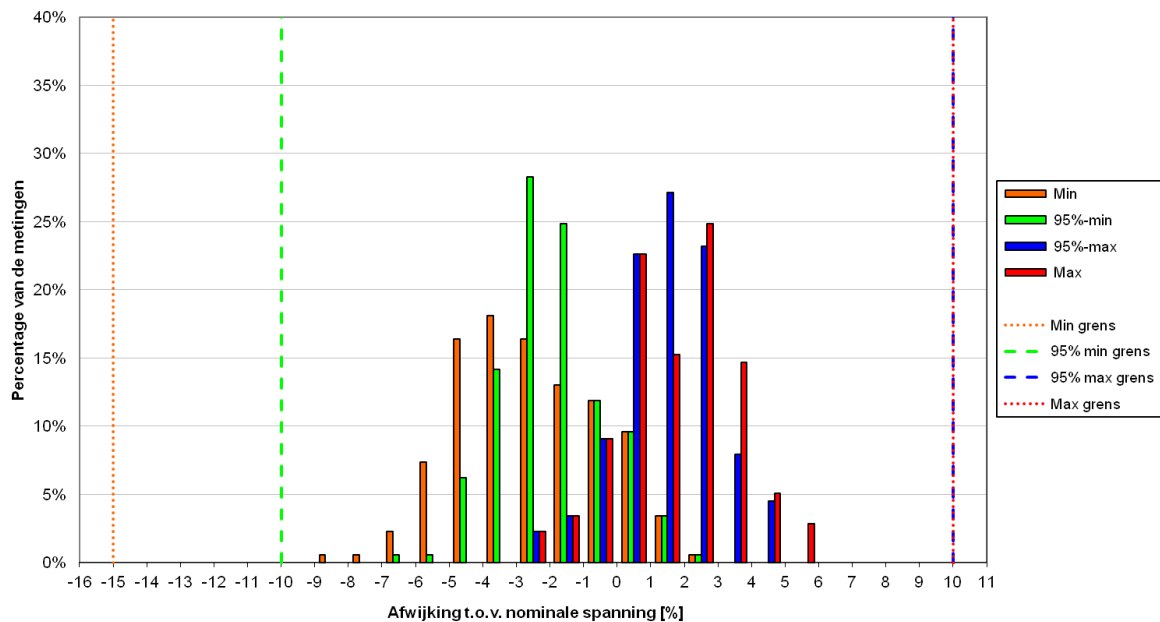
	– De NMA besluit dat de spanningskwaliteit van hoogspanningsnetten dient te worden bewaakt. Tot 2003 was er nog geen verplichting. – De NMA scherpt de kwaliteitscriteria met betrekking tot HS-netten in de Netcode nogmaals aan.
2004	– Het continue meetsysteem wordt bij twintig aselekt getrokken HS meetlocaties 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 steekproefgewijze 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.

Referenties

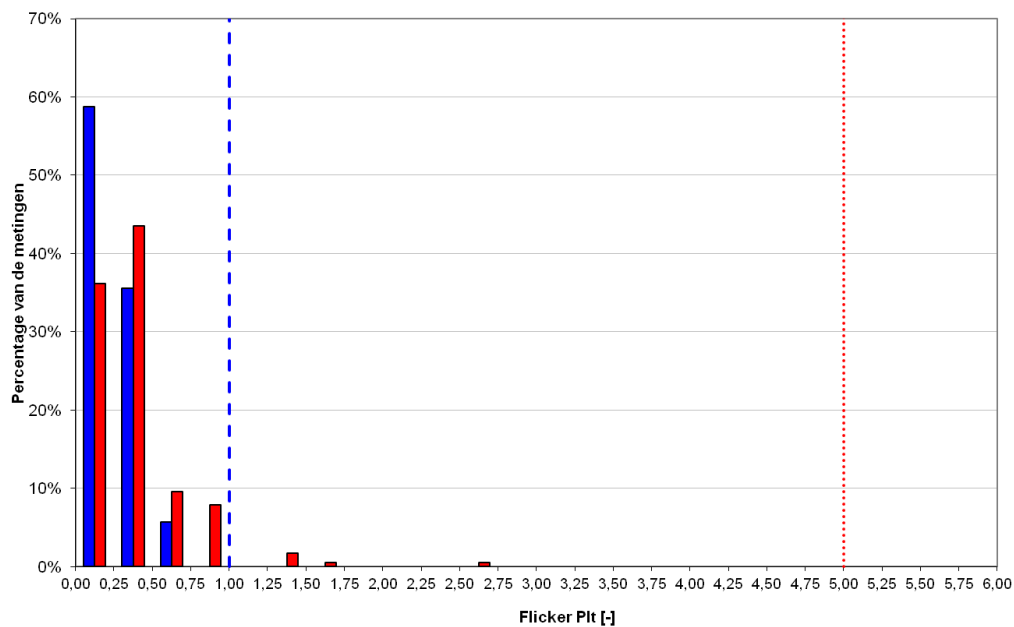
- [1] De Energiekamer-NMa (februari 2011). *Netcode Elektriciteit*. Voorwaarden als bedoeld in artikel 31, lid 1, sub a van de Elektriciteitswet 1998.
- [2] NEN (augustus 2010). *NEN-EN 50160*. Spanningskarakteristieken in openbare elektriciteitsnetten.
- [3] KEMA (augustus 2009). *Handboek Power Quality Monitoring*.
- [4] KEMA (februari 2005). *Dip(lomatiek): Grenzen aan spanningsdips*. PREGO 21.
- [5] NEN (februari 2009). *NEN-EN-IEC 61000-4-30*. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurements methods.

Bijlagen

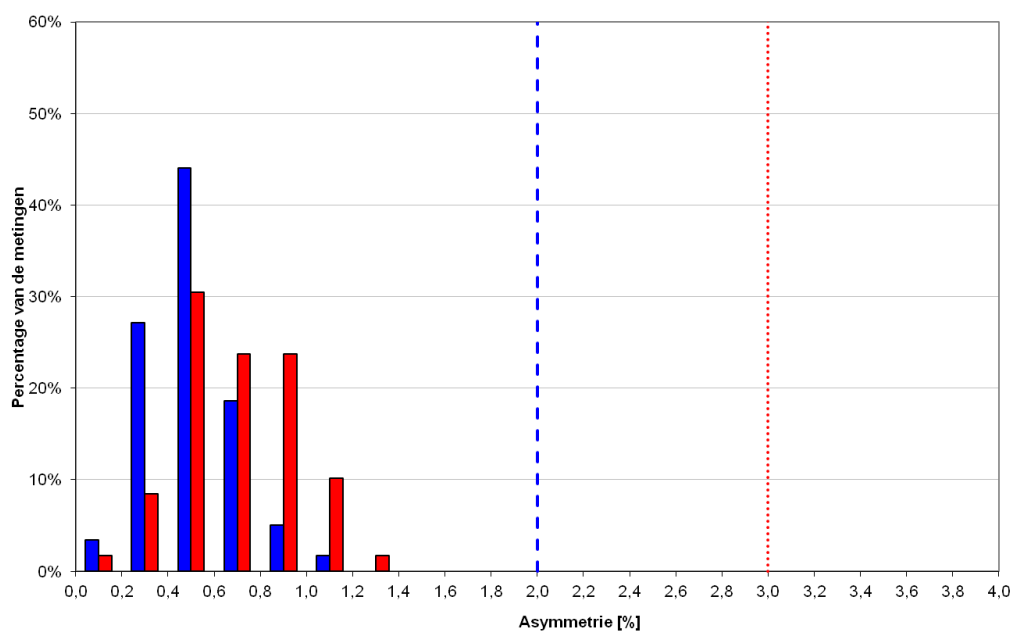
Bijlage A: Meetresultaten laagspanningsnetvlak



