

# Rapport.

## Gaskwaliteit voor de toekomst

Deelrapport 1:

Technisch/economische inventarisatie van gevolgen  
gaskwaliteitsvariaties voor eindgebruikers

66970153- GCS 11.R.61755

## Gaskwaliteit voor de toekomst

Deelrapport 1:

Technisch/economische inventarisatie van gevolgen  
gaskwaliteitsvariaties voor eindgebruikers

Definitieve versie

Groningen, 27 januari 2011

Auteurs: Dr. H.B. Levinsky, Ir. M.L.D. van Rij

In opdracht van Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

---

Auteurs: H.B. Levinsky/ M.L.D. van Rij

Beoordeeld: F. van Foreest

B 90 blz. 2 bijlagen

Goedgekeurd: J. Knijp



© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Het is verboden om dit document op enige manier te wijzigen, het opsplitsen in delen daarbij inbegrepen. In geval van afwijkingen tussen een elektronische versie (bijv. een PDF bestand) en de originele door KEMA verstrekte papieren versie, prevaleert laatstgenoemde.

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, toekomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

De inhoud van dit rapport mag slechts als één geheel aan derden kenbaar worden gemaakt, voorzien van bovengenoemde aanduidingen met betrekking tot auteursrechten, aansprakelijkheid, aanpassingen en rechtsgeldigheid.

## INHOUD

	Blz.
MANAGEMENT SAMENVATTING	5
1 Inleiding	9
2 De uitzonderingspositie van Nederland op de internationale "aardgassenkaart"	14
2.1 Gaskwaliteit is basis voor opbouw Nederlandse infrastructuur	14
2.2 Internationale context	15
2.2.1 Diversificatie van het gasaanbod	15
2.2.2 Kwaliteit van nieuwe gassen	16
2.2.3 Verschillen binnen de EU en harmonisatieactiviteiten	17
3 Ontwikkelingen van netspecificaties en keuringsgrenzen in Nederland	20
3.1 Periode tot aan de liberalisering: zekerheid door integrale verantwoordelijkheid	20
3.2 Liberalisering van de markt zorgt voor ontkoppeling	23
3.3 De huidige keuringspecificaties in de EU	24
3.3.1 De gastoestellenrichtlijn, GAD	24
3.3.2 Eisen aan niet-GAD toepassingen	28
3.4 Praktijk van keuring, specificatie en installatie van Nederlandse apparatuur en processen	29
3.4.1 Apparatuur aan het G-gasnet	29
3.4.2 Apparatuur aan het H-gasnet	30
3.5 Welke parameters moeten worden gespecificeerd om het gedrag van apparatuur te waarborgen	30
3.6 Huidige netspecificaties in de EU	34
3.7 Hoe variëren de verschillende parameters, inclusief die, die niet gespecificeerd zijn, en hoe gaan deze kenmerken mogelijk veranderen in de toekomst	36
3.7.1 G-gas	36
3.7.2 H-gassen	41
4 Consequenties voor eindgebruikers ALs gevolg van de wijzigingEN in de gaskwaliteit	45
4.1 Generieke gevolgen	47
4.2 Gevolgen huishoudens	48
4.2.1 Verbrandingstechnische gevolgen van rijkere aardgassen	49
4.2.2 Welke specificatie voor hogere koolwaterstoffen waarborgt het gedrag van deze toestellen?	53
4.2.3 Aanpassingen om de breedste band te accepteren	56

4.2.3.1	Triage	57
4.2.3.2	Vervanging	58
4.3	Gevolgen krachtopwekking	58
4.3.1	Parkgrootte en belang	58
4.3.2	Gevolgen voor het gasmotorwarmtekrachtpark	59
4.3.3	Acceptabele gasspecificatie voor het gasmotorwarmtekrachtpark	65
4.3.4	Aanpassingen om de breedste band te accepteren	66
4.3.5	Gevolgen voor het gasturbinepark in (de-)centrale elektriciteitsopwekking	67
4.3.6	Acceptabele gasspecificatie voor het gasturbinepark in (de-)centrale elektriciteitsopwekking	72
4.3.7	Aanpassingen om de breedste band te accepteren	74
4.4	Gevolgen voor industriële gastoeepassingen	74
4.4.1	Omvang en diversiteit van toepassingen	74
4.4.2	Gevolgen branderinstallaties	76
4.4.3	Gevolgen voor procesinstallaties	78
4.4.4	Welke specificaties waarborgen het gedrag van industriële installaties	80
4.4.5	Aanpassingen om de breedste band te accepteren	80
4.5	Tabel met mogelijke specificaties voor waarborging huidige niveau	80
4.6	Gevolgen voor eindgebruikers: concluderende opmerkingen	83
5	Conclusies en aanbevelingen	84
	REFERENTIES	86
	BIJLAGE A.1 Samenvattend overzicht G-gas	88
	BIJLAGE A.2 Samenvattend overzicht H-gas	89
	BIJLAGE B Tabellen met voorbeelden van gassamenstelling van <a href="http://www.hoezoandergas.nl">www.hoezoandergas.nl</a>	90

## MANAGEMENT SAMENVATTING

Nederland heeft sinds de vondst van aardgas bij Slochteren gebruik gemaakt van aardgas met een zeer constante samenstelling. Het aardgas uit Slochteren is voor veel gebruikers de Nederlandse standaard geworden. Het Slochterengas heeft een hoog stikstofgehalte en heeft daardoor een relatief laag calorische waarde (L-gas). Nederland is met deze aardgassamenstelling een uitzondering in Europa, alhoewel er in Duitsland gebieden zijn waar gas met een nog lagere calorische waarde wordt geleverd (het zogenaamde LL-gas). In Nederland is een apart transportsysteem voor hoog calorisch gas (H-gas) aangelegd. Hierop zijn grote industriële gebruikers aangesloten. Ook wordt een deel van het H-gas geëxporteerd. In Nederland wordt hoogcalorisch gas (H-gas) uit de kleine velden met stikstof geconverteerd zodat het op Slochterengas lijkt. Er zijn ca. 80 aansluitingen van eindgebruikers op het H-gasnet. In de toekomst gaat de aardgassamenstelling veranderen door: het aanwenden van nieuwe gasbronnen, de import van aardgas uit Rusland en Noorwegen, het invoeden van biogas, het importeren van LNG en het op lange termijn uitputten van het Slochterenveld.

In het najaar van 2009 hebben de gezamenlijke netbeheerders een aantal marktpartijen geïnformeerd dat zij verwachten dat de samenstelling van het Nederlandse aardgas in zowel het G-gas- als het H-gasnet gaat veranderen. Gebruikers van aardgassen en de fabrikanten en leveranciers van gastoeepassingen hebben aangegeven dat de aangekondigde distributie van de verwachte gassen dermate zal afwijken van wat er tot nu toe gebruikelijk is, dat deze niet veilig en doelmatig toegepast kunnen worden.

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) hebben KEMA en Kiwa een inventarisatie van de gevolgen van gaskwaliteitsvariaties voor eindgebruikers uitgevoerd. EL&I heeft op verzoek van diverse marktpartijen (leveranciers en gebruikers van aardgas) de regie op zich genomen om te kunnen anticiperen op de toekomstige veranderende gaskwaliteit. EL&I streeft ernaar dat de Rijksoverheid één duidelijke lijn kiest. Onderstaande beleidsuitgangspunten moeten een oplossing bieden voor de huidige situatie, de situatie in de nabije toekomst en ook een richting geven voor de toekomstige gashuishouding.

