

Achtergronddocument

Spanningskwaliteit in Nederland

Opdrachtgever: **Netbeheer Nederland**

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

Kenmerk: RA-GE-ME RA131674-2 / Versie 1.0

Datum: 7 mei 2018

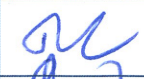
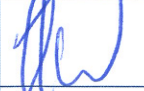
Netbeheer Nederland, vereniging van energienetbeheerders in Nederland

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

Autorisatieblad

Achtergronddocument Spanningskwaliteit in Nederland

Versie	Toelichting	Datum
0.9 (concept)	Achtergronddocument ter review aangeboden aan leden van de Netbeheer Nederland werkgroep Spanningskwaliteit.	17 april 2018
1.0 (definitief)	De ontvangen reacties zijn verwerkt.	07 mei 2018

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Rik Luiten		04 mei 2018
Gecontroleerd door	Hans Wolse		07 mei 2018
Vrijgegeven door	Tom Bogaert		07 mei 2018

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Bewaakte spanningsverschijnselen	5
2.1	Langzame spanningsvariatie	5
2.2	Snelle spanningsvariatie	5
2.3	Spanningsasymmetrie	5
2.4	Harmonische vervorming	6
2.5	Spanningsdips	6
3	Kwaliteitscriteria en toetsingsmethodiek	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Kwaliteitscriteria	7
3.2.1	<i>Langzame spanningsvariatie</i>	7
3.2.2	<i>Snelle spanningsvariatie</i>	8
3.2.3	<i>Spanningsasymmetrie</i>	8
3.2.4	<i>Harmonische vervorming</i>	8
3.2.5	<i>Spanningsdips</i>	9
3.3	Toetsingsmethodiek	10
3.3.1	<i>Langzame spanningsvariatie</i>	10
3.3.2	<i>Snelle spanningsvariatie</i>	12
3.3.3	<i>Spanningsasymmetrie</i>	13
3.3.4	<i>Harmonische vervorming</i>	13
3.3.5	<i>Spanningsdips</i>	13
4	Wijze van meten en rapporten	15
4.1	Meetlocaties en meetsysteem	15
4.1.1	<i>Laag- en middenspanningsnet</i>	15
4.1.2	<i>Hoog- en extra hoogspanningsnet</i>	16
4.2	Rapportage	18
4.2.1	<i>Landelijke uitspraak</i>	18
4.2.2	<i>Grafische presentatie</i>	19
4.2.3	<i>Spanningsdipscategorisatie</i>	20
4.2.4	<i>Individuele meetresultaten</i>	21
5	Historische ontwikkelingen	22
	Bijlagen	24
	Bijlage A: Overzicht meetlocaties laag- en middenspanningsnet	25
	Bijlage B: Overzicht meetlocaties hoogspanningsnet	26
	Bijlage C: Overzicht meetlocaties extra hoogspanningsnet	30

1 Inleiding

Onder de vlag van branchevereniging Netbeheer Nederland voeren de netbeheerders ieder jaar het project Spanningskwaliteit in Nederland (ook bekend als: PQM-project) uit. Dit project heeft als doel om aangeslotenen inzicht te geven in de spanningskwaliteit op het aansluitpunt. 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 (hierna: ACM).

De Netcode Elektriciteit is een voortvloeisel uit de Elektriciteitswet. In de Netcode Elektriciteit is bepaald dat de spanningskwaliteit moet voldoen aan een aantal kwaliteitscriteria. Over de uitgevoerde metingen wordt jaarlijks gerapporteerd in het rapport 'Spanningskwaliteit in Nederland'. Dit rapport wordt via de website www.NetbeheerNederland.nl verspreidt. Daarnaast worden op de website www.UwSpanningskwaliteit.nl ieder kwartaal de individueel uitgevoerde metingen gepubliceerd.

In het PQM-project worden de onderstaande netten beschouwd:

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

Dit achtergronddocument geeft geïnteresseerden meer inzicht in de opzet en praktische uitvoering van het landelijke meetproject. Zo wordt er ingegaan op de getoetste spanningsverschijnselen, de geldende kwaliteitscriteria, de gehanteerde steekproeftechniek, de verwerking van de meetresultaten en de gebruikte meetsystemen. Dit document wordt jaarlijks geactualiseerd en tezamen met de landelijke PQM-rapportage uitgegeven.

Dit document is gebaseerd op de inzichten en faciliteiten op het moment van schrijven. Binnen Netbeheer Nederland is een werkgroep actief die zich bezighoudt met landelijke vraagstukken over spanningskwaliteit, waaronder het PQM-project. De werkgroep bestaat uit tenminste één vertegenwoordiger per netbeheerder en is op dit moment samengesteld zoals weergegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1: Huidige samenstelling werkgroep Spanningskwaliteit

Organisatie	Vertegenwoordiger
Coteq Netbeheer	Gerard Geist
Enduris	Jaap Moerland
Enexis	Sharmistha Bhattacharyya Rick Poulussen
Liander	Sjef Cobben (voorzitter) Jeroen van Tongeren
Rendo	Gerrit Scharrenberg
Stedin	Bill Bakolas Theo Meeks
TenneT	Frans van Erp Jeroen van Waes
Westland Infra	Amrish Sookhlall
Netbeheer Nederland	Henk van Bruchem
Movares Energy	Rik Luiten (secretaris)

Dit rapport bevat hierna nog vier hoofdstukken. In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving gegeven van de spanningsverschijnselen die binnen het PQM-project worden beschouwd. Hoofdstuk 3 gaat nader in op de geldende kwaliteitscriteria en wijze van toetsing. Hoofdstuk 4 vervolgt met een beschrijving van wijze van meten en rapporteren over de meetresultaten. Hoofdstuk 5 eindigt met een samenvatting van de geschiedenis van het PQM-project.

2 Bewaakte spanningsverschijnselen

In dit hoofdstuk worden de spanningsverschijnselen die betrekking hebben op de spanningskwaliteit toegelicht. Binnen het PQM-project worden vier continue verschijnselen van de kwaliteit van de spanning beschouwd: langzame spanningsvariatie, snelle spanningsvariatie (leidend tot flikker), spanningsasymmetrie en harmonische vervorming. Daarnaast worden spanningsdips in MS-, HS- en EHS-netten geregistreerd. 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.

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 in zowel positieve als negatieve richting van de spanning. Wanneer het spanningsniveau te hoog of te laag wordt, 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, moet een netbeheerder maatregelen treffen. Bijvoorbeeld door het aanleggen van een extra kabel, of het bijplaatsen van een transformator. Het gedrag van aangesloten en kan overigens ook leiden tot een stijging van het spanningsniveau. Een voorbeeld hiervan is het plaatsen van decentrale opwekeenheden zoals zonnepanelen, dieselgeneratoren, windmolens en warmtekrachtkoppelingen.

2.2 Snelle spanningsvariatie

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

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

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

2.3 Spanningsasymmetrie

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

Een niet-symmetrische belasting is de veroorzaker van asymmetrie. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer éénfase belastingen (denk aan lampen, computers) niet goed over de verschillende fasen van een driefasen aansluiting worden verdeeld. In de praktijk kan bijvoorbeeld de aansluiting van zonnepanelen in een straat op dezelfde fase voor asymmetrie zorgen. Daarnaast zorgen illegale aansluitingen van bijvoorbeeld wiettelers vaak voor 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. In de normering liggen kwaliteitscriteria vast voor de individuele harmonischen, maar er is ook een criterium voor de totale harmonische vervuiling, ook wel THD genoemd. Zie paragraaf 3.2.4 voor meer informatie.

Mogelijke gevolgen van harmonische vervorming zijn: extra energieverliezen en uitval van elektronische apparatuur. Harmonische vervorming wordt veroorzaakt door niet-lineaire belastingen. De belangrijkste bron van harmonische vervuiling is vermogenselektronica, zoals deze 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

Een spanningsdip is een korte (tijdelijke) en plotselinge daling van de spanning met minstens 10%. Van belang bij de registratie zijn de diepte en duur van de dip. In zijn algemeenheid geldt: hoe dieper de dip is en hoe langer hij duurt, hoe hinderlijker. Zie ook paragraaf 4.2.3.

Door spanningsdips kan gevoelige elektronische apparatuur uitvallen. Het gaat hierbij onder andere om computers, frequentieomvormers en nulspanningsbeveiligingen van machines. Bij diepe spanningsdips kunnen motoren tot stilstand komen. Spanningsdips worden vooral veroorzaakt door kortsluitingen in het elektriciteitsnetwerk, bijvoorbeeld door blikseminslag of een kapotgetrokken 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 Kwaliteitscriteria en toetsingsmethodiek

Dit hoofdstuk gaat nader in op de geldende kwaliteitscriteria en wijze van toetsing. De kwaliteitscriteria zijn *schuingedrukt* weergegeven en afkomstig uit de Netcode Elektriciteit¹ en waar van toepassing de Europese norm NEN-EN 50160². Deze criteria gelden voor aangeslotenen, niet zijnde netbeheerders, op netten in de normale bedrijfstoestand. Opgemerkt wordt dat de criteria gelden op het moment van schrijven.

3.1 Inleiding

De Netcode bevat kwaliteitscriteria die gelden voor aangeslotenen, niet zijnde netbeheerders, op netten in een normale bedrijfstoestand. Tabel 3.1 maakt per netvlak inzichtelijk voor welke verschijnselen criteria zijn opgenomen.