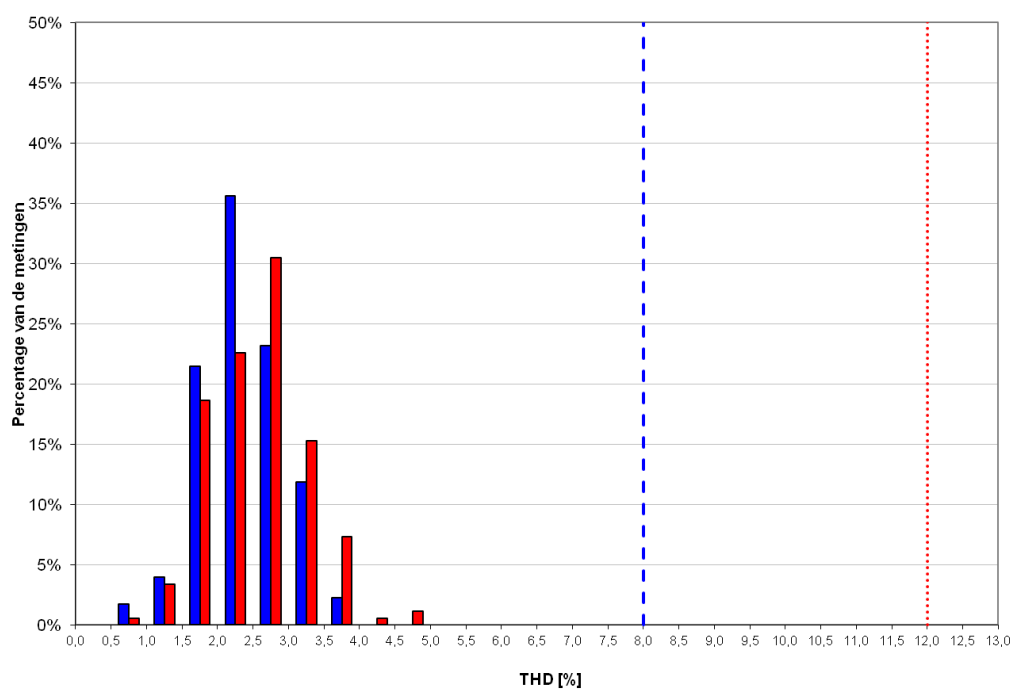
Figuur A1: Langzame spanningsvariatie LS-netvlak



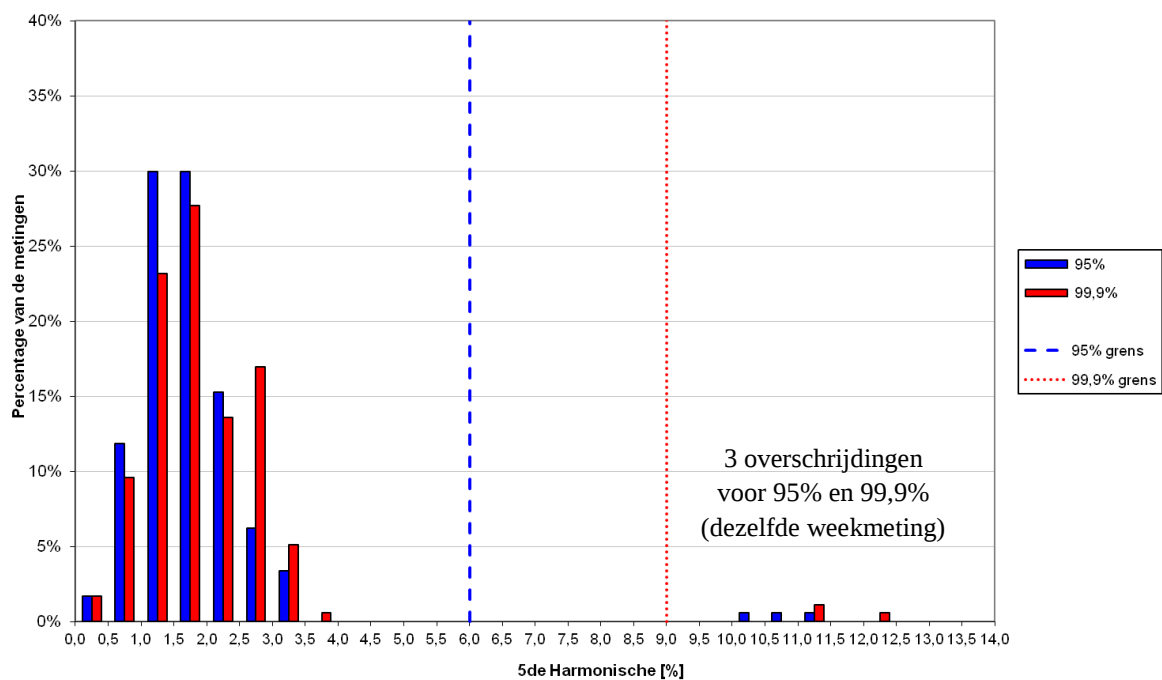
Figuur A2: Snelle spanningsvariatie LS-netvlak