Beleidsuitgangspunten veranderende aardgaskwaliteit zijn:

1. De veiligheid van de consument en de werknemer staat voorop. Het huidige risico dat gepaard gaat met het gebruik van aardgas mag niet groter worden ten gevolge van een verandering van de gaskwaliteit (gassamenstelling);
2. De huidige en toekomstige energievoorzieningszekerheid mag niet in gevaar komen. Nederland zal zich moeten aanpassen om niet internationaal geïsoleerd te raken en een gashandelshuis te blijven;
3. Oplossingen moeten gerealiseerd worden waar dat mogelijk is tegen de laagste maatschappelijke kosten. De partij die deze oplossing realiseert, draagt niet vanzelfsprekend ook zelf de kosten. De kosten kunnen worden toebedeeld aan allerlei partijen, zoals de gebruikers of de leveranciers van het gas;
4. Nederland heeft een belangrijk deel van haar welvaart te danken aan de aanwezigheid van aardgas en de aardgashandel. Het beleid is erop gericht om deze toegevoegde waarde voor de Nederlandse economie te behouden;
5. Veranderende gassamenstelling heeft gevolgen voor het functioneren van installaties en hun emissies. Gestreefd wordt naar oplossingen waardoor het huidige veiligheidsniveau en de huidige emissie-eisen gehandhaafd blijven;
6. Zekerheid te bieden aan invoeders, afnemers en netbeheerders, zodat zij op een verantwoorde wijze kunnen investeren.

De toekomst van de voorzieningszekerheid in Nederland is in toenemende mate afhankelijk van het aanbod van H-gassen. Het feit dat nieuwe H-gassen in de regel meer hogere koolwaterstoffen bevatten dan de traditionele gassen, betekent dat de gassen die binnenkomen 'rijker' zijn.

Voor de toepassing van aardgas zijn de volgende specificaties van belang: de breedte van de band van de Wobbe Index, de snelheid van Wobbe variaties, een parameter voor CO-emissies en roetvorming, methaangehalte of koolstof/waterstof-verhouding van het aardgas, waterstofgehalte, CO<sub>2</sub>-gehalte, een specificatie voor klopvastheid (bijvoorbeeld een Methaangetal), de calorische waarde en de leverdruk. Van deze parameters is in Nederland alleen de Wobbe Index, gedefinieerd als de calorische waarde gedeeld door de wortel van de relatieve dichtheid van het gas ten opzichte van lucht, in de Exitcodes vastgelegd. Ook veel andere EU-landen specificeren in hun netcodes tot nu toe uitsluitend de Wobbe Index. Andere samenstellingsaspecten hebben ook hun invloed op sommige toepassingen, zoals dauwpunten, zwavel, sporenelementen, zware metalen en toxische componenten. Rijkere gassen kunnen, ook bij gelijke Wobbe Index, leiden tot andere verbranding(sgedrag) bij apparatuur van eindgebruikers. De huidige en voorgestelde specificaties zijn onvoldoende om het gedrag van de apparatuur bij de eindgebruiker te waarborgen.

Een veranderende gassamenstelling kan gevolgen hebben voor de gebruikers van aardgas. Ook de snelheid van de verandering van de samenstelling is relevant en kan mogelijk tot problemen leiden. Het is onzeker in hoeverre de huidige apparaten en procesinstallaties een veranderende gassamenstelling aankunnen. Afhankelijk van de (variëaties in) samenstelling zijn mogelijke gevolgen van de distributie van rijkere gassen:

- Een verhoging van het risico van persoonlijk letsel van individuele consumenten door verhoging van de CO-emissies;
- Ernstige vermindering van de doelmatigheid van sommige consumentenapparatuur door roetvorming;
- Uitval en mogelijke fysieke schade aan apparatuur die een significante bijdrage leveren aan de Nederlandse elektriciteitsvoorziening;
- Verliezen aan productiecapaciteit en energetisch rendement in de industrie;
- Mogelijk persoonlijke letsel in industriële omgevingen;
- Verhoging van de emissies van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub>.

De studie van KEMA en Kiwa bevat 3 deelaspecten:

1. In beeld brengen van de aard en omvang van de gevolgen van de 'nieuwe' gassen zoals onder andere omschreven op de website '[www.hoezoandergas.nl](http://www.hoezoandergas.nl)' voor het gedrag van de verbruiksapparatuur bij de eindgebruikers;
2. Inventarisatie van mogelijke mitigerende maatregelen en bijbehorende kosten en technische aspecten;
3. Definitie van routes om de inpassing van de veranderende gassamenstelling mogelijk te maken waarbij naast de technisch/economische input ook de mogelijke strategische gevolgen voor de gasvoorziening in termen van voorzieningszekerheid en duurzaamheid in beeld worden gebracht.

Dit deelrapport gaat in op deel 1 van deze studie: “de gevolgen van variaties in gaskwaliteit voor eindgebruikers”.

De gevolgen zijn in kaart gebracht voor de volgende groepen eindgebruikers:

- Huishoudelijke en klein zakelijke toestellen: alle toepassingen waar conformiteit volgens de gastoeestellenrichtlijn (2009/142/EC (ex-90/396/EEC)) verlangd wordt, ook als deze in de industrie gebruikt worden. Voorbeelden zijn CV-ketels, geisers, sfeerhaarden kooktoestellen, kachels, ventilator branders, luchtverwarmers, donkerstralers en hoge temperatuurstralers;
- Krachtopwekking: gasmotoren en gasturbines voornamelijk in installaties voor elektriciteits-, warmte –en stoomopwekking;
- Industriële installaties: alle overige industriële toepassingen van gas in verbrandings- en feedstockprocessen.



Een belangrijk element in de uitvoering van deze studie betreft de betrokkenheid van de stakeholders (op uitnodiging van EL&I ) om een goed beeld te krijgen van de implicaties indien andere gassen worden gedistribueerd en gebruikt. Deze groep wordt gevormd door o.a. vertegenwoordigers van de verschillende groepen eindgebruikers (bijv. brancheverenigingen), grote eindgebruikers zoals energiebedrijven en industriële bedrijven, de landelijk en regionale netbeheerders en upstream partijen zoals producenten, bergings- en LNG-operators en LNG-invoerders. De stakeholders zijn gevraagd om relevante informatie voor dit onderzoek aan te dragen. Om deze informatie te inventariseren en te bespreken zijn workshops georganiseerd met de stakeholders langs de verschillende inhoudelijke lijnen (werkgroepen): 3 werkgroepen die de gevolgen voor de eindgebruikers inventariseren, alsmede de verschillende "downstream" oplossingen, een werkgroep die de verschillende 'up- en midstream' oplossingen inventariseert en een werkgroep die de strategische consequenties van verschillende maatregelen nagaat. De consultants van KEMA en Kiwa hadden een additionele rol als inhoudelijke "kritische" toets voor informatie die in de studie is ingebracht. Daarnaast is de inbreng tijdens workshops aangevuld met kennis en informatie van KEMA en Kiwa en met algemeen verkrijgbare literatuur.

De belangrijkste conclusies van dit rapport zijn:

- Een relevant deel van het huidige apparaatpark is niet in staat om alle nieuwe verwachte gassen zonder verdere maatregelen veilig en doelmatig te gebruiken. Dit houdt in dat er een transitietraject noodzakelijk is om Nederland op de nieuwe gassen voor te bereiden. De transitie maatregelen en de mogelijke transitieroutes maken geen deel uit van deze deelrapportage.
- Los van de transitie maatregelen, die nog onderwerp zijn van verdere studie, adviseren Kiwa en KEMA in ieder geval ook voor Nederland een beleid in te zetten om van nieuwe gastoeepassingen te verlangen dat zij geschikt zijn voor een bredere band dan de huidige.
- Zowel de huidige netcodes als de informatie op [www.hoezoandergas.nl](http://www.hoezoandergas.nl) bevatten onvoldoende specificaties om de afnemers van het gas in staat te stellen bij de aanschaf van hun applicatie een toekomstbestendige investering te doen. Het verdient de aanbeveling om dergelijke toepassings specificaties (desnoods per netdeel of afnemer) vast te stellen. Dergelijke specificaties bieden zowel de leveranciers van gas als hun afnemers de duidelijkheid die bij een goede afnemer/leveranciersverhouding past.