Tabel 3.1: Overzicht verschijnselen met criteria Netcode Elektriciteit

Spanningsverschijnsel	Criteria in Netcode Elektriciteit?			
	LS	MS	HS	EHS
Langzame spanningsvariatie	Ja	Ja	Ja	Ja
Snelle spanningsvariatie (PLT)	Ja	Ja	Ja	Ja
Asymmetrie	Ja	Ja	Ja	Ja
Harmonischen (THD)	Ja	Ja	Ja	Ja
Individuele harmonischen	Ja	Ja	Nee (1)	Nee
Snelle spanningsvariatie	Ja	Ja	Ja	Ja
Spanningsdips	-	Nee (2)	Ja (2)	Ja (2)

Nadere toelichting op de verschijnselen en netvlakken voorzien van een cijfer:

1. De Netcode bevat geen criteria voor individuele harmonischen in het HS- en EHS-net. In de NEN-EN 50160 worden hier wel eisen aan gesteld voor het HS-net. Binnen het PQM-project worden de meetresultaten aan deze eisen getoetst.
2. Spanningsdips worden op HS en EHS gerapporteerd en getoetst conform de Netcode. Voor MS worden in de huidige versie van de Netcode nog geen eisen gesteld over spanningsdips. Er wordt wel al over MS-spanningsdips gerapporteerd want toetsing hierop is voorzien.

Bij toetsing op de criteria wordt binnen het PQM-project flagging toegepast conform de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30³. Door toepassing van dit concept wordt voorkomen dat een overschrijding van een continue spanningsverschijnsel wordt gerapporteerd als deze het gevolg is van een spanningsonderbreking, -dip of – stijging (swell).

De volgende paragraaf laat zien dat de kwaliteitscriteria voor uitgaan van de Un of de Uc. Met Un wordt bedoeld op de nominale spanning. In de LS-netten bedraagt deze bijvoorbeeld 230 V. Met Uc wordt bedoeld op het spanningsniveau dat contractueel is vastgelegd tussen de aangeslotene en netbeheerder.

3.2 Kwaliteitscriteria

3.2.1 Langzame spanningsvariatie

De kwaliteitscriteria uit de Netcode Elektriciteit voor langzame spanningsvariatie zijn:

Voor netten $Un \leq 1kV$:

- $Un \pm 10\%$ voor 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende 1 week
- $Un +10 / -15\%$ voor alle over 10 minuten gemiddelde waarden

Voor netten $1kV < Uc < 35 kV$:

- $Uc \pm 10\%$ voor 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende 1 week

¹ Geldend per 14-04--2018.

² Versie 2010.

³ Versie 2015.

- $U_c +10 / -15\%$ voor alle over 10 minuten gemiddelde waarden

Voor netten $U_c \geq 35$ kV:

- $U_c \pm 10\%$ voor 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

3.2.2 Snelle spanningsvariatie

De kwaliteitscriteria uit de Netcode Elektriciteit voor snelle spanningsvariatie (PLT) zijn:

Voor netten $U_n \leq 1$ kV:

- $PLT \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $PLT \leq 5$ voor alle over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

Voor netten $1\text{ kV} < U_c < 35$ kV:

- $PLT \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $PLT \leq 5$ voor alle over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

Voor netten $U_c \geq 35$ kV:

- $PLT \leq 1$ gedurende 95% van de over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $PLT \leq 5$ voor alle over 10 minuten voortschrijdende gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

3.2.3 Spanningsasymmetrie

De kwaliteitscriteria uit de Netcode Elektriciteit voor spanningsasymmetrie zijn:

Voor netten $U_c < 35$ kV:

- De inverse component van de spanning ligt tussen 0 en 2% van de normale component gedurende 95% van de 10 minuten meetperioden per week
- De inverse component van de spanning ligt tussen 0 en 3% van de normale component voor alle meetperioden

Voor netten $U_c \geq 35$ kV:

- Inverse component $\leq 1\%$ van de normale component gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

3.2.4 Harmonische vervorming

De kwaliteitscriteria uit de Netcode Elektriciteit voor harmonische vervorming zijn:

Voor netten $U_c < 35$ kV:

- De relatieve spanning per harmonische is kleiner dan het in de norm genoemde percentage voor 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden. Voor harmonischen die niet vermeld zijn geldt de kleinst vermelde waarde uit de norm.
- $THD \leq 8\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 95% van de tijd.
- De relatieve spanning per harmonische is kleiner dan het in de norm genoemde percentage voor 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden. Voor harmonischen die niet vermeld zijn geldt de kleinst vermelde waarde uit de norm.
- $THD \leq 12\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 99,9% van de tijd.

Voor netten $35\text{ kV} \leq U_c \leq 150$ kV:

- $THD \leq 6\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $THD \leq 7\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

Voor netten $U_c \geq 220$ kV:

- $THD \leq 5\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 95% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.
- $THD \leq 6\%$ voor alle harmonische tot en met de 40e, gedurende 99,9% van de over 10 minuten gemiddelde waarden gedurende een beschouwingperiode van een week.

Met 'de norm' wordt in bovenstaande criteria op de NEN-EN 51060 gedoeld. Naar deze Europese norm wordt verwezen voor de individuele harmonischen. De kwaliteitscriteria hiervan zijn samengevat in tabel 3.2. In tegenstelling tot bij het MS-net wordt bij de (E)HS-netten vanuit de Netcode Elektriciteit niet naar NEN-EN 50160 verwezen voor individuele harmonischen. Deze Europese norm bevat wel 95% criteria voor individuele harmonischen. Binnen het PQM-project wordt op deze criteria getoetst. Opgemerkt wordt dat de criteria alleen gelden voor het HS-net. Voor het EHS-net zijn in de NEN-EN 50160 geen criteria voor de individuele harmonischen opgenomen.

Tabel 3.2: Kwaliteitscriteria individuele harmonischen

Oneven harmonischen	LS- en MS-net		HS-net	Even harmonischen	LS- en MS-net		HS-net
	95% criteria	99,9% criteria			95% criteria	99,9% criteria	
3	5,0%	7,5%	3,0%	2	2,0%	3,0%	1,9%
5	6,0%	9,0%	5,0%	4	1,0%	1,5%	1,0%
7	5,0%	7,5%	4,0%	6-24	0,5%	0,75%	0,5%
9	1,5%	2,25%	1,3%				
11	3,5%	5,25%	3,0%				
13	3,0%	4,5%	2,5%				
15	0,5%	0,75%	0,5%				
17	2,0%	3,0%	-				
19	1,5%	2,25%	-				
21	0,5%	0,75%	0,5%				
23	1,5%	2,25%	-				
25	1,5%	2,25%	-				

3.2.5 Spanningsdips

Sinds eind 2013 geldt voor aangesloten op het HS- en EHS-net dat in de Netcode een limiet is opgenomen (zie tabel 3.3). Als deze waarden worden overschreden moet onderzoek naar de oorzaak hiervan plaatsvinden. Momenteel geldt dat het aantal in de regel kleiner is dan of gelijk is aan de in tabel genoemde waarden. Er zal een aanpassing op deze voorwaarden voor dips in de Netcode worden opgenomen. Een voorstel hiertoe ligt momenteel bij de toezichthouder.

Tabel 3.3: Maxima spanningsdips per categorie

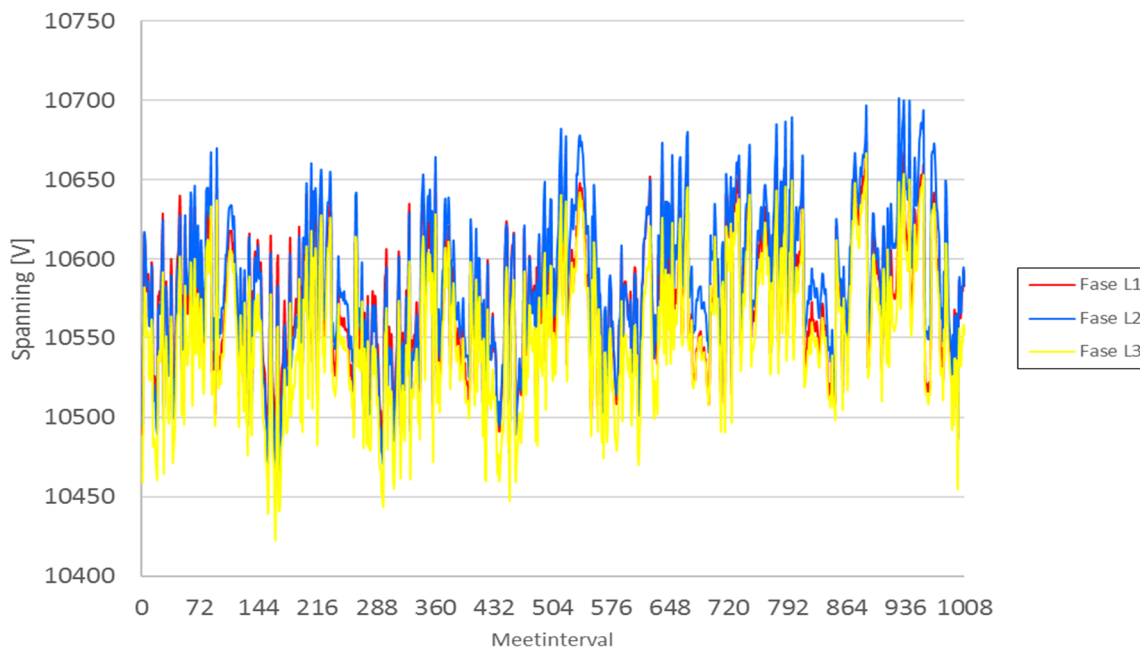
restspanning U [%]	duur t [ms]			
	10 < t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1.000	1.000 < t ≤ 5.000
90 > U ≥ 80	16	2	1	1
80 > U ≥ 70	8	2	1	0
70 > U ≥ 40	5	2	0	0
40 > U ≥ 5	2	1	0	0
5 > U	1	1	0	0

3.3 Toetsingsmethodiek

In deze paragraaf wordt nader inzichtelijk gemaakt hoe de wijze van toetsing bij de continue verschijnselen in zijn werk gaat. Er wordt hierbij ter illustratie gebruik gemaakt van een aantal willekeurig gekozen weekmetingen.