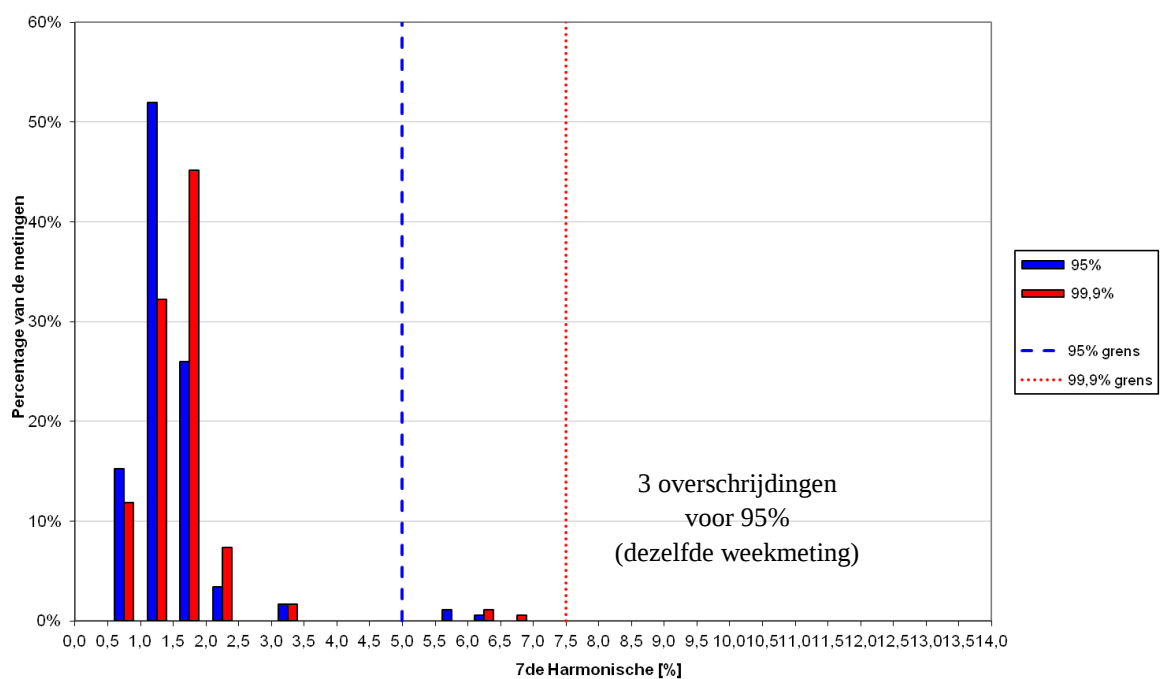
Figuur A3: Asymmetrie LS-netvlak



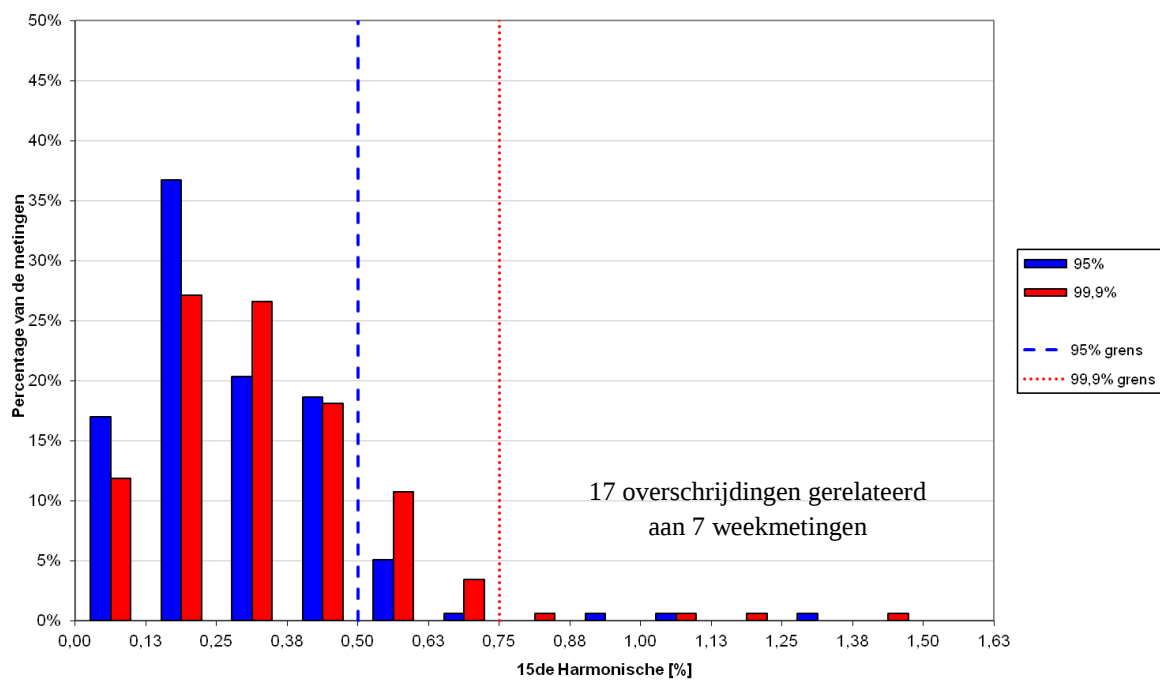
Figuur A4: Totale harmonische vervorming LS-netvlak