## 1 INLEIDING

Tegen de achtergrond van afnemende binnenlandse productie van aardgas en de verwachte toenemende vraag richting 2030 [1], is Nederland genoodzaakt om in toenemende mate gas te importeren. Deze groeiende importafhankelijkheid zien we ook in de ons omringende landen zoals het Verenigd Koninkrijk, Duitsland en Frankrijk. De koppeling van het uitgebreide Nederlandse transportnet met gasmarkten in Noordwest Europa en de aanwezigheid van een LNG terminal, kan deze import accommoderen en de gasvoorziening in Nederland veiligstellen. Een toenemende stroom hoogcalorische gassen betekent dat er ook in toenemende mate 'rijker' pijpleidinggas uit Noorwegen en Rusland, maar ook LNG aangevoerd per schip, door de pijpleidingen zal stromen. Op langere termijn zullen ook duurzame gassen een relevante rol kunnen gaan spelen in de gasvoorziening. Deze 'rijkere' gassen zijn enerzijds bestemd voor doorvoer naar andere landen, maar anderzijds ook voor eindgebruikers in Nederland en zullen op termijn en gradueel het aanbod van laagcalorische Groningen gas en gas uit de Nederlandse kleine velden vervangen voor een groot deel van de eindgebruikersegmenten. De aan te trekken gassen hebben niet allen dezelfde samenstelling. Niet alle gassen zijn zonder meer te gebruiken door de eindgebruikers. Dit laatste maakt het noodzakelijk dat goede afspraken gemaakt worden over welke kwaliteit/samenstelling van het gas aan de eindgebruiker geleverd kan worden.

In het najaar van 2009 hebben de gezamenlijke netbeheerders een aantal marktpartijen geïnformeerd dat zij verwachten dat de samenstelling van het Nederlandse aardgas in zowel het G-gas- als het H-gasnet gaat veranderen. In reactie hierop hebben verschillende partijen, die de eindgebruikers van het gas vertegenwoordigen, bezwaren kenbaar gemaakt met betrekking tot de mogelijke gevolgen van de distributie van deze verwachte gassen voor hun verbruiksapparatuur. Het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I) heeft KEMA, in samenwerking met Kiwa, de opdracht gegeven tot het uitvoeren van een onderzoek naar de mogelijke gevolgen van en oplossingen voor de veranderende gassamenstelling voor eindgebruikers. Tevens is aan Agentschap NL gevraagd om namens de opdrachtgevers het onderzoek te begeleiden. Voor EL&I is het vooral belangrijk om zo snel mogelijk duidelijkheid te krijgen over de gevolgen van de distributie van de verwachte toekomstige gassen en eventuele randvoorwaarden waaronder inpassingen van nieuwe gassen verantwoord kan gebeuren.

Meer concreet, hebben KEMA en Kiwa een studie is uitgevoerd om:

1. De aard en omvang van de gevolgen van de "nieuwe" gassen zoals o.a. omschreven op de website 'www.hoezoandergas.nl' (hierna 'hoezoandergas' genoemd)<sup>1</sup> voor het gedrag van de verbruiksapparatuur bij de eindgebruikers in beeld te brengen;
2. Mogelijke mitigerende maatregelen te inventariseren, inclusief bijbehorende kosten en technische aspecten;
3. Routes te definiëren om de inpassing van de veranderende gassamenstelling mogelijk te maken waarbij naast de technisch/economische input ook de mogelijke strategische gevolgen voor de gasvoorziening in termen van voorzieningszekerheid en duurzaamheid in beeld worden gebracht.

Dit deelrapport adresseert het eerste punt en behelst een bespreking van de gevolgen van de toekomstige "kwaliteit" van het aardgas voor de eindgebruiker. Om dit in de juiste context te plaatsen wordt allereerst in hoofdstuk 2 een beeld geschetst van de uitzonderingspositie die Nederland met zijn G-markt inneemt op de internationale gasmarkt. Een positie die is bepaald door de vondst van het laagcalorische aardgas in Groningen eind jaren 50 van de vorige eeuw en tevens aanleiding vormt voor deze studie gezien de verwachte diversificatie van het gasaanbod. Dit wordt ook gezien in Europees perspectief.

Terwijl het begrip "kwaliteit" vaak impliceert "goed" of "slecht", wordt deze implicatie hier geenszins bedoeld. De gasindustrie gebruikt dit begrip om eigenschappen die afgeleid zijn van de chemische samenstelling van het gas te karakteriseren. Gaskwaliteit heeft verschillende aspecten die allen onder het verzamelbegrip "gaskwaliteit" vallen:

- De netkwaliteit betreft de distribueerbaarheid van het gas en de integriteit van de leidingnet. Omdat bijvoorbeeld het condenseren van waterdamp in grote slokken vloeibaar water in aardgaspijpleidingen onwenselijk is, is het waterdauwpunt een onderdeel van de specificaties voor "gaskwaliteit";
- De toepassingskwaliteit betreft de geschiktheid voor de toepassingen door de eindgebruiker, zoals de geschiktheid voor CV-ketels, kooktoestellen, gasmotoren en gasturbines. De toepassingskwaliteit maakt gas geen "uitwisselbare" commodity. In principe kunnen gassen met verschillende chemische samenstellingen tot verschillend gedrag in gasverbruiksapparatuur leiden. Gassen zijn alleen bruikbaar als de apparatuur zo is geconstrueerd dat de geleverde range van gassamenstelling acceptabel is;

---

<sup>1</sup> De geraadpleegde gegevens op deze website zijn van voor 2 december 2010

- De verrekenkwaliteit baseert zich op de geleverde energie. Er wordt in de verrekening geen rekening gehouden met bijvoorbeeld de toepassingskwaliteit van het gas. In de zin van de verrekenkwaliteit is gas wel een commodity. De belangrijkste eigenschappen voor verrekenkwaliteit zijn de calorische waarde, de leveringstemperatuur en de leveringsdruk.

Het toepassingsaspect is een belangrijk onderwerp van de onderhavige studie. Specificaties hieromtrent dienen aan te geven welke gassen uitwisselbaar zijn voor de eindgebruiker. Vandaar dat deze aspecten ook in de gasindustrie "uitwisselbaarheid" worden genoemd. Welke verschijnselen optreden bij veranderingen in gassamenstelling en hoe deze gekarakteriseerd worden, wordt in Hoofdstuk 3 besproken. Hierbij ligt de nadruk op die aspecten waarbij frictie tussen voorgestelde gaskwaliteiten voor distributie en de eisen van de eindgebruiker ontstaat.

In de eindgebruikersgroep zijn drie hoofdgroepen te onderscheiden:

- Huishoudelijke en klein zakelijke toestellen: alle toepassingen waar conformiteit volgens de gastoestellenrichtlijn (2009/142/EC (ex-90/396/EEC)) verlangd wordt, ook als deze in de industrie gebruikt worden. Voorbeelden zijn CV-ketels, geisers, sfeerhaarden kooktoestellen, kachels en ventilatorbranders.
- Krachtopwekking: gasmotoren en gasturbines voornamelijk in installaties voor elektriciteits,- warmte –en stoomopwekking
- Industriële installaties: alle overige industriële toepassingen van gas in verbrandings- en feedstockprocessen.