3.3.1 Langzame spanningsvariatie

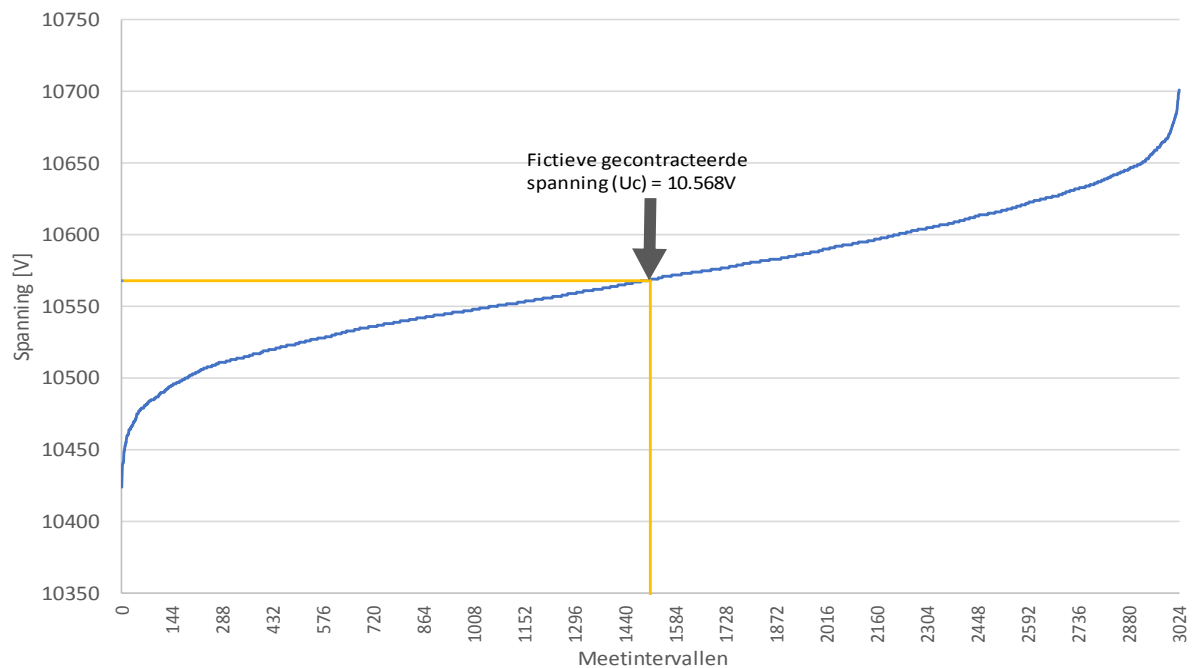
In figuur 3.1 is een lijndiagram weergegeven van een weekmeting in het MS-net. Het lijndiagram is gebaseerd op een weekmeting die bestaat uit 1.008 opeenvolgende meetintervallen per gemeten fase (7 dagen x 24 uur x 6 meetwaarden).



Figuur 3.1: Voorbeeld lijndiagram langzame spanningsvariatie

Bij MS-metingen dient de 'gecontracteerde spanning' (U_c) vastgesteld te worden. Deze spanning heeft betrekking op het contractueel afgesproken niveau van de geleverde spanning op de betreffende meetlocatie. In de praktijk blijkt het spanningsniveau in de MS-netten meestal niet contractueel te zijn vastgelegd. Binnen het PQM-project wordt daarom als alternatief voor alle gevallen de U_c per meting vastgesteld via de meetresultaten. Dit wordt bepaald door de mediaan te selecteren uit alle meetresultaten van de drie fasen. Voor alle drie de fasen wordt dezelfde mediaanwaarde gehanteerd. In de praktijk gaat dit als volgt te werk: alle meetwaarden van de drie gemeten fasen worden van klein naar groot gesorteerd. Vervolgens wordt de U_c bepaald door de middelste meetwaarden te selecteren. In het voorbeeld is dit een lijnspanning van 10.568 V. Zie ter illustratie figuur 3.2.

Opgemerkt wordt dat de U_c waarde in het HS-net op dezelfde wijze gebeurt als in het MS-net. In het EHS-net wordt bij toetsing van de meetresultaten gebruik gemaakt van de nominale spanning.



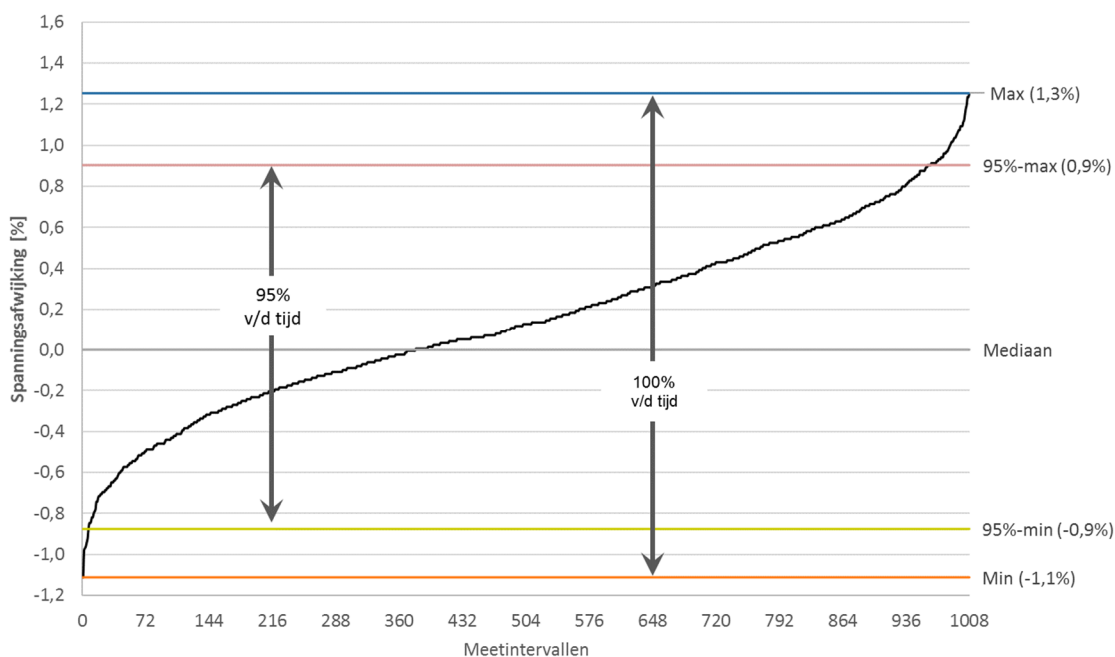
Figuur 3.2: Vaststellen fictieve gecontracteerde spanning (U_c)

Als U_c bekend is, kunnen de toetswaarden worden bepaald. In het geval van langzame spanningsvariatie gaat het hierbij om de procentuele afwijkingen. Er moet bekeken worden of deze afwijkingen aan de eerder genoemde kwaliteitscriteria voldoen.

Er worden twee soorten afwijkingen onderscheiden:

- Maximale afwijking: heeft betrekking op de afwijking van het hoogst gemeten spanningsniveau ten opzichte van U_c
- Minimale afwijking: heeft betrekking op de afwijking van het laagst gemeten spanningsniveau ten opzichte van U_c .