Figuur A5: 5^e harmonische LS-netvlak

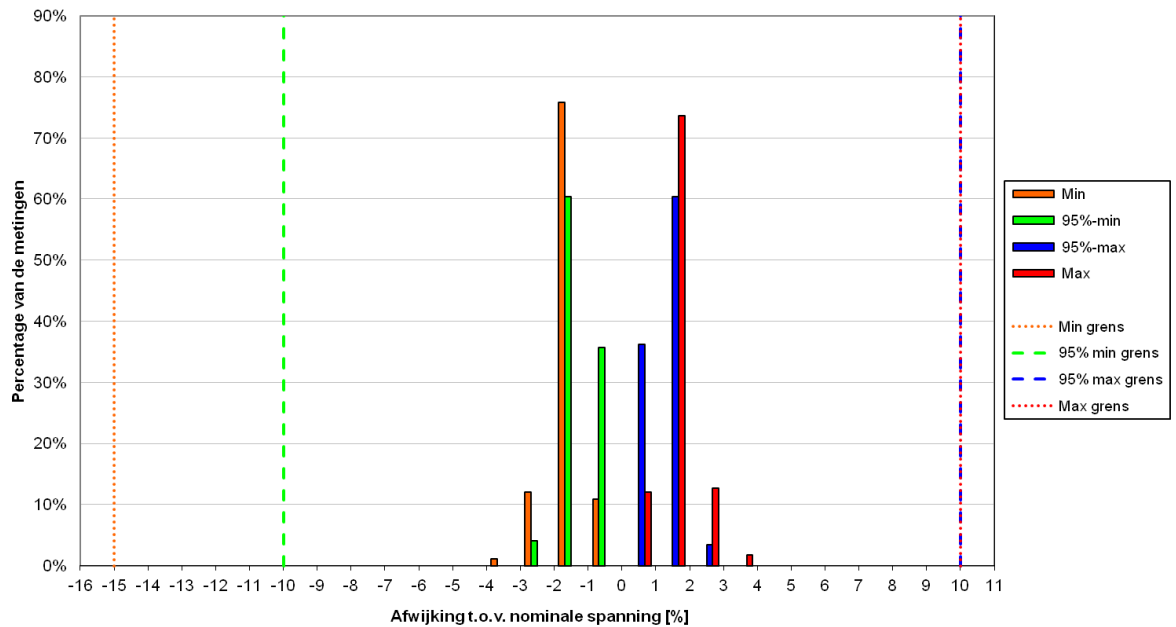


Figuur A6: 7^e harmonische LS-netvlak

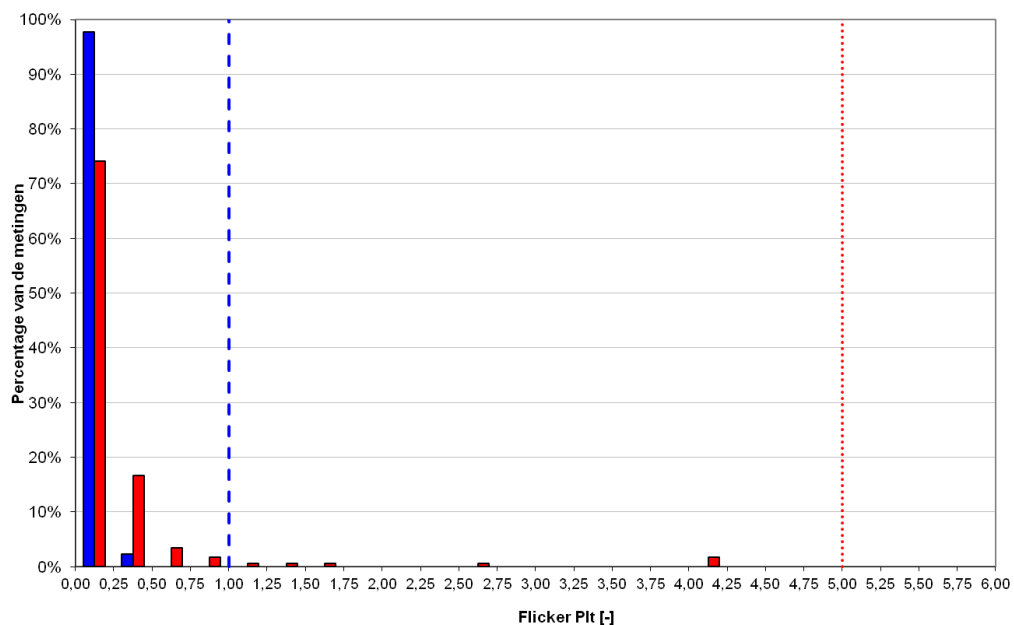


Figuur A7: 15^e harmonische LS-netvlak

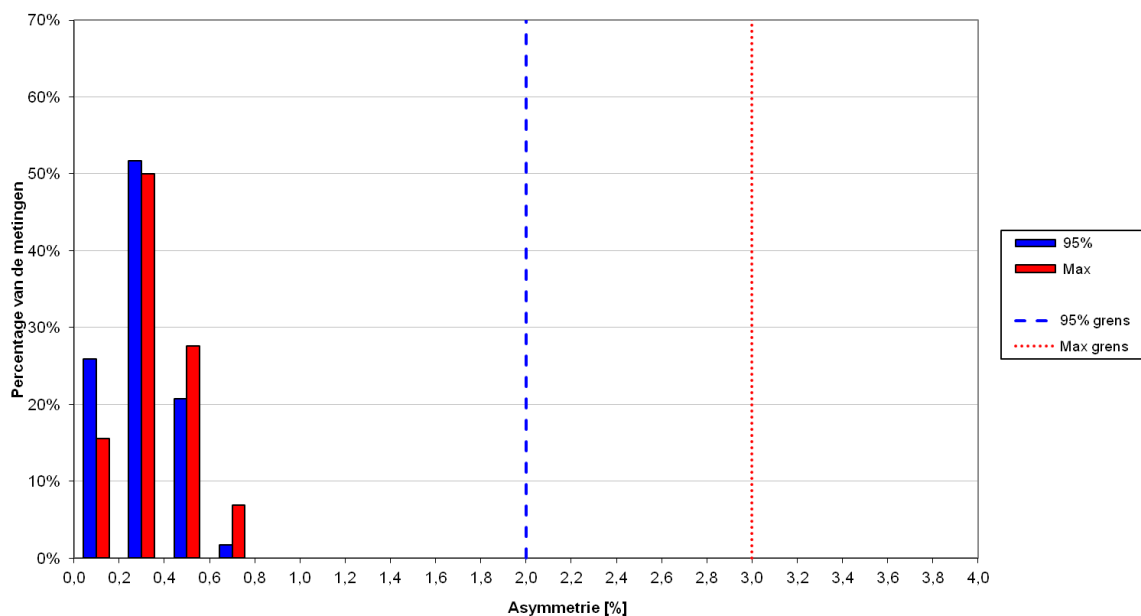
Bijlage B: Meetresultaten middenspanningsnetvlak



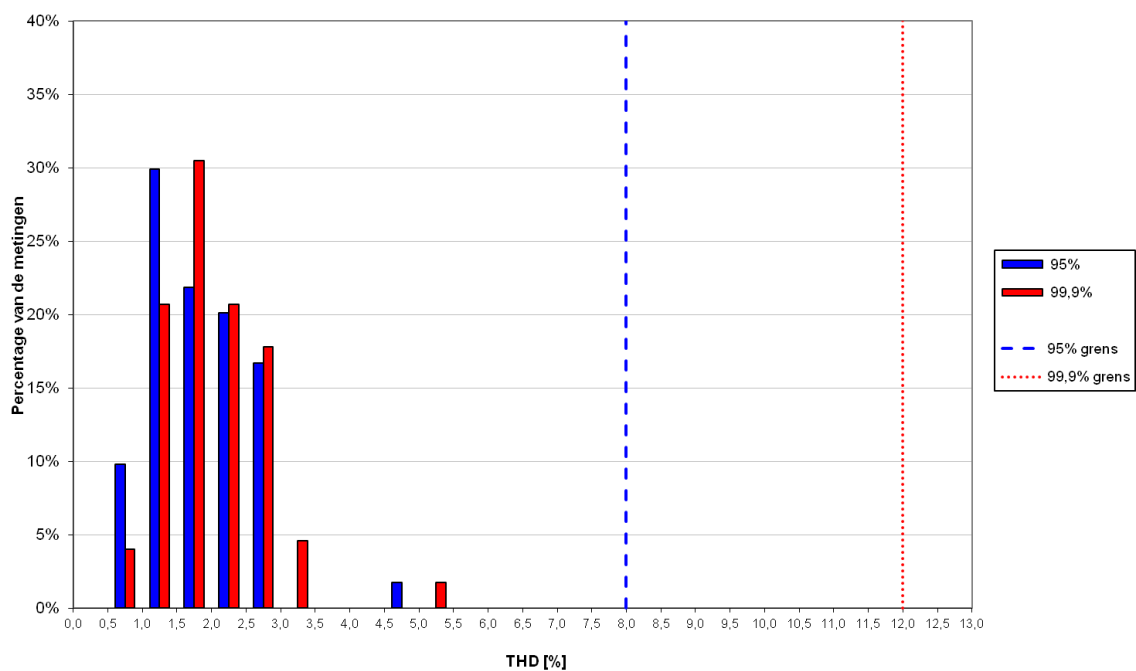
Figuur B1: Langzame spanningsvariatie MS-netvlak