De gevolgen voor de eindgebruikers van de distributie van de verwachte gassen worden in hoofdstuk 4 besproken. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan rendementsverlies van apparatuur, een mogelijk verhoogd risico op persoonlijk letsel en een toename van de uitstoot van CO, CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>. Voor zover deze gevolgen niet acceptabel zijn, wordt in dit hoofdstuk aangegeven welke range van samenstellingen de eindgebruikerstoepassingen zonder modificatie wel aan kunnen. Tenslotte wordt aangegeven welke modificaties aan de eindgebruikersapparatuur noodzakelijk zijn om de breedste band van gassen veilig en doelmatig te kunnen toepassen.

De mogelijk te nemen maatregelen alsmede de denkbare transitie routes maken geen deel uit van deze deelrapportage.

Een belangrijk element in de uitvoering van deze studie betreft de betrokkenheid van de stakeholders om een goed beeld te krijgen van de implicaties indien andere gassen worden gedistribueerd en gebruikt<sup>2</sup>.

Deze groep wordt gevormd door o.a. vertegenwoordigers van de verschillende groepen eindgebruikers (bijv. brancheverenigingen), grote eindgebruikers zoals energiebedrijven en industriële bedrijven, de landelijk en regionale netbeheerders en upstream partijen zoals producenten, bergings- en LNG-operators en LNG invoerders. De stakeholders zijn gevraagd om relevante informatie voor dit onderzoek aan te dragen.

Om deze informatie te inventariseren en te bespreken zijn workshops georganiseerd met de stakeholders langs verschillende inhoudelijke lijnen (werkgroepen): 3 werkgroepen om de gevolgen voor de eindgebruikers te inventariseren, alsmede de verschillende "downstream" oplossingen, een werkgroep die heeft gekeken naar de verschillende "up- en midstream" oplossingen en een werkgroep die de strategische consequenties van verschillende maatregelen hebben geïnventariseerd. De consultants van KEMA en Kiwa hadden een additionele rol als inhoudelijke "kritische" toets voor informatie die in de studie is ingebracht. Daarnaast is de inbreng tijdens workshops aangevuld met kennis en informatie van KEMA en Kiwa, en algemeen verkrijgbare literatuur.

### Uitgangspunten

EL&I streeft ernaar dat de Rijksoverheid één duidelijke lijn kiest. De beleidsuitgangspunten voor de veranderende aardgaskwaliteit zijn:

1. De veiligheid van de consument en de werknemer staat voorop. Het huidige risico dat gepaard gaat met het gebruik van aardgas mag niet groter worden ten gevolge van een verandering van de gaskwaliteit (gassamenstelling);
2. De huidige en toekomstige energievoorzieningszekerheid mag niet in gevaar komen. Nederland zal zich moeten aanpassen om niet internationaal geïsoleerd te raken en een gashandelshuis te blijven;
3. Oplossingen moeten gerealiseerd worden waar dat mogelijk is tegen de laagste maatschappelijke kosten. De partij die deze oplossing realiseert, draagt niet vanzelfsprekend ook zelf de kosten. De kosten kunnen worden toebedeeld aan allerlei partijen, zoals de gebruikers of de leveranciers van het gas;
4. Nederland heeft een belangrijk deel van haar welvaart te danken aan de aanwezigheid van aardgas en de aardgashandel. Het beleid is erop gericht deze toegevoegde waarde voor de Nederlandse economie te behouden;
5. Veranderende gassamenstelling heeft gevolgen voor het functioneren van installaties en hun emissies. Gestreefd wordt naar oplossingen waardoor het huidige veiligheidsniveau en de huidige emissie-eisen gehandhaafd blijven;

---

<sup>2</sup> De auteurs van dit rapport bedanken alle stakeholders en workshopvoorzitters voor hun inspanningen om dit rapport tot stand te brengen.

6. Zekerheid te bieden aan invoeders, afnemers en netbeheerders, zodat zij op een verantwoorde wijze kunnen investeren.

Met name in de inventarisatie van de gevolgen van nieuwe gassen (hoofdstuk 4) wordt rekening gehouden met deze uitgangspunten.

Noot met betrekking tot het aspect duurzaamheid

Bij de aanvang van dit project was de intentie om ook de gaskwaliteitsaspecten van duurzaamheid, bijvoorbeeld betreffende de inpassing van biogassen, in de inventarisatie en analyse mee te nemen. Door de in de workshops overweldigende belangstelling voor nieuwe aardgassen is voor duurzame gassen onvoldoende aandacht geweest om ze adequaat te behandelen.

In dit verband wordt opgemerkt dat de eindgebruikers- en netintegriteitsaspecten van duurzame gassen thans onderwerp van onderzoek is in het kader van het mede door EL&I gesubsidieerde onderzoeksprogramma EDGaR.

## 2 DE UITZONDERINGSPOSITIE VAN NEDERLAND OP DE INTERNATIONALE "AARDGASSENKAART"

### 2.1 Gaskwaliteit is basis voor opbouw Nederlandse infrastructuur

De "kwaliteit" van de aardgassen die in een land gedistribueerd worden, wordt bepaald door de eigen geschiedenis. Landen met veel gas in eigen bodem, zoals het Verenigde Koninkrijk, de Verenigde Staten en Nederland hebben hun markt primair ontwikkeld op basis van de range van gassen die ze zelf produceerden. Meestal kan de gasapparatuur in deze landen een beperktere range van acceptabele samenstellingen aan dan de gasapparatuur in landen die vroeg in de geschiedenis van hun markt een breder aanbod hadden, bijvoorbeeld door import, zoals Frankrijk.

De vondst van het Slochterenveld in 1959 leidde tot een bloei in de Nederlandse economie door een tot dan toe ongekende grote eigen gasvoorraad. Deze vondst van laagcalorisch gas bracht Nederland als nieuw gasland tevens in een uitzonderingspositie ten opzichte van andere landen. Het grote en saillante verschil met de rest van Europa is dat het Nederlandse Slochterengas een significant gehalte van de niet-brandbare component stikstof heeft, ca. 14%. De rest van Europa heeft doorgaans veel minder "inerten" in het gas. Dit leidde ertoe dat de apparatuur van de eindgebruiker specifiek voor dit gas werd ontwikkeld of aangepast.

Na het besluit van de Nederlandse regering in de jaren '70 van de vorige eeuw om het zogeheten 'kleineveldenbeleid' in te voeren teneinde het Slochterenveld te sparen, ontwikkelde de Gasunie (van vóór de liberalisering van de markt) een stelsel van mengstations om verschillende gaskwaliteiten tot de zgn. pseudo-Groningengas te mengen en daarmee de markt te voorzien. Veel van deze 'kleine velden'-gassen waren/zijn hoogcalorisch ('H-gas'). Om kosteneffectief gebruik te kunnen maken van deze H-gassen en om aan te sluiten op de internationale gasmarkt is een deel van de industriële afnemers gebruik gaan maken van H-gas. Deze afnemers hebben de nodige aanpassingen aan hun gasapparatuur doorgevoerd om dit mogelijk te maken. Deze ontwikkeling opende tevens de deur voor import en export van H-gas, zoals Noors gas. Daarnaast kon met de conversie-installatie in Ommen hoogcalorisch gas op pseudo-G-kwaliteit worden gebracht door het verdunnen met stikstof. Hiermee is er een koppeling gelegd tussen H- en G-gas- netten. Met deze conversiemogelijkheid kon tevens efficiënt gebruik gemaakt worden van andere reserves, inclusief import.