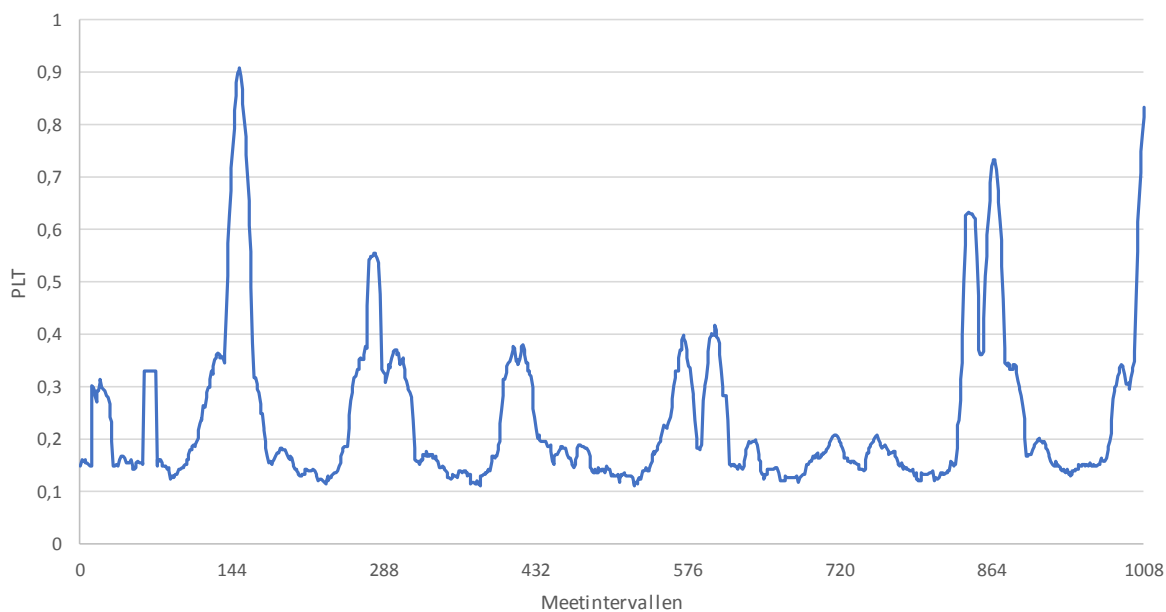
De maximale en minimale afwijking wordt voor iedere fase afzonderlijk bepaald. De eerste bepaling heeft betrekking op 100% van de meetintervallen (1.008). De tweede bepaling betreft 95% van de meetintervallen die het dichtst bij U_c liggen. In figuur 3.3 is een voorbeeld weergegeven voor één van de fasen. Voor deze fase geldt dat de toetswaarden maximaal 1,3% en minimaal -1,1% bedragen. Hiermee wordt ruimschoots aan de eerder genoemde criteria voldaan. Ook de 95%-waarden voldoen ruimschoots.



Figuur 3.3: Vaststellen toetswaarden langzame spanningsvariatie

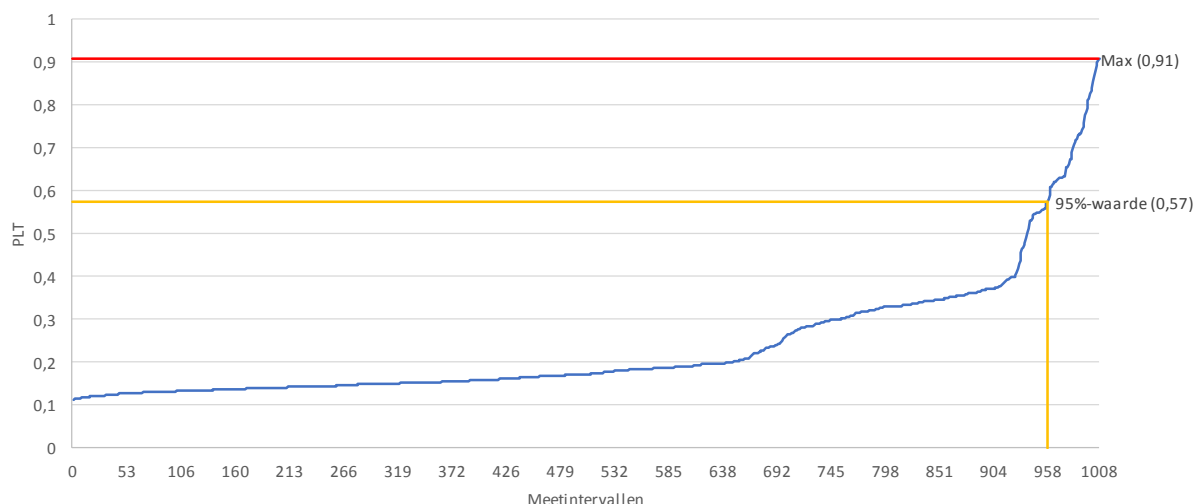
3.3.2 Snelle spanningsvariatie

In figuur 3.4 is een lijndiagram van één van de fasen weergegeven van een willekeurig gekozen spanningsmeting.



Figuur 3.4: Voorbeeld lijndiagram snelle spanningsvariatie (PLT)

Om te bepalen of de meting aan de kwaliteitscriteria voldoet, worden de meetresultaten gesorteerd van klein naar groot, zie figuur 3.5. Volgens de Netcode moet 95% van de 1.008 meetintervallen binnen het criterium $PLT \leq 1$ vallen. Praktisch vertaald houdt dit in dat intervallen met de rangorden 1 tot en met 958 deze grenswaarde niet mogen overschrijden. Bij interval 958 (de toetswaarde) heeft de PLT in het voorbeeld een waarde van 0,57. De Netcode stelt verder voor de maximale PLT-waarde niet meer dan 5 mag bedragen. In het voorbeeld is de maximale waarde gelijk aan 0,91. Zowel de maximum- als de 95%-waarde voldoen in dit voorbeeld dus aan de gestelde kwaliteitscriteria.



Figuur 3.5: Gesorteerde meetwaarden van de snelle spanningsvariatie (Plt)

3.3.3 Spanningsasymmetrie

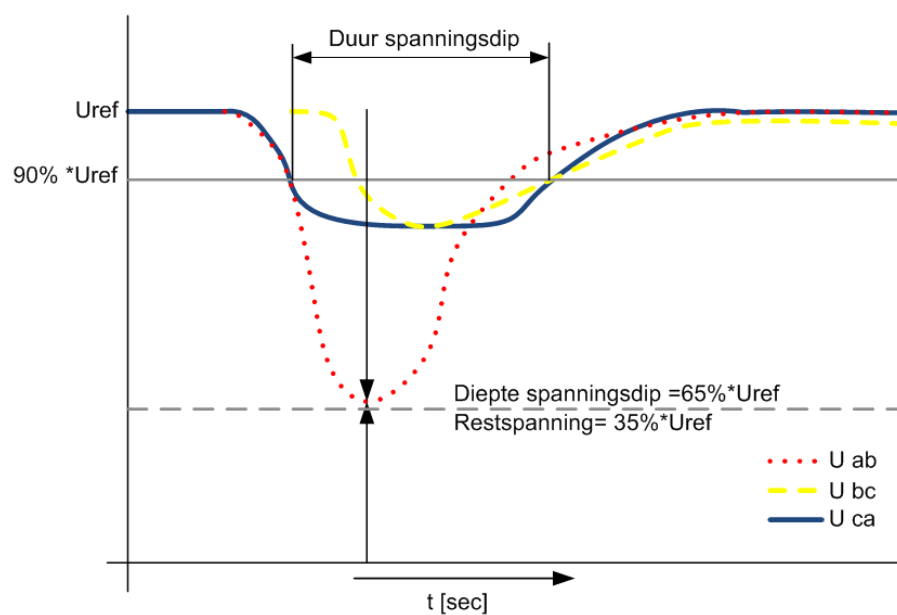
Toetsing van de meetdata met betrekking tot het verschijnsel asymmetrie verloopt op dezelfde manier als bij snelle spanningsvariatie (zie voorgaande paragraaf) en wordt daarom niet nader toegelicht.

3.3.4 Harmonische vervorming

De toetsing van de meetdata met betrekking tot harmonischen verloopt in overeenstemming met de meetresultaten van snelle spanningsvariatie. Het enige verschil is dat de Max-waarde (100%) is vervangen voor een 99,9%-waarde. Dit betekent in de praktijk dat één van de 1.008 meetintervallen boven de vermelde grenswaarde uit mag komen.

3.3.5 Spanningsdips

Een spanningsdip kan op meerdere manieren worden geclassificeerd. In figuur 3.6 is aangegeven hoe de duur en diepte van een dip worden bepaald binnen het PQM-project. De figuur toont dat de diepte van de spanningsdip wordt bepaald over de maximale diepte van een van de individuele fasen. De duur is de tijd die verstrijkt van het tijdstip dat een of meerdere spanningen van de fasen onder de 90% waarde komt tot het tijdstip dat de spanning van alle drie de fasen weer boven de 90% komt van de referentie spanning. Als er binnen verschillende meetkanalen tegelijkertijd een spanningsdip optreedt, worden er geen drie dips, maar één dip gerapporteerd. Deze aanpak is conform de Internationale norm NEN-EN-IEC 61000-4-30.



Figuur 3.6: Classificatie spanningsdip, diepte en duur

4 Wijze van meten en rapporten

In dit hoofdstuk wordt per netvlak nader ingegaan op de manier waarop binnen het project meetlocaties worden geselecteerd en met welke aspecten rekening wordt gehouden bij het uitvoeren en analyseren van de metingen. Het hoofdstuk eindigt met een toelichting over de wijze van rapporteren.

4.1 Meetlocaties en meetsysteem

4.1.1 Laag- en middenspanningsnet

Sinds 2014 worden er 540 weekmetingen getrokken (270 in het LS-net en 270 in het MS-net). Voorheen werden er 120 metingen (60 per net) uitgevoerd. De steekproeftrekking wordt representatief en aselekt uitgevoerd. Dit betekent vrij vertaald dat alle aangeslotenen eenzelfde kans hebben om getrokken te worden. Een grafisch overzicht van de getrokken meetlocaties in 2017 is opgenomen in de bijlage.

Alle getrokken meetlocaties worden aan een postcodegebied gekoppeld. Binnen dit gebied voert de netbeheerder een power quality meting uit. Indien het niet mogelijk is om een meting binnen het getrokken gebied uit te voeren - bijvoorbeeld omdat de aangeslotene geen toestemming geeft of een meetinrichting ongeschikt is - wordt een geschikte locatie in de nabijgelegen omgeving bepaald. Voor de trekking van de postcodegebieden is rekening gehouden met de aansluitdichtheid door inzet van de EAN-codelijst van EDSN. Dit wil zeggen dat een postcodegebied dat veel EAN-codes bevat, een grotere kans heeft om getrokken te worden dan een postcodegebied met weinig EAN-codes.