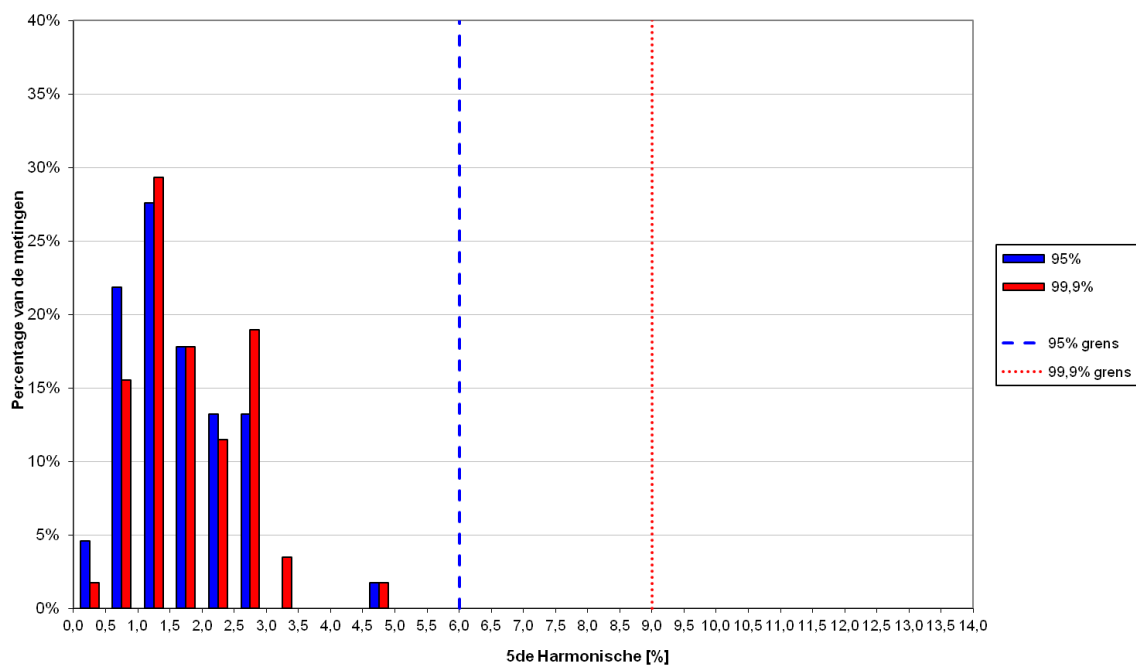
Figuur B2: Snelle spanningsvariatie MS-netvlak