De term G-gas staat in de huidige tijd dus al lang niet meer voor "Groningen gas", maar ook voor de zogenaamde pseudo-G-gassen, gassen die bedoeld zijn om als laag calorisch gas te worden toegepast, maar een andere bron hebben dan "Groningen".

Sinds de inpassing van de kleine velden en de toenemende verknoping van Nederland met de internationale gasmarkten is deze kwaliteit echter reeds aan toenemende variatie onderhevig geweest..

De fijnmazigheid van het net en betrouwbare voorziening hebben er toe geleid dat aardgas de kurk is waarop de Nederlandse energievoorziening drijft: meer dan 98% van de huishoudens, 60% van de elektriciteitsopwekking en 50% van het industriële energiegebruik wordt door aardgas voorzien.

Het gevolg van deze geschiedenis is dat er voor binnenlandse consumptie twee grosso modo gescheiden netten zijn:

- een net voor hoogcalorisch gas, grotendeels voor import en export en met 80 aansluitpunten voor industriële klanten, inclusief een aantal elektriciteitscentrales;
- een net voor laagcalorisch "G-gas", met alle 6 miljoen huishoudens en (tientallen) duizenden commerciële en industriële gasklanten, inclusief een aantal elektriciteitscentrales. Deze afnemers worden (op 320 afnemers na) allen door de RNB's voorzien van G-gas.

Naast de grootte van het Slochterenveld, was ook de consistentie van de samenstelling opmerkelijk. Een constante kwaliteit betekent dat apparatuur voor de eindgebruiker kan worden ontwikkeld dat aan hoge, veelal tegenstrijdige, eisen voor veiligheid, rendement en milieuschadelijke emissies kan voldoen.

Behoudens de afnemers op het H-net, wier gasvoorziening tot voor kort werd geregeld op basis van de lokale gaskwaliteit en bilaterale afspraken met de Gasunie van voor de liberalisering van de markt, heeft heel Nederland gedurende 40 jaar zich afgesteld op het G-gas: huishoudens, flat- en kantoorgebouwen, kleine industrieën, glastuinbouw. In de volgende hoofdstukken wordt nader toegelicht hoe de eindgebruikersmarkt zich op de kwaliteit van dit G-gas heeft ingesteld.

## 2.2 Internationale context

### 2.2.1 Diversificatie van het gasaanbod

Om de voorzieningszekerheid te waarborgen, moeten nieuwe voorraden gevonden worden. De bovengenoemde strategie om gas uit de kleine Nederlandse velden in te passen levert daar een bijdrage aan. Echter, ook deze voorraden zijn eindig en het is onvermijdelijk dat het aandeel van import in de Nederlandse gasvoorziening zal toenemen. Deze ontwikkeling ziet men ook in buurlanden van Nederland.



Door sterk teruglopende binnenlandse productie heeft het Verenigd Koninkrijk zich in hoog tempo zeker moeten stellen van alternatieve leveringsbronnen (o.a.. Noors gas, LNG, en gassen via de interconnector en BBL pijpleidingen). Ook Duitsland en Frankrijk kennen een sterke component van import in hun gasaanbod. Het verschil met deze landen is dat er geen buitenlands aanbod van G-gas is; Nederland kan dus geen G-gas importeren.

Het is de verwachting dat de gasvraag in Nederland licht zal groeien richting 2030. [1] Dit wordt met name gedreven door toenemende vraag van elektriciteitscentrales. Om ook in de toekomst aan deze vraag te voldoen, zal in toenemende mate H-gas geïmporteerd moeten worden. Om de stroom van benodigde H-gassen te waarborgen is het beleid ingezet om het Nederlandse H-gas leidingnetwerk als knooppunt in de stromen van gassen door Noordwest-Europa te laten fungeren. Dit geïmporteerde H-gas kan door het te verdunnen met stikstof ('converteren') ingevoerd worden in het G-net. Het door de gezamenlijke netbeheerders verwachte gas voor de G-markt betreft met name dit geconverteerde H-gas. De mate waarin dit geconverteerde H-gas geschikt is voor de huidige gasapparatuur is onderwerp van deze studie.

De slechte aansluiting tussen de "kwaliteit" van het aardgas dat aangeboden wordt en van het gas dat de koper kan gebruiken, stelt de strategische vraag hoe lang het wenselijk is om deze uitzonderingspositie van Nederland te handhaven. Op deze vraag wordt later in het rapport teruggekomen. In de volgende hoofdstukken zal ook duidelijk worden dat deze slechte aansluiting ook de aanleiding voor deze studie vormt.

### 2.2.2 Kwaliteit van nieuwe gassen

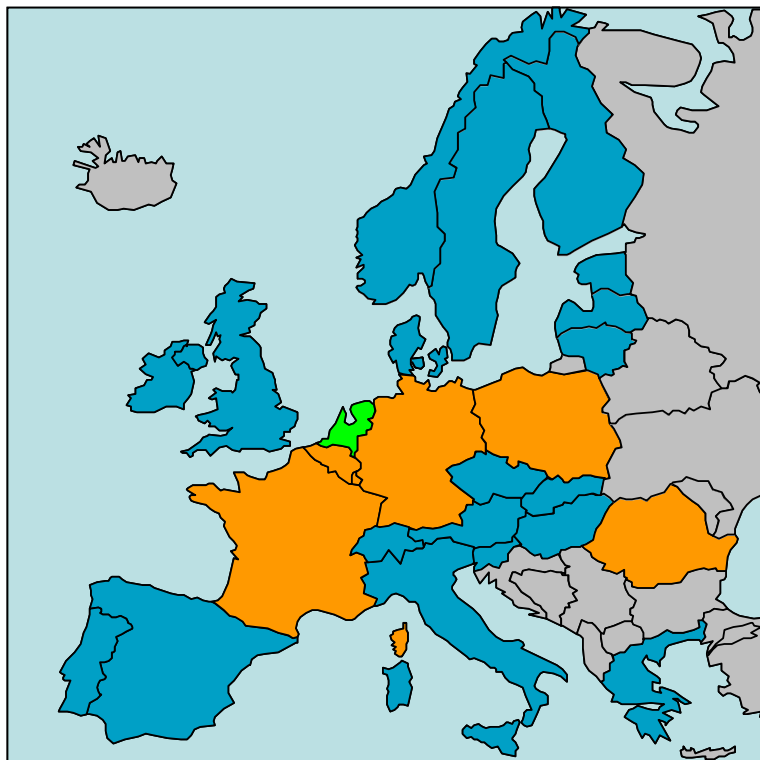
In veel landen, zoals de Verenigde Staten, worden de zogenaamde hogere koolwaterstoffen (koolwaterstoffen met meer dan één koolstofatoom, zoals ethaan, propaan, butaan, enz.) tijdens productie "gestript" (verwijderd) van de aardgasstroom en verkocht als o.a. chemische grondstof. Bij de huidige gasprijs is het aantrekkelijker geworden om deze "energierijke" componenten in het aardgas te laten [2]. Daarnaast zijn er productielocaties, vooral waar vloeibaar aardgas wordt gemaakt voor het verschepen over lange afstanden, waar geen plaatselijke chemische industrie aanwezig is. Hier is het ook voordelig om deze componenten in het gas te laten. Het gevolg van deze ontwikkelingen is dat de samenstelling van het H-gas dat mondiaal aangeboden wordt ook "rijker" in deze hogere koolwaterstoffen wordt dan in het verleden. Deze rijkere gassen spelen een belangrijke rol in de mondiale discussie over de introductie van 'nieuwe' aardgassen. Terzijde wordt ook opgemerkt dat er ook producerende landen zijn die inspelen op de verschillende specificaties in verschillende landen: gassen met minder hoge koolwaterstoffen ('armere' gassen) voor landen zoals de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk en "rijkere" gassen voor het Verre Oosten, dat ingericht is voor rijke gassen.