De geselecteerde meetlocaties worden aselekt aan een kalendermaand gekoppeld. De weekmetingen moeten in de aangegeven maand gestart worden om een goede spreiding over het jaar te waarborgen en hiermee eventuele seizoeneffecten te voorkomen. Uitgangspunt is dat de metingen worden uitgevoerd conform hetgeen de aangeslotene krijgt aangeboden qua spanning. In het LS-net zijn dit fasespanningen (fase-nul) en in het MS-net lijnspanningen (fase-fase).

De metingen dienen uitgevoerd te worden met het meetinstrument Fluke 435 Series I of Series II op 3-fasen aansluitpunten van klanten. Beide Fluke-instrumenten betreffen een klasse A meetinstrument conform de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30. Een klasse A instrument wordt gebruikt voor het uitvoeren van metingen waarbij slechts een kleine onzekerheid gewenst is. Hieronder valt het toetsen van de spanningskwaliteit op een aansluitpunt. Bij een klasse A instrument worden eisen gesteld aan de registratiemethode en meetonzekerheid. De meetinstrumenten dienen eenmaal per jaar gekalibreerd te worden. Het is de verantwoording van de netbeheerders zelf dat deze kalibratie jaarlijks uitgevoerd wordt. Tevens is het van belang dat de meter is voorzien van de laatst beschikbare versie van de firmware. Dit geldt ook voor de software om de meters uit te lezen. Binnen het project wordt geen rekening gehouden met eventuele toleranties (meetonnauwkeurigheden) van het meetcircuit zoals meter, meetsensor, meettransformator.

Door omstandigheden komt het voor dat een getrokken meting niet wordt uitgevoerd. Bijvoorbeeld vanwege een kapotte meter, ziekte van de meetspecialist of meetfout. Met ACM is afgesproken dat de netbeheerders tenminste 250 metingen per netvlak uitvoeren, waarvan er 95% in de juiste maand zijn gestart. Het is de verantwoordelijkheid van de verschillende netbeheerders om ervoor te zorgen dat op de getrokken meetlocaties op de juiste manier worden gemeten. Movares controleert de ontvangen metingen hierop en keurt metingen indien nodig af (bijvoorbeeld als de meetperiode korter is dan een week).

Om afkeuringen zoveel mogelijk te voorkomen, is een lijst met aandachtspunten opgesteld voor de meetspecialisten die jaarlijks met de steekproeftrekking wordt geactualiseerd en verspreid. Deze lijst bevat de volgende onderwerpen:

- Locatie uitvoering (binnen getrokken postcodegebied);
- Minimale meetperiode (één volledige week, oftewel 1008 10-minuten meetwaarden);
- Startdatum meting (in opgegeven kalendermaand);
- Aansluiting meter (o.a. LS: fase-nul, MS: fase-fase);
- Instelling meter (o.a. juiste omzetverhouding);
- Soft- en firmware (laatste versies);
- Wijze van aanlevering (o.a. naamgeving meetbestand).

In het MS-net worden spanningsdips sinds 2015 geregistreerd middels een continu meetsysteem op 200 stationslocaties. De registratie vindt plaats met een continue meetsysteem. Dit systeem is door de regionale netbeheerders zelf geselecteerd. Eis bij de selectie was dat het systeem zou voldoen aan de klasse A eisen uit de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30. Een klasse A instrument wordt gebruikt voor het uitvoeren van metingen waarbij slechts een kleine onzekerheid gewenst is. Hieronder valt het toetsen van de spanningskwaliteit op een aansluitpunt. Bij een klasse A instrument worden eisen gesteld aan de registratiemethode en meetonzekerheid. De meetinstrumenten dienen eenmaal per jaar gekalibreerd te worden. Het is de verantwoording van de netbeheerders zelf dat deze kalibratie jaarlijks uitgevoerd wordt.

Deze stations zijn middels een steekproef getrokken uit een longlist van circa 700 secties in MS-stations. Registratie van spanningsdips op deze secties wordt als representatief beschouwd voor het aantal en type spanningsdips op het aansluitpunt van achterliggende aangesloten.

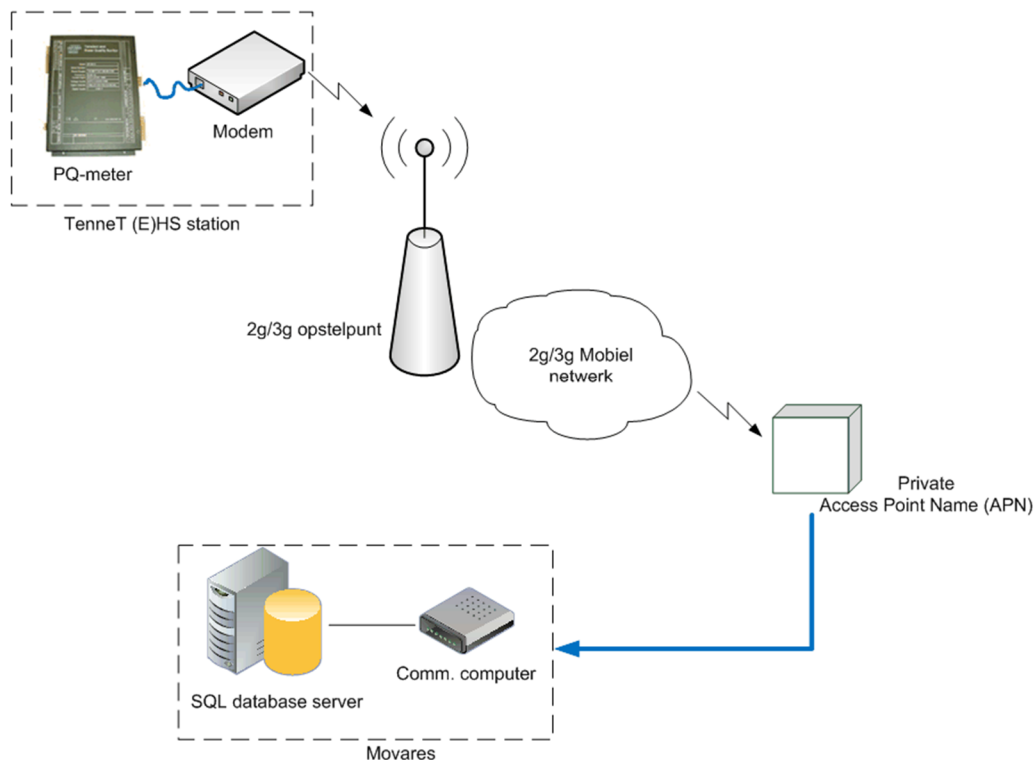
De geregistreerde MS-spanningsdips worden middels een gestandaardiseerde export aangeleverd bij Movares, inclusief de oorzaken van hinderlijke spanningsdips. Movares voegt de aangeleverde exports samen ten behoeve van de landelijke rapportage, zie paragraaf 4.3.

4.1.2 Hoog- en extra hoogspanningsnet

In tegenstelling tot de LS- en MS-metingen worden de continue verschijnselen in het HS- en EHS-net op elke meetlocatie het hele jaar bewaakt. Het grote voordeel hiervan is dat er door de forse vergroting van de meetperiode (per meetlocatie 52 weken in plaats van 1 week) een nauwkeuriger beeld wordt verkregen van de spanningskwaliteit. Daarnaast kunnen ook de spanningsdips met hetzelfde meetsysteem worden geregistreerd.

Voor de netten groter of gelijk aan 110 kV geldt als uitgangspunt dat de spanningskwaliteit bij elke aangeslotene wordt bewaakt. Een grafisch overzicht van de meetlocaties in 2017 is opgenomen in de bijlage. In het onderliggende 50-66 kV net wordt momenteel gebruik gemaakt van een steekproef met een omvang van vier meetlocaties. Deze locaties betreffen een steekproef die in 2003 is bepaald. In totaal bevat het 50-66 kV net ruim 30 aangesloten. De regionale netbeheerders hebben in 2016 besloten om in navolging van de landelijke netbeheerder over te gaan tot monitoring van alle locaties. Het streven is om deze uitbreiding in 2018 af te ronden.

In Figuur 4.1 is een schematisch overzicht van het HS- en EHS-meetsysteem weergegeven, waarbij drie onderdelen zijn te onderscheiden: de meeteenheden, communicatieapparatuur en een database waarin de data wordt opgeslagen. Om onpartijdigheid bij het analyseren en toetsen van de meetdata zeker te stellen heeft TenneT ervoor gekozen om het beheer van het meetsysteem in handen te leggen van een onafhankelijk bureau.