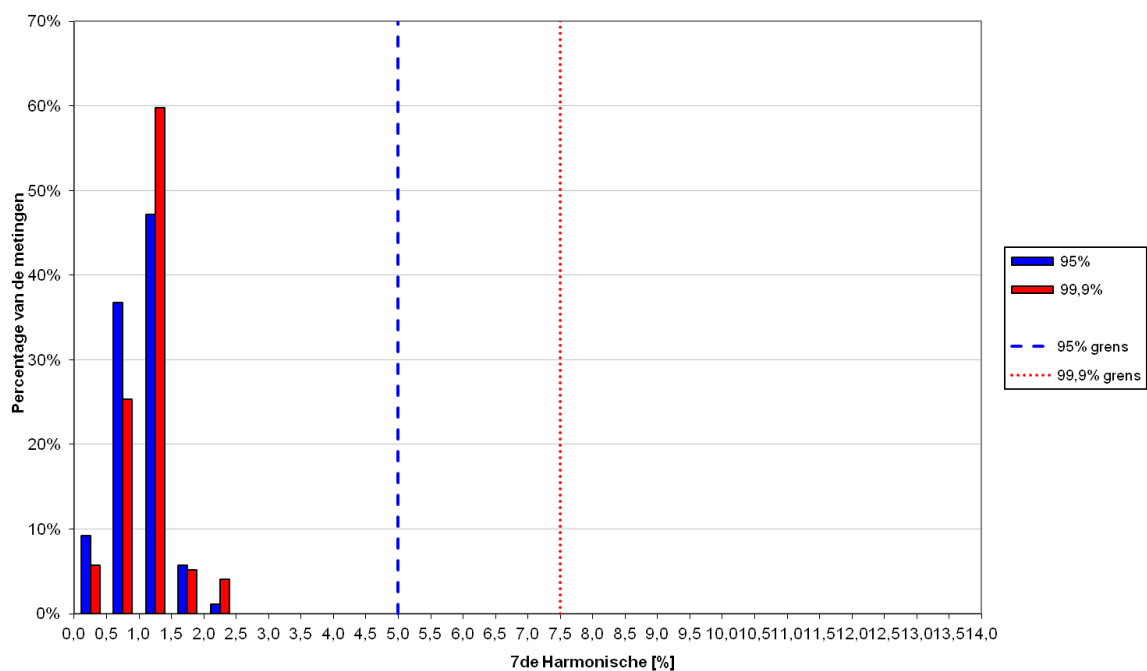
Figuur B3: Asymmetrie MS-netvlak



Figuur B4: Totale harmonische vervorming MS-netvlak

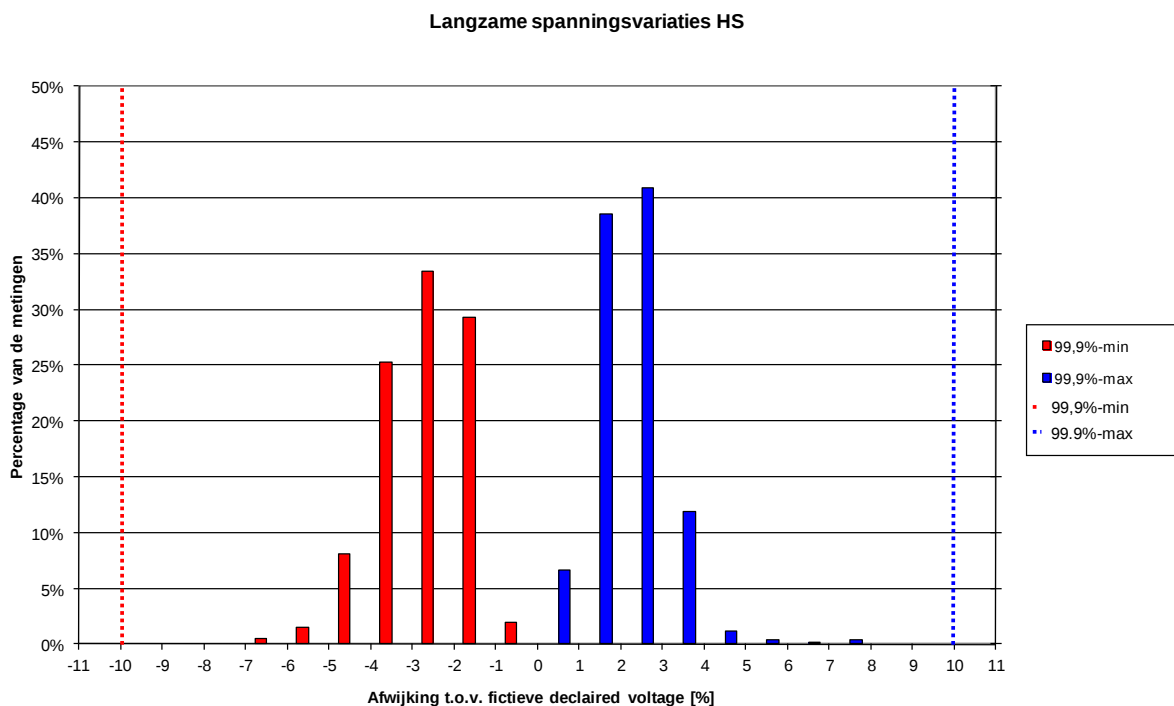


Figuur B5: 5^e harmonische MS-netvlak

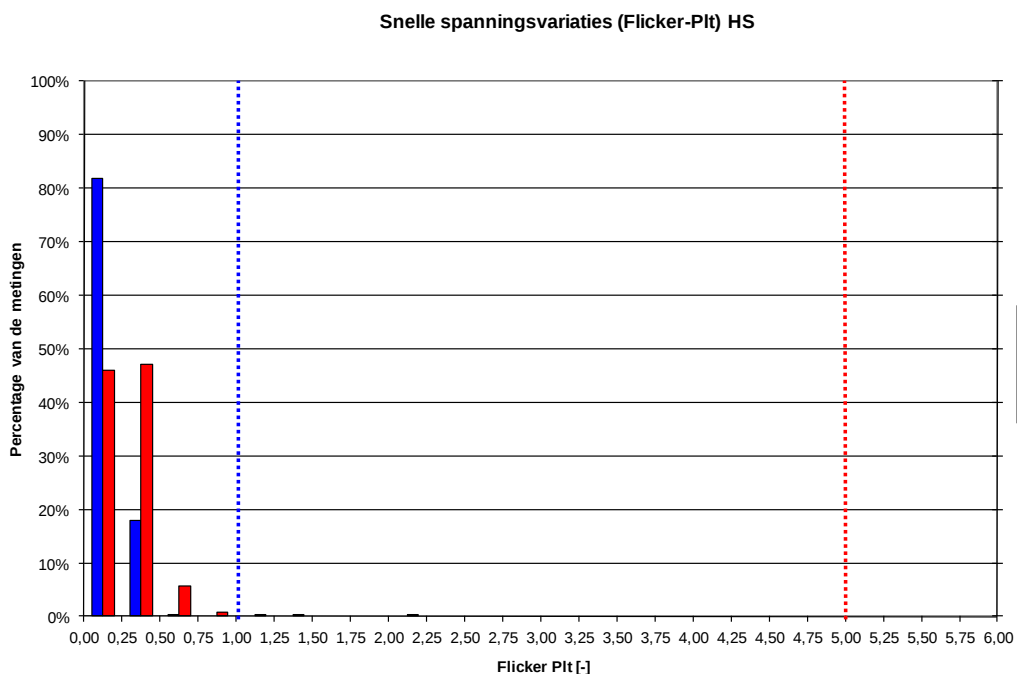


Figuur B6: 7^e harmonische MS-netvlak

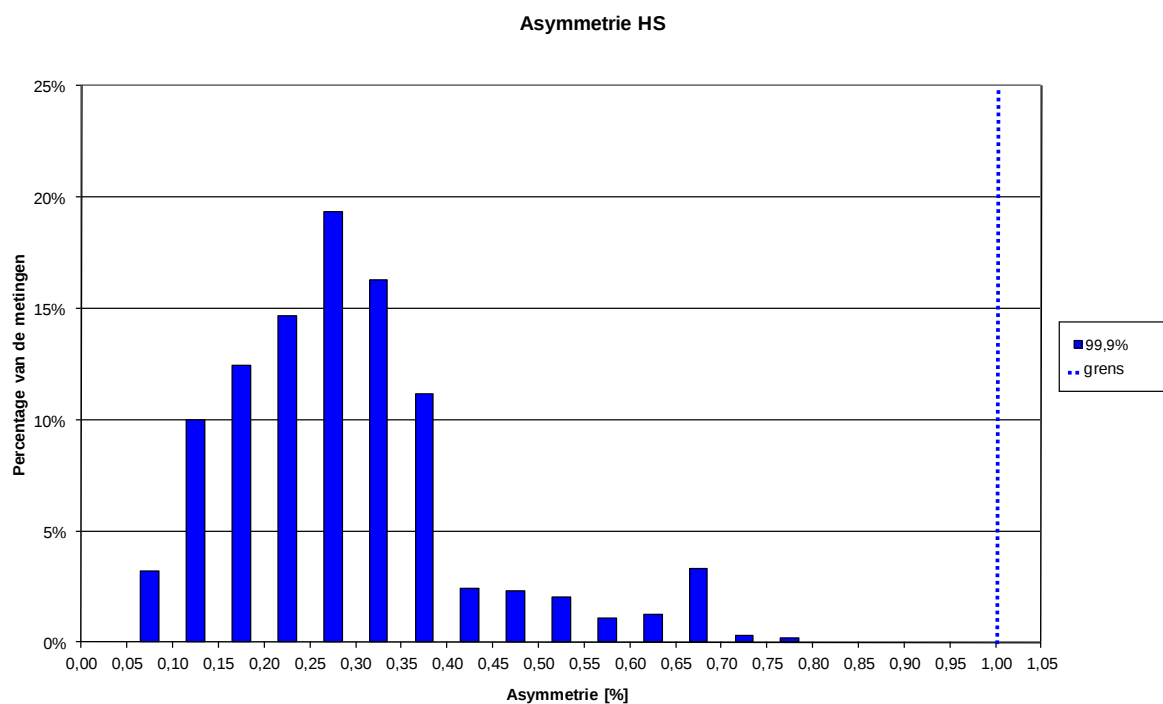
Bijlage C: Meetresultaten hoogspanningsnetvlak



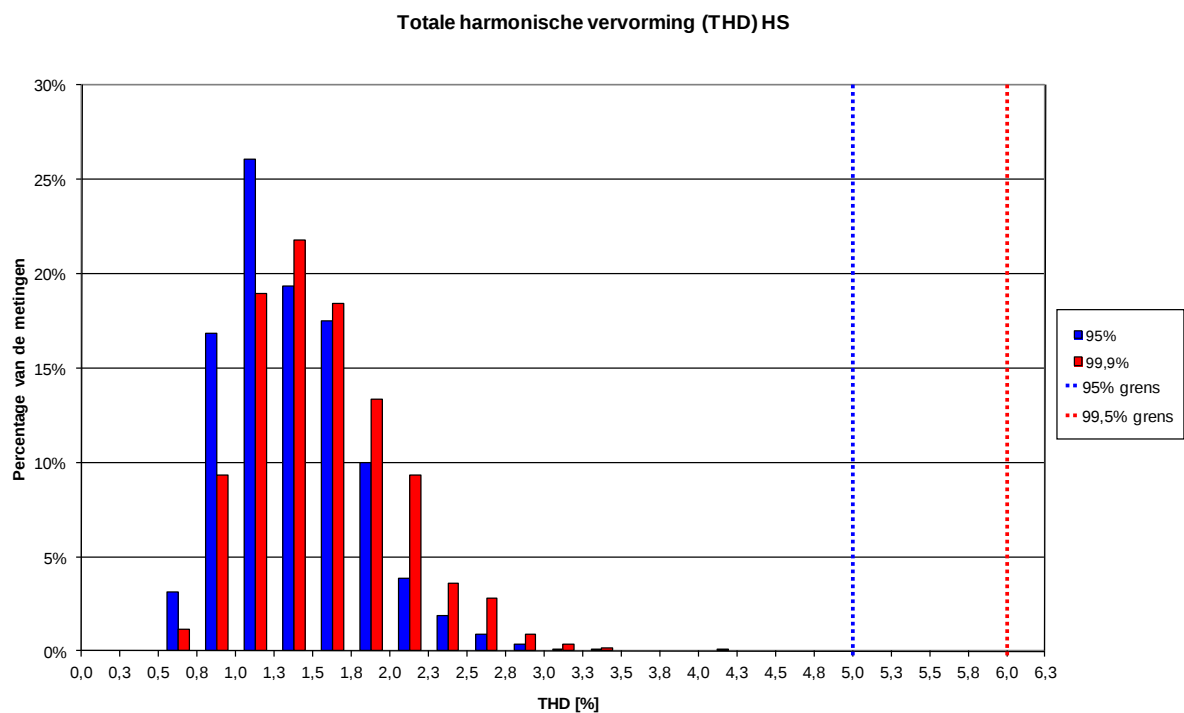
Figuur C1: Langzame spanningsvariatie HS-netvlak