Door de mondialisering van het aanbod en het toegenomen grensoverschrijdende verkeer in aardgassen, in combinatie met het beleid van Nederland om de voorzieningszekerheid te waarborgen en de marktwerking te bevorderen door aan dit verkeer deel te nemen, wordt Nederland geconfronteerd met de mogelijke gevolgen van nieuwe gassen.

### 2.2.3 Verschillen binnen de EU en harmonisatieactiviteiten

Terwijl Nederland decennia lang heeft geprofiteerd van de "eigen" gaskwaliteit, bestaat de gasvoorziening in Europa grotendeels uit H-gas. Figuur 1 laat de verdeling van aardgaskwaliteiten zien in West-Europa, bepaald aan de hand van de typen huishoudelijke toestellen conform de huidige EU-systematiek (zie Hoofdstuk 3). Blauw en oranje geven aan dat het betreffende land H-gas distribueert en groen (Nederland) is waar G-gas wordt gedistribueerd. In Frankrijk, België en Duitsland (oranje) is ook een aantal gebieden waarin, mede ten gevolge van de import van G-gas uit Nederland, laagcalorische aardgassen gedistribueerd worden. Echter, wel binnen een bredere band van samenstelling dan in Nederland. Deze kleuren geven ook aan voor welke gassoorten de huishoudelijke toestellen geschikt zijn.

*Figuur 1. Kaart van West-Europese gaskwaliteiten, op basis van categorie huishoudelijk toestel (blauw en oranje geven aan dat het betreffende land H-gas distribueert, en groen waar G-gas wordt gedistribueerd).*



Zoals boven is geschetst, is de gasvoorziening in de meeste Europese landen begonnen als een lokale markt. Hierbij werd, net als in Nederland, de apparatuur voor gasverbruik ontwikkeld en geoptimaliseerd voor de bestaande en voorziene variatie in aardgassamenstelling. Veiligheid en doelmatigheid zijn daarbij leidend geweest in de ontwikkeling van de eindgebruikersmarkt. Het gevolg is dat elk land een optimum gevonden heeft voor acceptabel gedrag van zijn apparatuur met het eigen aanbod van gassen. En omdat alle apparatuur geoptimaliseerd is, ook in termen van veiligheid, voor het heersende gasaanbod, werden per land ook verschillende limieten gesteld aan de range van gassamenstellingen die gedistribueerd mogen worden. Op deze manier werd, per land, het acceptabele gedrag gegarandeerd voor de eindgebruiker. Zo heeft het Verenigd Koninkrijk een smallere netband dan bijvoorbeeld Frankrijk. Algemener gesteld, moet geconcludeerd worden dat toepassingen als regel niet bij voorbaat geschikt zijn om alle in Europa gebruikte H- of L-gassen veilig te kunnen gebruiken.

Deze verschillen in specificaties tussen landen was aanleiding om in het Madrid Forum [3] te vragen of de verschillen geen oneigenlijke barrière voor de grensoverschrijdende handel in gas vormen. Naar aanleiding hiervan is een tweetal activiteiten ondernomen om dit te onderzoeken.

EASEE-gas: Ten eerste heeft de European Association for Streamlining Energy Exchange voor gas, afgekort als EASEE-gas, gevormd door Europese gasbedrijven vanuit de gaswaardeketen, een gemeenschappelijke richtlijn ontwikkeld voor grensoverschrijdend verkeer in hoogcalorisch aardgas (een 'common business practice', of CBP, [4]). Deze vrijwillige richtlijn, die per 1 oktober 2010 geldt, behelst een brede range voor acceptabele gassen. Als onderdeel hiervan hebben de infrastructuurbedrijven overeenstemming bereikt over de eisen met betrekking tot de netkwaliteit waar zij hun distributie systeem voor willen inrichten. Daarbij is getracht om een zo groot mogelijk deel van het mogelijke aanbod binnen de codes te laten vallen, zodat de netintegriteit in ieder geval geen beperking is bij het transport van deze gassen.

Parallel aan het ontstaan van deze richtlijn heeft het Verenigde Koninkrijk een eigen studie uitgevoerd naar de mogelijkheid om de eigen specificaties voor aardgassen te veranderen. Het betreft met name specificaties, die betrekking hebben op de eisen ten aanzien van eindgebruiker (de toepassingskwaliteit) en die aanzienlijk smaller zijn dan het EASEE-gasvoorstel. Naar aanleiding van deze studie stelde de Britse overheid dat zij, mede door overwegingen t.b.v. de veiligheid van de eindgebruiker, de huidige specificaties tot na 2020 niet zullen veranderen [5]. Gezien het belang van het Verenigd Koninkrijk in de EU-gasmarkt is onduidelijk wat de EASEE-gas-richtlijn zal bewerkstelligen in termen van harmonisatie.

De vrijwillige inspanningen van de EASEEGAS-groep hebben geleid tot een initiatief van de Europese Commissie, het CEN-Mandaat.

CEN-Mandaat: Mede door het, in haar optiek ongewenste, vrijwillige karakter van de EASEE-CBP heeft de Europese Commissie een eigen activiteit opgestart. Het Europese Normalisatie Instituut (CEN) heeft de opdracht [6] om EU-brede gaskwaliteitsparameters voor H-gassen te formuleren. Deze dienen, binnen redelijke kosten, zo breed mogelijk te zijn. De EASEE-CBP vormt hierbij het startpunt. Deze studie loopt tot ca. 2014 en behelst thans een onderzoek naar de veiligheid van huishoudelijke toestellen (GASQUAL) en een kosten-batenanalyse voor verschillende scenario's voor o.a. het aanpassen van de eindgebruikersmarkt om een bredere band van gassen te accepteren versus het beperken van het aanbod, en/of het behandelen, van gassen om acceptabel te zijn voor de apparatuur bij de afnemers. Het CEN-Mandaat heeft (mede) tot doel te onderzoeken of de EASEE-gas netspecificaties ook geschikt zijn als toepassingsspecificatie. Of hier meer strikte specificaties voor het Nederlandse H-gas uit volgen is op dit moment nog onduidelijk.

De toekomst van de voorzieningszekerheid in Nederland is in toenemende mate afhankelijk van het aanbod van H-gassen. Op de lange termijn is er een keuze hoe men hiermee om zal gaan: H-gas blijven "converteren" in G-gas, of stapsgewijs regionaal overstappen op H-gas, zoals men dat in ons omringende landen doet. Het is duidelijk dat de ontwikkeling van de gasvoorziening in Nederland niet los gezien kan worden van de internationale ontwikkelingen. Relevante aspecten van deze ontwikkelingen zullen in het rapport terugkeren.

### 3 ONTWIKKELINGEN VAN NETSPECIFICATIES EN KEURINGSGRENZEN IN NEDERLAND

In de huidige constellatie van netcodes zijn de parameters die de "toepassingskwaliteit" omschrijven de enige die de facto de waarde van het product gas voor de eindgebruiker vertegenwoordigen. In Nederland is slechts één van de voor de toepassing relevante specificaties opgenomen in de netcode. Het betreft de Wobbe Index. De Wobbe Index is gedefinieerd als de calorische waarde gedeeld door de wortel van de relatieve dichtheid van het gas ten opzichte van lucht. De Wobbe Index beïnvloedt de thermische input en verhouding tussen gas en lucht [7] van gasverbruiksapparatuur die geen regelsysteem heeft (zoals de overgrote meerderheid van huishoudelijke apparatuur). Beide aspecten zijn van groot belang bij het gedrag van de apparatuur bij de eindgebruiker.