Figuur 4.1: Principe schema dataaansluiting PQ meters (E)HS systeem

Voor het HS- en EHS-net wordt gebruik gemaakt van de meeteenheid Unipower UP2210. Dit instrument voldoet aan de klasse A eisen uit de norm NEN-EN-IEC 61000-4-30 (zie paragraaf 4.1.1. voor meer informatie). De aangesloten krijgen gekoppelde spanningen aangeboden en de meetunits zijn daarom fase-fase aangesloten. Nagenoeg alle meters worden uitgelezen conform het principe schema uit figuur 4.1. Via een 3G-modem wordt meerdere keren per dag de meter uitgelezen. De binnengehaalde data wordt vervolgens in de PQM-database (SQL-server) geïmporteerd. Het overgrote deel van de meters beschikt over een intern geheugen dat circa 3 maanden aan data kan bevatten. Indien de communicatie tijdelijk wegvalt, gaat er dus niet direct data verloren. In Figuur 4.2 is een typische installatie van een meeteenheid in een (E)HS veld weergegeven. Binnen het project wordt geen rekening gehouden met eventuele toleranties (meetonnauwkeurigheden) van het meetcircuit zoals meter, meetsensor, meettransformator.



Figuur 4.2: Voorbeeld Unipower-meeteenheid en 3G-modem

Door omstandigheden komt het voor dat meetdata niet valide is en afgekeurd wordt. Bijvoorbeeld vanwege toepassing van flagging (zie ook paragraaf 3.1) of het wegvallen bedrijfsspanningen door storingen of onderhoud.

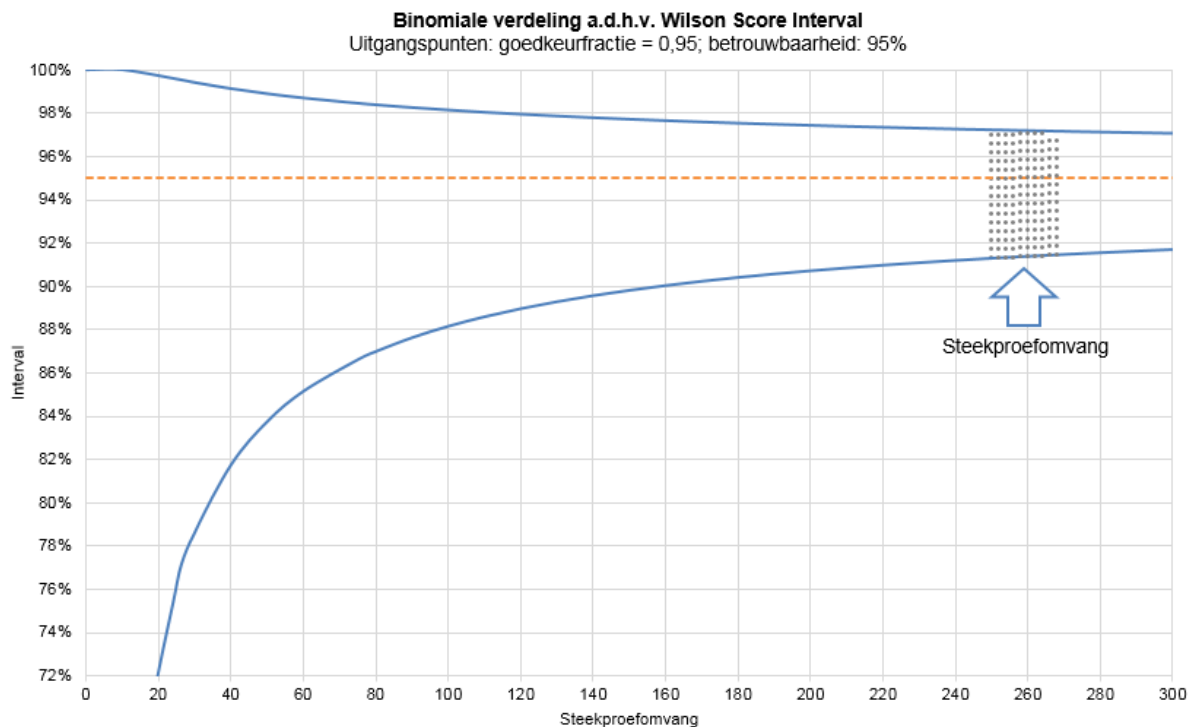
4.2 Rapportage

4.2.1 Landelijke uitspraak

Op basis van de meetresultaten wordt in de jaarlijkse rapportage 'Spanningskwaliteit in Nederland' een uitspraak gedaan aangaande de spanningskwaliteit van de Nederlandse netten.

In het LS-, MS- en 50-66kV HS-net wordt voor bepaling van de uitspraak aan de hand van de meetresultaten een Wilson Score Interval gegenereerd bij een zogenaamde binomiale verdeling. Het interval heeft betrekking op het percentage aangesloten dat binnen een netvlak aan de gestelde kwaliteitseisen voldoet. Op basis van de meetresultaten kan hierdoor bijvoorbeeld met een betrouwbaarheid van 95% worden gesteld dat de spanningskwaliteit bij 88% tot 95% van de aangesloten voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

De grootte van een steekproef is direct van invloed op de nauwkeurigheid (bandbreedte) van de statistische uitspraak. Hoe groter de steekproef, hoe nauwkeuriger de uitspraak. Opgemerkt wordt dat de toename in nauwkeurigheid sterk afvlakt naarmate de steekproef groter wordt. Figuur 4.3 geeft grafisch weer wat het de relatie tussen de steekproefomvang en nauwkeurigheid is. Het grijs gearceerde gebied geeft aan waar de steekproefomvang van het PQM-project zich bevindt.



Figuur 4.3: Betrouwbaarheidsinterval bij verschillende steekproefgrootten

In het HS- en EHS-net groter of gelijk aan 110kV worden alle aangeslotenen bemeten en hoeft dus geen statische vertaling van de meetgegevens plaats te vinden. Hier kan op basis van de meetresultaten bijvoorbeeld worden gesteld dat de spanningskwaliteit bij 98% van de aangeslotenen voldeed aan de geldende kwaliteitscriteria.

4.2.2 Grafische presentatie

Naast het doen van een uitspraak is er voor gekozen om de meetresultaten grafisch te presenteren middels zogenaamde boxplots. Een boxplot is veelvuldig toegepaste grafische voorstelling die inzicht geeft in de volgende statistische karakteristieken en kengetallen van een reeks waarnemingen:

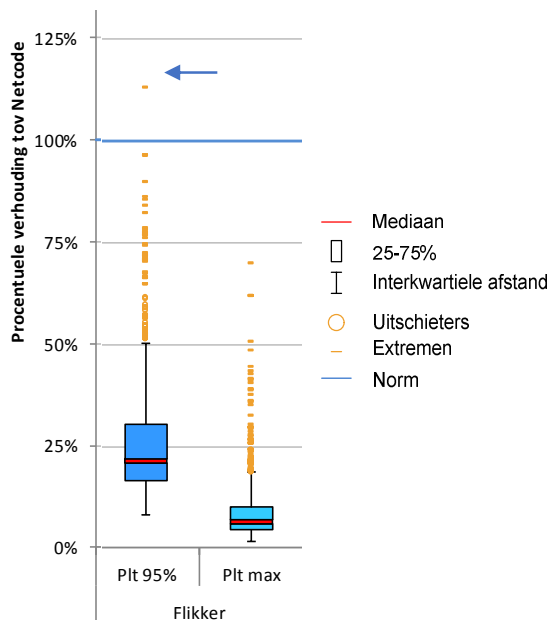
- Bereik van de middelste 50% van de waarnemingen;
- Bereik van alle waarnemingen;
- De middelste waarneming (mediaan);
- De minimale en maximale waarnemingen;
- Scheefheid van de verdeling;
- De aanwezigheid van uitschieters of extremen⁴.

Binnen een box-plot worden de waarden van klein naar groot gesorteerd. De middelste 50% van de waarden wordt getoond middels een 'box' (25%-75%). Het streepje in de box betreft de mediaan, ook wel bekend als centrummaat. De mediaan wordt in de statistiek veel gebruikt voor trendanalyses. De mediaan representeert de middelste meetwaarde van de meetpopulatie. Opgemerkt wordt dat een mediaan wat anders is dan het gemiddelde. De 'poten' van de box betreffen de eerste en laatste 25% van de waarden, maar zijn nooit langer dan 1,5 keer de hoogte van de box. Deze hoogte staat bekend als de interkwartiele afstand. Indien waarden boven of onder de poten liggen, wordt over uitschieters of extremen gesproken.

⁴ *Uitschieters*: waarnemingen met een waarde die zich tussen 1,5 en 3 maal de interkwartiele afstand bevinden vanaf de boven- of onderkant van de box.

Extremen: waarnemingen met een waarde die zich meer dan 3 maal de interkwartiele afstand bevinden vanaf de boven- of onderkant van de box.

In figuur 4.4 zijn ter illustratie twee boxplots opgenomen van het verschijnsel snelle spanningsvariatie. De linker boxplot betreft de 95% meetwaarden en de rechter de maxima. De kwaliteitscriteria zijn in de figuur genormaliseerd weergegeven. Dat wil zeggen: de geldende criteria komen overeen met de 100% waarde op de Y-as en worden weergegeven middels de blauwe lijn. Meetwaarden die boven deze lijn worden weergegeven betreffen een overschrijding. In dit geval is er bij toetsing op het 95% criterium (linker boxplot) één extremen die de norm circa 15% overschrijdt (zie pijl). Bij toetsing op de maximum criterium zijn geen overschrijdingen zichtbaar. De hoogste meetwaarde ligt hier ruim 25% onder de norm.