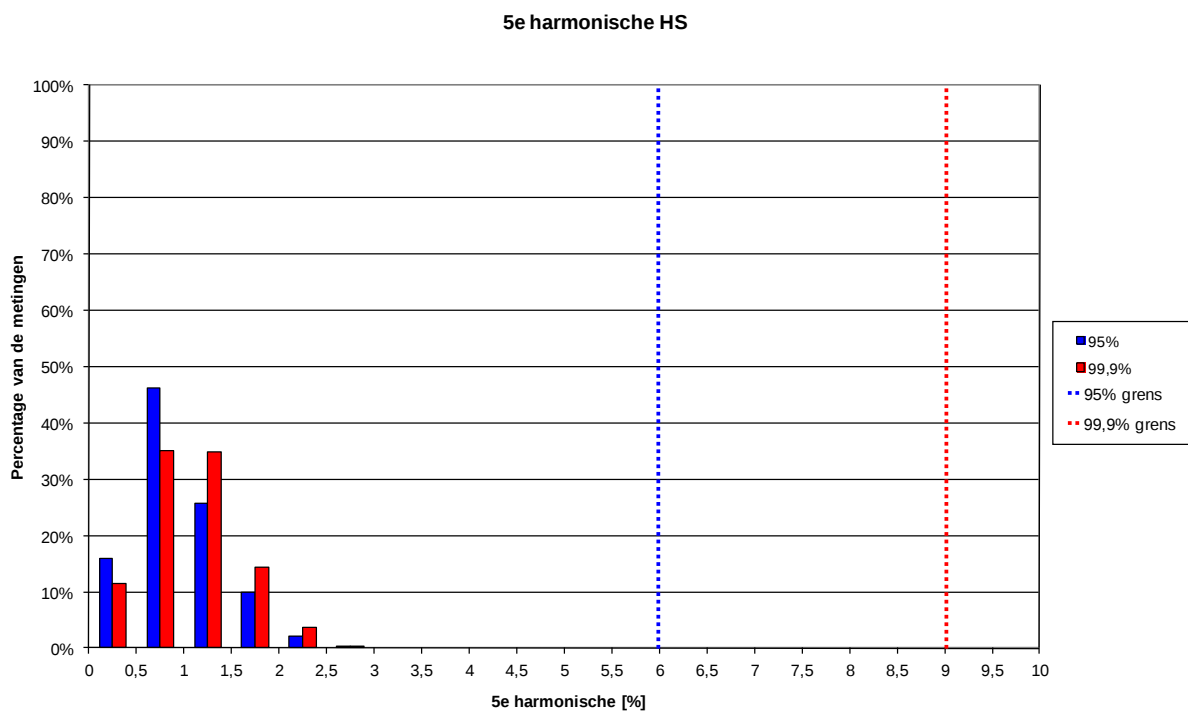
Figuur C2: Snelle spanningsvariatie HS-netvlak



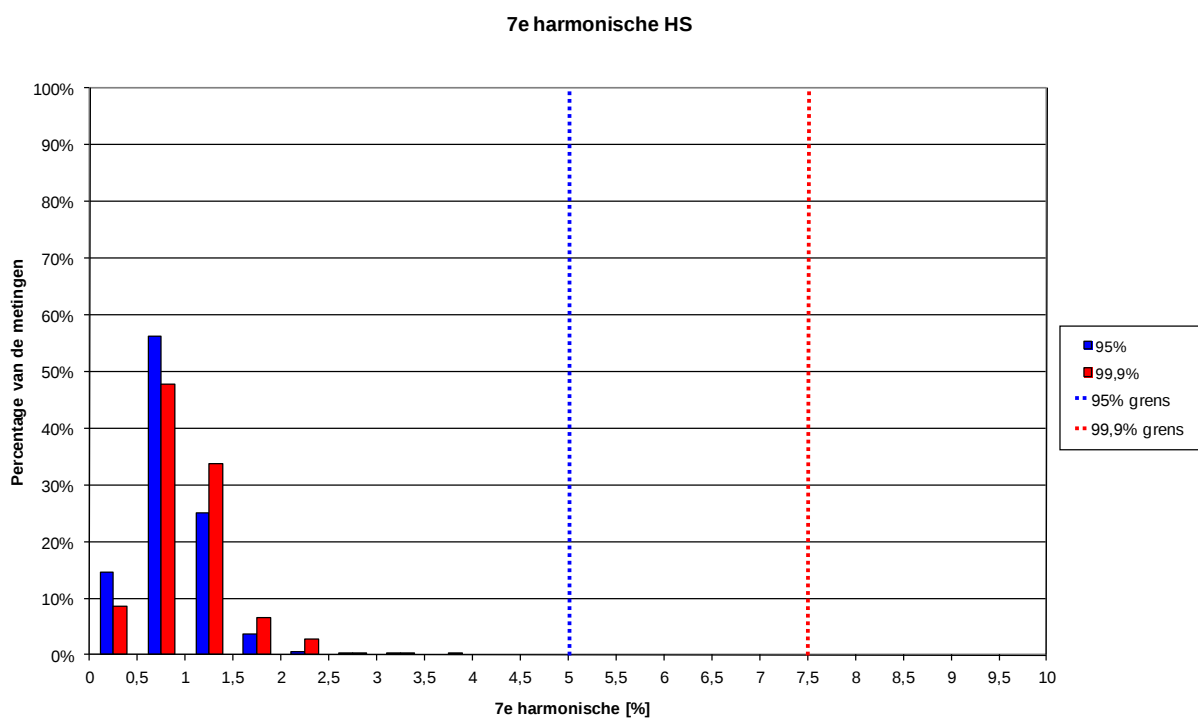
Figuur C3: Asymmetrie HS-netvlak



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 individuele harmonischen				
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)			
Kenmerk	Individuele harmonischen (5 ^e , 7 ^e , 9 ^e , 15 ^e en 21 ^e)			
Meetperiode	15 juli - 22 juli 2011			
Grenswaarden	H5 - 95%	6,0		
	H5 - 99,9%	9,0		
	H7 - 95%	5,0		
	H9 - 95%	1,5		
	H15 - 95%	0,5		
	H15 - 99,9%	0,75		
	H21 - 95%	0,5		
Meetwaarden per fase	H5 - 95%	11,28	10,62	10,49
	H5 - 99,9%	12,11	11,25	11,15
	H7 - 95%	6,25	5,77	5,76
	H9 - 95%	1,87	1,91	1,81
	H15 - 95%	1,29	1,11	0,95
	H15 - 99,9%	1,49	1,25	1,11
	H21 - 95%	0,59	-	-

Beschrijving

Er is een overschrijding geconstateerd van meerdere individuele harmonischen, te weten: de 5^e, 7^e, 9^e, 15^e en 21^e. Op de eerste meetdag van de meting heeft een 10kV storing plaatsgevonden.