De gezamenlijke netbeheerders (de Regionale Netbeheerders en Gas Transport Services B.V.) hebben in oktober 2009 een aantal marktpartijen geïnformeerd dat zij verwachten dat de samenstelling van het Nederlandse aardgas in zowel het G-gas- als het H-gasnet gaat veranderen. Deze verandering ligt geheel binnen de bandbreedte van de netcodes (zie bijlage B).

De impact van deze uitgesproken verwachting kan niet los worden gezien van de historische ontwikkelingen van toepassingsspecificaties en keuringsgrenzen. Ten gevolge van de unieke geschiedenis van de Nederlandse aardgassector is met weinig uitzonderingen de apparatuur van de eindgebruiker expliciet dan wel impliciet ontworpen, gespecificeerd, gekeurd of geïnstalleerd voor de op het moment van installatie verwachte gaskwaliteit. In het G-net is dit in essentie Slochterengas. Er zijn tot dusver geen gerichte maatregelen genomen die expliciet de intentie hebben om de nieuw te installeren apparatuur op een bredere range van samenstelling te ontwerpen dan men tot nu toe gewend was.

Omdat de huidige keurings- en installatiepraktijk omtrent gaskwaliteit ontstaan is uit de geschiedenis van de gassector, wordt deze historie hieronder kort geschetst.

#### 3.1 **Periode tot aan de liberalisering: zekerheid door integrale verantwoordelijkheid**

##### 1835: Eerste gasfabriek in Rotterdam

De openbare gasvoorziening begint in 1835 toen in Rotterdam de eerste gasfabriek in bedrijf kwam voor de openbare straatverlichting. Begin 1900 hadden de meeste grote gemeenten een gasfabriek ten behoeve van de openbare verlichting. De veelal gemeentelijke bedrijven stelden dit lichtgas ook ter beschikking van burgers, veelal voor verlichting en koken. Dit gebeurde onder strikte voorwaarden.

De installaties en de toestellen werden door het (gemeentelijke) gasbedrijf gekeurd. Alleen aan gekeurde installaties werd gas geleverd. Vanaf dat moment heeft het (gemeentelijke) gasbedrijf de integrale verantwoordelijkheid voor een veilige gasvoorziening naar zich toe getrokken.

Rond 1930 gingen de gasfabrikanten samenwerken. Het technische stelsel rondom Nederlandse gaskwaliteit vloeit daaruit voort. De Vereniging van Gasfabrikanten in Nederland (toen de gemeentelijke gasbedrijven, nu de KVGN) stelde deze voorwaarden voor levering op en creëerden ook stelsel van keuringseisen met een GIVEG-keurmerk dat door het door de gasbedrijven opgerichte VEG Gasinstituut (thans Kiwa) werd verleend. De keuringseisen die toen voor (huishoudelijke) aardgastoestellen werden opgesteld beoogden dat er geen bezwaarlijk gedrag zou optreden bij de daadwerkelijk te verwachten gassen. De werkelijk geleverde gaskwaliteit verschilde per gasfabriek. Er waren geen formeel vastgelegde specificaties voor de gaskwaliteit. Feitelijk droeg het gemeentelijke gasbedrijf er zorg voor dat er een gas geproduceerd werd dat geschikt was voor de in het verzorgingsgebied opgestelde toestellen.

#### 1959: Introductie Aardgas

Met de ontdekking van het Groningenveld is een einde gekomen aan de lichtgas periode. In heel Nederland werd feitelijk maar één gassoort gedistribueerd, Groningen-aardgas. Om zeker te stellen dat de verbranding in de toestellen voldoende robuust was, werden bij de keuringen toestellen onderzocht met grensgassen. De grensgassen bestonden uit Groningen-aardgas die met propaan verrijkt werden tot een Wobbe index van  $47.05 \text{ MJ/m}^3$  of met stikstof verarmd tot een Wobbe Index van  $42.62 \text{ MJ/m}^3$ . Er bestonden geen distributiebanden, er was alleen maar Groningengas. De grensgassen waren de veiligheidsmarges die noodzakelijk geacht werden bij het ontwerp van gastoestellen.

#### 1974: Kleine velden beleid

Vanaf 1974 is actief gezocht naar andere gasvoorkomens en is de inpassing van de gevonden voorkomens actief bevorderd. Bij deze inpassing rees de vraag welke variaties in gasspecificaties toelaatbaar zijn om het goed functioneren van de gebruikstoestellen zeker te stellen. In 1977 werd de distributieband vastgelegd met de huidig grenzen<sup>3</sup> van  $43.46 - 44.41 \text{ MJ/m}^3$ . Hiermee werd impliciet een deel van de veiligheidsmarge die bij de keuring gehanteerd werd ingezet om de inpassing van de nieuwe gassen mogelijk te maken.

---

<sup>3</sup> In dit rapport wordt de Wobbe Index bepaald met gebruik van de zogenaamde calorische bovenwaarde, genomen bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , en de kubieke meter bij  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Bij de verdere introductie van niet-Slochterengassen na 1977, is in overleg tussen Gasunie en VEGIN (toenmalige vereniging van gemeentelijke gasbedrijven) steeds zeker gesteld dat de toestellen en installaties die voldeden aan de leveringsvoorwaarden in staat waren de geleverde gassen veilig en doelmatig te gebruiken. Uitgangspunt was daarbij dat de nieuw in te voeren gassen geschikt moesten zijn voor het bestaande toestellenpark. De gasbedrijven werden in deze tijden belast met het bevorderen van het veilige en doelmatige gebruik van aardgas. Hierdoor zijn veel huishoudelijke en industriële toepassingen, zoals de HR-ketel en de warmte-kranchkoppeling ontwikkeld en het gebruik ervan bevorderd. De optimalisatie van deze methoden was afgestemd op de toen heersende gaskwaliteit.

#### Jaren 80: Mengen van CO<sub>2</sub>-houdende gassen

In de jaren '80, toen gas uit een veld in de Noordzee via mengstation Wieringermeer in West-Nederland werd geïntroduceerd, is na uitvoerig onderzoek een beperking van het CO<sub>2</sub>-gehalte in acht genomen, tot een maximum van 8% (volume), die beoogde o.a. de veiligheid van huishoudelijke apparatuur te waarborgen. Deze randvoorwaarde is echter niet in de huidige Exitcodes terechtgekomen.

#### Jaren 90: Steeds meer H-gas leidt tot hernieuwd onderzoek naar Wobbeband

In de jaren '90 werd steeds meer H-gas in de Noordzee ontdekt. Omdat afwobben kosten met zich meebrengt is nogmaals onderzocht of de distributiebånd niet breder gemaakt kon worden [8]. De uitkomst van deze studie is dat die ruimte niet beschikbaar was. De eerder overeengekomen distributiebånden bleven als gevolg hiervan ongewijzigd.

#### Wat is in deze periode in G-markt aan afspraken vastgelegd?

De ontwikkeling gaat in feite van een situatie van weinig geformaliseerde afspraken in goed overleg naar een situatie waarin alle relevante onderwerpen die zich aandienen in formele afspraken worden vastgelegd. Niet alle afspraken die tussen de distributiebedrijven en de Gasunie zijn gemaakt, zijn ook schriftelijk vastgelegd, of slechts per brief. De feitelijke afspraak tussen leverancier Gasunie en afnemer, de distributiebedrijven, was: "We leveren wat we nu leveren en als we van plan zijn daar veranderingen in aan te brengen treden we in overleg".