Figuur 4.4: Voorbeeld boxplot

4.2.3 Spanningsdipscategorisatie

Bij de rapportage over spanningsdips wordt gebruik gemaakt van de categorisatie uit tabel 4.1. De tabel bevat vier categorieën: A, B1, B2 en C. Categorie A betreft niet-hinderlijke spanningsdips en de categorieën B1, B2 en C vormen tezamen de hinderlijke spanningsdips. Spanningsdips in categorie A hebben over het algemeen weinig impact op de installatie van de aangeslotene. De aangeslotene kan eenvoudig zelf maatregelen nemen om eventueel ongemak te voorkomen. De netbeheerders rapporteren binnen dit project alleen over de hinderlijke dips.

Tabel 4.1: Categorisatie van diptabel

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$
$90 > u \geq 80$	Cat. A			
$80 > u \geq 70$				
$70 > u \geq 40$				
$40 > u \geq 5$	Cat. B1	Cat. B2	Cat. C	
$5 > u$				

Om inzicht te geven in de oorzaken van spanningsdips, wordt bij rapportage van de hinderlijke dips inzicht gegeven in de verdeling naar onderstaande oorzaken. De oorzaken worden door de netbeheerders zelf achterhaald en aan Movares doorgegeven.

- handeling van een netbeheerder;
- handeling van een aangeslotene;
- kortsluiting in het net;
- kortsluiting in de installatie van een aangeslotene;
- externe invloeden, zoals weersomstandigheden;
- overige en onbekende oorzaken.

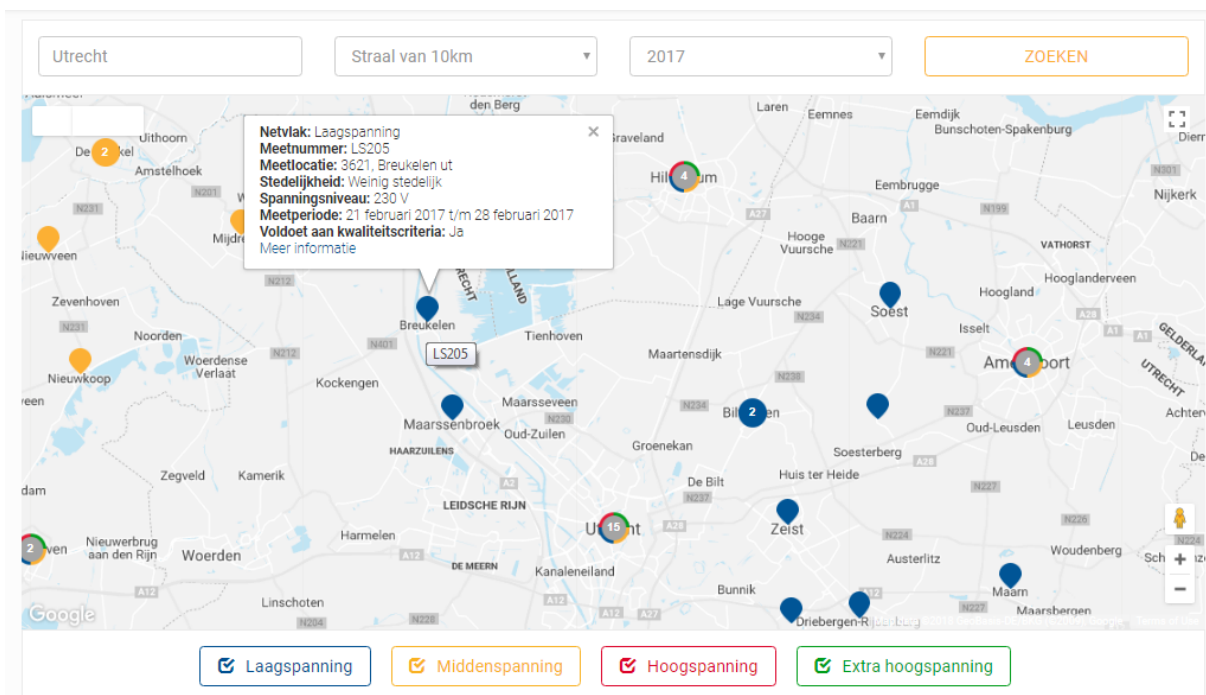
Zoals in de vorige paragraaf beschreven worden de HS- en EHS-meters op afstand uitgelezen en wordt de data in een centrale database geplaatst. Ieder kwartaal wordt van alle meters van de aangeslotene een kwartaalrapportage gemaakt. Deze kwartaalrapportage beslaat altijd 13 weken. Omdat een jaar niet exact een veelvoud van 13 weken aan dagen heeft, wordt in de laatste week van het jaar ook de “rest” meegenomen. Dit houdt praktisch in dat week 13 van kwartaal 4 altijd op 31^{ste} december eindigt en die laatste week vaak 8 dagen telt.

Op basis van de kwartaalrapportages worden de resultaten bepaald ten behoeve van de landelijke rapportage. Hierbij worden alleen meters meegenomen die minimaal 50% van de tijd bedrijfsspanningen gemeten hebben (beschikbaar zijn). Meters met een lagere beschikbaarheid worden niet meegenomen in de landelijke rapportage omdat ze niet voldoende representatief zijn voor de kwaliteit op desbetreffend aansluitpunt gedurende het gehele jaar.

4.2.4 Individuele meetresultaten

De individuele metingen uit alle netvlakken worden elk kwartaal beschikbaar gesteld via de website www.UwSpanningskwaliteit.nl, zie screenshot hieronder. Om privacyredenen zijn de metingen op deze website alleen gekoppeld aan een viercijferige postcode en niet herleidbaar naar een compleet adres of naam van de aangeslotene. De webpagina bevat vanaf 2013 alle metingen die binnen het PQM-project zijn uitgevoerd. Om de vindbaarheid van de gewenste locatie te vereenvoudigen, kunnen bezoekers onder andere een plaatsnaam invoeren en netvlak selecteren.

Naast de metingen biedt de webpagina ook nadere achtergrondinformatie zoals een brochure over spanningskwaliteit en verwijzing naar de Netcode Elektriciteit. Ook de jaarrapportage “Spanningskwaliteit in Nederland” kan via de website worden gedownload.



Figuur 4.5: Screenshot www.UwSpanningskwaliteit.nl

5 Historische ontwikkelingen

In de vorige hoofdstukken is de huidige stand van het PQM-project beschreven. Echter de Nederlandse netbeheerders bewaken al vele jaren de spanningskwaliteit. Ze zijn hier op eigen initiatief mee begonnen. In de loop de jaren zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd, waarmee werd ingespeeld op ontwikkelingen in de (Europese) regelgeving en de maatschappij. In onderstaand overzicht worden de belangrijkste zaken weergegeven.

Circa 1989	Diverse Nederlandse netbeheerders bewaken de 5 ^e en 11 ^e 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 ingezet in een nieuw jaarlijks project: Power Quality Monitoring (PQM). 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. Het PQM-project 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. De netbeheerders voeren de metingen zelf uit en laten de analyses en rapportage door een onafhankelijk bureau uitvoeren.
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 in sommige gevallen een wijziging en veelal aanscherping 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.
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. De landelijke netbeheerders beheert dit meetsysteem zelf en draagt ook zelf zorg voor het opstellen van de rapportage.
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.
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”. Daarnaast maken de netbeheerders maken vanaf 2008 voor de PQM-metingen in het LS- en MS-net gebruik van een klasse A meetinstrument, conform NEN-EN-IEC 61000-4-30.
2010	De nieuwe versie van de norm NEN-EN 50160 bevat een diptabel voor het rapporteren van spanningsdips. De diptabel in de landelijke rapportage wordt hierop aangepast.
2011	De landelijke netbeheerder draagt het beheer van het HS-meetsysteem over aan een onafhankelijk bureau, inclusief de controle en rapportage van de meetresultaten.
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, de wijze van aansluiting van de meter en het meten van een volledige meetweek.
2013	De rapportage met betrekking tot LS-, MS, HS en EHS-netten worden geïntegreerd in één rapport. Voorheen stelden de regionale en landelijke netbeheerders een apart jaarrapport op.
2014	In navolging van het HS-meetsysteem in 2010 gaat het beheer van het EHS-meetsysteem over

	naar een onafhankelijk bureau.
2014-2015	De netbeheerders stellen een plan van aanpak op in opdracht van de toezichthouder (de ACM). De ACM keurt het plan van aanpak goed. Dit houdt onder andere in dat in de komende jaren: • Het aantal metingen in zowel het LS- als MS-net wordt uitgebreid van 60 naar 270. • Het aantal meetlocaties in het HS- en EHS-net wordt uitgebreid van 37 naar ruim 100 stuks (alle aangeslotenen worden voortaan bemeten). • Er met www.UwSpanningskwaliteit.nl een openbare website verschijnt die de resultaten van de uitgevoerde metingen individueel beschikbaar stelt.
2015	De regionale netbeheerders hebben op 200 MS-locaties een continu power quality meter geïnstalleerd. De meetresultaten dienen als input voor een op te stellen codewijzigingsvoorstel voor kwaliteitscriteria omtrent spanningsdips.
2016	Uit onderzoek blijkt dat een aantal HS-meters foutief aangesloten zijn. Ze worden opnieuw geïnstalleerd. Daarnaast wordt de datacommunicatie waar mogelijk verbeterd door vervanging van de modems en/of herplaatsing van de antennes.
2018	Er wordt voor het eerst over MS-spanningsdips gerapporteerd in het jaarrapport. Er verschijnt een openbaar achtergronddocument dat geïnteresseerden inzicht geeft in de opzet en praktische uitvoering van het project. Dit document wordt voortaan jaarlijks geactualiseerd en tezamen met de landelijke rapportage uitgegeven.