Oorzaak

De overschrijding trad op tijdens de vijfde meetdag. Omdat er geen duidelijke link tussen de overschrijding en de storing op meetdag 1 gelegd kon worden, is ter controle een hermeting uitgevoerd. De hermeting vond plaats op de LS-rail van het voedende MS-station van 15 augustus – 22 augustus 2011. Uit de meetresultanten blijkt dat de spanningskwaliteit voldeed aan de kwaliteitseisen uit de Netcode Elektriciteit en er geen afwijkende, relatief hoge harmonische vervuiling (meer) aanwezig was.

Oplossing

Er is geen duidelijke verklaring voor de oorzaak van de overschrijding en verschillen tussen de meetresultaten achterhaald. Om zeker te stellen dat het niet aan een afwijking in het gebruikte meetinstrument (Fluke 435) lag, is een extra kalibratie uitgevoerd. Het meetinstrument bleek in orde te zijn.

D2: Overschrijdingen 15e harmonische					
Spanningsniveau	230 V (laagspanning)				
Kenmerk	15e harmonische				
Aantal metingen	7 stuks, inclusief meting D1				
Meetperiode (in 2011)		<u>Startdatum</u>	<u>Einddatum</u>		
	Meting 1	28 juli	4 augustus		
	Meting 2	7 november	14 november		
	Meting 3	30 juni	7 juli		
	Meting 4	15 juli	22 juli		
	Meting 5	6 april	13 april		
	Meting 6	30 november	7 december		
	Meting 7	3 oktober	10 oktober		
Grenswaarden	H15 - 95%	0,5			
	H15 - 99,9%	0,75			
Meetwaarden per fase		<u>H15 - 95%</u>			
	Meting 1	0,57	0,64	0,55	
	Meting 2	0,57	0,59	-	
	Meting 3	0,57	-	-	
	Meting 4	1,29	1,11	0,95	
	Meting 5	0,53	-	-	
	Meting 6	0,57	0,59	-	
	Meting 7	-	0,51	-	
		<u>H15 – 99,9%</u>			
	Meting 1	-	0,78	-	
	Meting 4	1,49	1,25	1,11	
	Bij meting 2, 3, 5, 6 en 7 is geen overschrijding m.b.t. de 99,9%-grenswaarde geconstateerd.				

Beschrijving

Bij zeven van de 59 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 ligt in lijn met het aantal van de afgelopen jaren (zie bijlage E).

Onderzoek

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 gestart met nader onderzoek naar het verschijnsel. De voornaamste resultaten van dit onderzoek worden hieronder besproken.

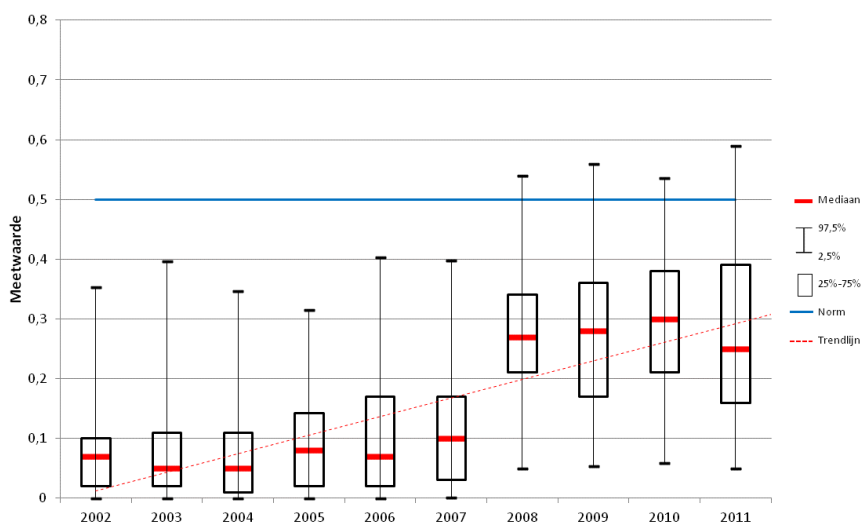
Er is een onderzoek uitgevoerd naar de geografische spreiding van de overschrijdingen. Zijn de overschrijdingen toe te schrijven aan een bepaalde regio? Uit het onderzoek blijkt dit niet het geval te zijn. De overschrijdingen hebben verspreid over heel Nederland plaatsgevonden, zowel in stedelijke gebieden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

Ook 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.

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 normen voor de 15^e en 19^e harmonischen streng zijn als deze vergeleken worden met de normen van de andere individuele harmonischen.

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 en lijkt niet (alleen) verklaard te kunnen worden door een toename aan vervuilende apparatuur. In dit geval zou de toename vermoedelijk geleidelijker plaatsvinden en niet sinds 2008 nagenoeg constant blijven.



Figuur D2: Trendanalyse 15^e harmonische, 2002-2011

Mogelijk heeft de sprong te maken met een overstap naar een nieuw meetinstrument. Tot en met 2007 is binnen het PQM-project gebruik gemaakt van de zogenaamde Memobox. Om te voldoen aan de nauwkeurigheidseisen van een klasse A meetinstrument - conform NEN-EN-IEC 61000-4-30 - is dit meetinstrument in 2008 vervangen door de Fluke 435. Tijdens de jaarlijkse PQM-vergadering in maart 2012 is besloten om nader onderzoek uit te voeren de (mogelijke) meetverschillen. Er wordt gestart met de uitvoering van een parallelmeting met het oude en nieuwe meetinstrument. Als blijkt dat er verschillende meetwaarden worden geregistreerd, wordt nader onderzoek uitgevoerd naar een verklaring voor de geconstateerde verschillen. Aanvullend wordt onderzocht wat de invloed is van de gewijzigde steekproefopzet die sinds 2008 wordt gehanteerd (zie hoofdstuk 5).

Bijlage E: Aantal metingen en overschrijdingen, 2002 – 2011

Tabel E: Aantal metingen en overschrijdingen, 2002 – 2011

Jaar	Netvlak	Aantal bruikbare weekmetingen	Aantal afkeuringen door overschrijdingen			
			Langzame spannings- variatie	Snelle spannings- variatie	Asymmetrie	Harmonischen (incl. THD)
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	- ³	-	-	-	-
2003	LS	57	1	4	-	2
	MS	51	-	-	-	-
	HS	54	-	3	1	-
2002	LS	54	-	2	-	1
	MS	49	-	-	-	-
	HS	3	-	1	-	-

³ In 2004 is er bij twintig aselekt 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.

Colofon

Opdrachtgever **Netbeheer Nederland**
Henk van Bruchem

Opdrachtnemer **Movares**
Rik Luiten

Uitgave **Movares Nederland B.V.**
Daalse Kwint
Daalseplein 101
3511 SX Utrecht

Auteurs Hans Wolse, Rik Luiten, Tom Bogaert

Telefoon 030 265 3712

E-mail pqm@movares.nl

Projectnummer IN131130