Bijlagen

Bijlage A: Overzicht meetlocaties laag- en middenspanning	25
Bijlage B: Overzicht meetlocaties hoogspanningnet	26
Bijlage C: Overzicht meetlocaties extra hoogspanningsnet	30

Bijlage A: Overzicht meetlocaties laag- en middenspanningsnet



Bijlage B: Overzicht meetlocaties hoogspanningnet



In onderstaande tabel worden de HS-meetlocaties weergegeven. Zoals besproken in hoofdstuk 4 worden in de landelijke rapportage alleen de meters meegenomen die minimaal 50% van de tijd bedrijfsspanningen gemeten hebben (beschikbaar zijn). In de laatste kolom is aangegeven of dit het geval is geweest.

Tabel B.1 Huidige meetlocaties HS-net

Meternummer	Spanningsniveau	Stationsnaam	Netbeheerder	Onderdeel rapport
HS003	50kV	Boschpoort	Enexis	JA
HS004	150kV	Urmond	TenneT	JA
HS005	150kV	Rotterdam	TenneT	JA
HS008	50kV	Arnhem	Liander	NEE
HS009	50kV	Alkmaar	Liander	JA
HS010	150kV	Diemen	TenneT	NEE
HS011	50kV	Amsterdam	Liander	JA
HS012	110kV	Zwolle	TenneT	JA
HS013	110kV	Veenoord	TenneT	NEE
HS014	110kV	Vollenhove	TenneT	JA
HS015	110kV	Grijpskerk	TenneT	JA
HS016	150kV	Rotterdam	TenneT	JA
HS018	50kV	Westdorpe	Enduris	JA
HS019	150kV	Sluiskil	TenneT	JA
HS020	150kV	Utrecht	TenneT	JA
HS021	150kV	Terneuzen	TenneT	JA
HS022	150kV	Terneuzen	TenneT	JA
HS023	150kV	Borssele	TenneT	JA
HS024	150kV	Borssele	TenneT	JA
HS026	150kV	Bergen op Zoom	TenneT	JA
HS027	150kV	Etten	TenneT	JA
HS029	150kV	Moerdijk	TenneT	JA
HS030	150kV	Moerdijk	TenneT	JA
HS031	150kV	Botlek	TenneT	JA
HS034	150kV	Maasvlakte	TenneT	JA
HS035	110kV	Veenoord	TenneT	JA
HS036	110kV	Wijster Oosterscheveld	TenneT	JA
HS037	110kV	Almelo Tusveld	TenneT	JA
HS038	110kV	Hengelo Oele	TenneT	JA
HS039	110kV	Luttelgeest Kalenberg	TenneT	JA
HS040	110kV	Farmsum	TenneT	JA
HS041	110kV	Farmsum	TenneT	NEE
HS042	150kV	Sassenheim	TenneT	JA
HS043	110kV	Musselkanaal	TenneT	JA
HS044	150kV	Borculo	TenneT	JA
HS045	150kV	Renkum	TenneT	JA
HS046	150kV	Renkum	TenneT	JA
HS047	150kV	Almere	TenneT	JA

Meternummer	Spanningsniveau	Stationsnaam	Netbeheerder	Onderdeel rapport
HS048	110kV	Bargermeer	TenneT	JA
HS049	110kV	Coevorden	TenneT	JA
HS055	110kV	Hengelo Bolderhoek	TenneT	JA
HS057	110kV	Meeden	TenneT	JA
HS058	110kV	Meeden	TenneT	JA
HS059	110kV	Meeden	TenneT	JA
HS061	110kV	Ommen Dante	TenneT	JA
HS062	110kV	Westermeerdijk	TenneT	JA
HS063	110kV	Westermeerdijk	TenneT	JA
HS064	110kV	Westermeerdijk	TenneT	JA
HS065	110kV	Winsum Ranum	TenneT	JA
HS066	110kV	Zeyerveen	TenneT	JA
HS067	110kV	Groningen Hunze	TenneT	JA
HS068	110kV	Groningen Hunze	TenneT	JA
HS069	110kV	Groningen Hunze	TenneT	JA
HS070	110kV	Kropswolde	TenneT	NEE
HS072	110kV	Meeden	TenneT	JA
HS073	150kV	Alblasserdam	TenneT	JA
HS074	150kV	Anna Paulowna	TenneT	JA
HS076	150kV	Geertruidenberg	TenneT	JA
HS078	150kV	Helmond Oost	TenneT	JA
HS079	150kV	Helmond Oost	TenneT	JA
HS080	150kV	Hemweg	TenneT	JA
HS081	150kV	Hemweg	TenneT	JA
HS082	150kV	Biddinghuizen	TenneT	JA
HS084	150kV	Lelystad	TenneT	JA
HS086	150kV	Maarheeze	TenneT	JA
HS087	150kV	Maasbracht	TenneT	JA
HS088	150kV	Markerkant	TenneT	JA
HS093	150kV	Ommoord	TenneT	JA
HS094	150kV	Oterleek	TenneT	NEE
HS095	150kV	Rotterdam Waalhaven	TenneT	JA
HS096	150kV	Rotterdam Waalhaven	TenneT	JA
HS097	150kV	Teersdijk	TenneT	JA
HS098	150kV	Tilburg West	TenneT	JA
HS099	150kV	Tilburg West	TenneT	JA
HS101	150kV	Velsen	TenneT	JA
HS102	150kV	Velsen	TenneT	JA
HS103	150kV	Velsen	TenneT	JA
HS104	150kV	Velsen	TenneT	JA
HS107	150kV	Westwoud	TenneT	JA
HS109	150kV	Zevenaar	TenneT	JA

Meternummer	Spanningsniveau	Stationsnaam	Netbeheerder	Onderdeel rapport
HS110	150kV	Zevenbergschen Hoek	TenneT	JA
HS111	150kV	Zoetermeer	TenneT	JA
HS113	150kV	Eerbeek	TenneT	JA
HS114	150kV	Tiel	TenneT	JA
HS116	150kV	Geertruidenberg	TenneT	NEE
HS117	150kV	Zevenbergschen Hoek	TenneT	JA
HS118	150kV	Anna Paulowna	TenneT	JA
HS119	110kV	Farmsum	TenneT	JA
HS120	110kV	Farmsum	TenneT	JA
HS125	150kV	Middelharnis	TenneT	NEE

Meetlocaties die nog niet beschikbaar zijn binnen het PQM-project, maar wel gepland:

Tabel B.2 Geplande meetlocaties HS-net

Meternummer	Spanningsniveau	Stationsnaam	Netbeheerder
HS025	150kV	Europoort	TenneT
HS028	150kV	Roosendaal Borchwerf	TenneT
HS032	150kV	Geervliet	TenneT
HS033	150kV	Geervliet	TenneT
HS050	110kV	Enschede Marssteden	TenneT
HS071	110kV	Kropswolde	TenneT
HS075	150kV	Eindhoven	TenneT
HS085	150kV	Maarheze	TenneT
HS108	150kV	Zeewolde	TenneT

Bijlage C: Overzicht meetlocaties extra hoogspanningsnet



In onderstaande tabel worden de HS-meetlocaties weergegeven. Zoals besproken in hoofdstuk 4 worden in de landelijke rapportage alleen de meters meegenomen die minimaal 50% van de tijd bedrijfsspanningen gemeten hebben (beschikbaar zijn). In de laatste kolom is aangegeven of dit het geval is geweest.

Tabel C.1: Huidige meetlocaties EHS-net

Meternummer	Spanningsniveau	Stationsnaam	Netbeheerder	Onderdeel rapport
EHS001	380kV	Borssele	TenneT	JA
EHS003	380kV	Diemen	TenneT	JA
EHS005	380kV	Eemshaven Oude Schip	TenneT	JA
EHS007	380kV	Eemshaven	TenneT	JA
EHS008	380kV	Geertruidenberg	TenneT	JA
EHS010	380kV	Lelystad	TenneT	JA
EHS011	380kV	Maasbracht	TenneT	JA
EHS012	380kV	Maasvlakte	TenneT	JA
EHS014	220kV	Robbenplaat	TenneT	JA
EHS015	380kV	Simonshaven	TenneT	JA
EHS016	220kV	Weiwerd	TenneT	JA
EHS018	220kV	Weiwerd	TenneT	JA
EHS019	220kV	Weiwerd	TenneT	JA
EHS020	380kV	Eemshaven Oude Schip	TenneT	JA
EHS022	220kV	Robbenplaat	TenneT	JA
EHS023	220kV	Robbenplaat	TenneT	JA
EHS024	220kV	Bergum	TenneT	JA
EHS025	220kV	Eemshaven	TenneT	JA

Colofon

Project	Achtergronddocument Spanningskwaliteit in Nederland
Projectnummer	RA131674
Opdrachtgever	Netbeheer Nederland
Opdrachtnemer	Movares Nederland B.V. Movares Energy
Uitgave	Netbeheer Nederland, Den Haag. Alle rechten voorbehouden.
Projectmanager	Rik Luiten
Auteurs	Rik Luiten, Hans Wolse
Kenmerk	RA-GE-ME TB-180404, versie 1.0
Datum	07 mei 2018
Contactgegevens	Netbeheer Nederland Liane ter Maat Postbus 90608 2509 LP Den Haag 070 - 205 50 00 secretariaat@netbeheernederland.nl