De huidige codes voor de toepassingsaspecten hadden als startpunt de schriftelijk vastgelegde afspraken. Hierbij moet in herinnering worden gebracht dat aspecten, die gegeven het aanbod van gassen, in het verleden geen zorgpunt waren, ook niet in de codes zijn vastgelegd. Voorbeelden hiervan zijn het gehalte aan hogere koolwaterstoffen, het methaangetal, het waterstofgehalte, het werkelijke zwavelgehalte, de gehalten van spoorcomponenten.

### Ontwikkeling van de H-band voor de liberalisering

De ontwikkeling van de H-markt vond plaats in nauwe samenwerking tussen Gasunie van voor de liberalisering en de afnemers. Afspraken over de te leveren gaskwaliteit werden in een aantal gevallen geformaliseerd in bilaterale afspraken.

## **3.2 Liberalisering van de markt zorgt voor ontkoppeling**

Uit de vorige paragraaf kan worden geconcludeerd dat in de periode van vóór de liberalisering van de gasector er wel formele eisen aan het te distribueren gas werden gesteld, maar vanuit een integrale verantwoordelijkheid steeds zeker werd gesteld dat binnen de formeel vastgelegde specificaties het te distribueren gas geschikt was voor het apparaatpark. Deze integrale verantwoordelijkheid beperkte de werkelijke distributie, onafhankelijk van de formele vastgelegde eisen.

De liberalisering van de gasector vanaf begin jaren '90, zowel binnen Nederland als in de EU, heeft deze nauwe betrokkenheid van de gasector van de ontwikkelingen bij de eindgebruiker losgekoppeld. Relevante ontwikkelingen zijn:

Gastoestellenrichtlijn (GAD, Gas Appliance Directive, 2009/142/EC, ex-90/396/EEC): De nationale privaatrechtelijke keuringseisen werden als een handelsbarrière voor (huishoudelijke) gastoestellen gezien. Met de gastoestellenrichtlijn die in 1996 van kracht werd mochten lidstaten geen aanvullende eisen meer stellen aan het op de markt brengen en in bedrijf stellen van gastoestellen die volgens de richtlijn voorzien waren van een CE-markering. Waren de gasbedrijven in hoge mate sturend in de normen van gastoestellen in de periode voor de GAD, na de invoering van de GAD is er bijna geen actieve bemoeienis meer bij het opstellen van Europese normen.

### Andere rol van actoren in de gasector, vastleggen specificaties in codes

Mede door Europese ontwikkelingen op gebied van liberalisering, is de oude Nederlandse gasector herverdeeld. Om de eindgebruiker een keuze van gasleverancier te geven, zijn de handel en transport/distributie (infrastructuur) van gas ontvlochten. De klant koopt zijn/haar gas bij een handelaar en de infrastructuurbedrijven zorgen er voor dat gas bij de klant komt. Echter, wat gaskwaliteit betreft kan in feite de klant geen keuze maken. Vanwege de complexiteit van het gasnetwerk zal het gas van een bepaalde kwaliteit dat door de leverancier in Friesland wordt ingevoerd niet daadwerkelijk in Limburg worden geleverd. Het stelsel van specificaties die volgens de Gaswet in de gascodes wordt vastgelegd is complex, maar is onder andere bedoeld om niet-discriminatoire toegang tot het gasnet te garanderen (entry-specificaties), alsmede duidelijkheid te scheppen omtrent het gas dat uit het net komt (exit-specificaties).



*Deze situatie leidt tot een andere lezing van de specificaties. De bovengenoemde integrale verantwoordelijkheid in de gasketen die er in het verleden voor zorgde dat de kwaliteit van het gas en eindgebruikersapparatuur op elkaar afgestemd bleven, is in de Gaswet niet expliciet bij één partij neergelegd.*

*In de huidige constellatie van verantwoordelijkheden van de verschillende actoren in de gasmarkt komen de specificaties die in de netcodes zijn vastgelegd in een ander licht te staan. In plaats van de oude traditie van een beperking van de distributiegassen ruim binnen de grenzen van codes, kan het voor sommige actoren aantrekkelijk zijn de grenzen van de codes op te zoeken. Vooral als men aanneemt dat de netcodes een veilige en doelmatige gastoepassing garandeert. Dit onderzoek heeft tot doel om vast te stellen of deze aanname terecht is.*

Samenvattend zijn er voor toepassingskwaliteit van het gas feitelijk drie relevante grenzen:

1. De toepassingspecificatie waar de toepassingen aan moeten voldoen.
2. De netcodes waarbinnen de distributienetten moeten voldoen.
3. De werkelijke distributiepraktijk (ook wel operationele bandbreedte genoemd) die zeker stelt dat niet alleen aan de netcodes wordt voldaan maar aan de toepassingspecificaties, zodat het bestaande apparatuurpark ook veilig en doelmatig functioneert.

Met de liberalisering worden de netcode en de toepassingspecificatie steeds belangrijker. *In deze constellatie zijn heldere, eenduidige en dekkende toepassingspecificaties in het belang alle actoren in de markt. Geen van de actoren is gebaat bij 'verrassingen' achteraf.*

### **3.3 De huidige keuringsspecificaties in de EU**

#### **3.3.1 De gastoestellenrichtlijn, GAD**

De gastoestellenrichtlijn heeft als scope alle gastoestellen voor verwarming, warmwaterbereiding, koken, wassen en verlichting voor zover deze toestellen niet uitsluitend voor industriële toepassing zijn ontworpen. Ook ventilatorbranders die mede gebruikt worden in ketellichamen voor ruimteverwarming vallen onder dit bereik. Deze zelfde ventilatorbranders worden vaak ook in industriële installaties toegepast.

Het juridische kapstokartikel van de GAD is art 1.1 van de essential requirements:

- 1.1. *Appliances must be so designed and built as to operate safely and present no danger to persons, domestic animals or property when normally used as defined in Article 1(3) of this Directive.*

Article 1(3) definieert 'normally used' als:

3. *For the purposes of this Directive, an appliance is said to be 'normally used' when it is:*

- (a) correctly installed and regularly serviced in accordance with the manufacturer's instructions;*
- (b) used with a normal variation in the gas quality and a normal fluctuation in the supply pressure; and*
- (c) used in accordance with its intended purpose or in a way which can be reasonably foreseen.*

De aanleiding van dit onderzoek is de uitgesproken verwachting dat de "normal variation in the gas quality" anders gaat worden dan in het verleden. In ieder geval anders dan op het moment de grensgassen voor de eerste keer werden vastgesteld.

In artikel 2(2) staat vermeld:

#### *Article 2*

*1. Member States shall take all necessary steps to ensure that appliances may be placed on the market and put into service only if, when normally used, they do not compromise the safety of persons, domestic animals and property.*

*2. Member States shall communicate in good time to the other Member States and the Commission all changes to the types of gas and corresponding supply pressures used on their territory which have been communicated in accordance with Article 2(2) of Directive 90/396/EEC.*

Met name artikel 2(2) schept verplichtingen voor de overheid indien overwogen wordt de "normal variation in the gas quality" te veranderen.

Hoe gaat de GAD om met normale variaties in de gaskwaliteit? Er worden gascategorieën gedefinieerd met de daarbij behorende referentiegas(sen) en grensgassen (limit gases). Deze zijn in de EN437 [9] als volgt gedefinieerd:

#### **Reference gases**

*Test gases with which appliances operate under nominal conditions when they are supplied at the corresponding normal pressure.*

#### **Limit gases**

*Test gases representative of the extreme variations in the characteristics of the gases for which appliances have been designed.*

Een toestel wordt onderworpen aan een reeks van testen met referentiegas om de normale veiligheid<sup>4</sup> te onderzoeken.

---

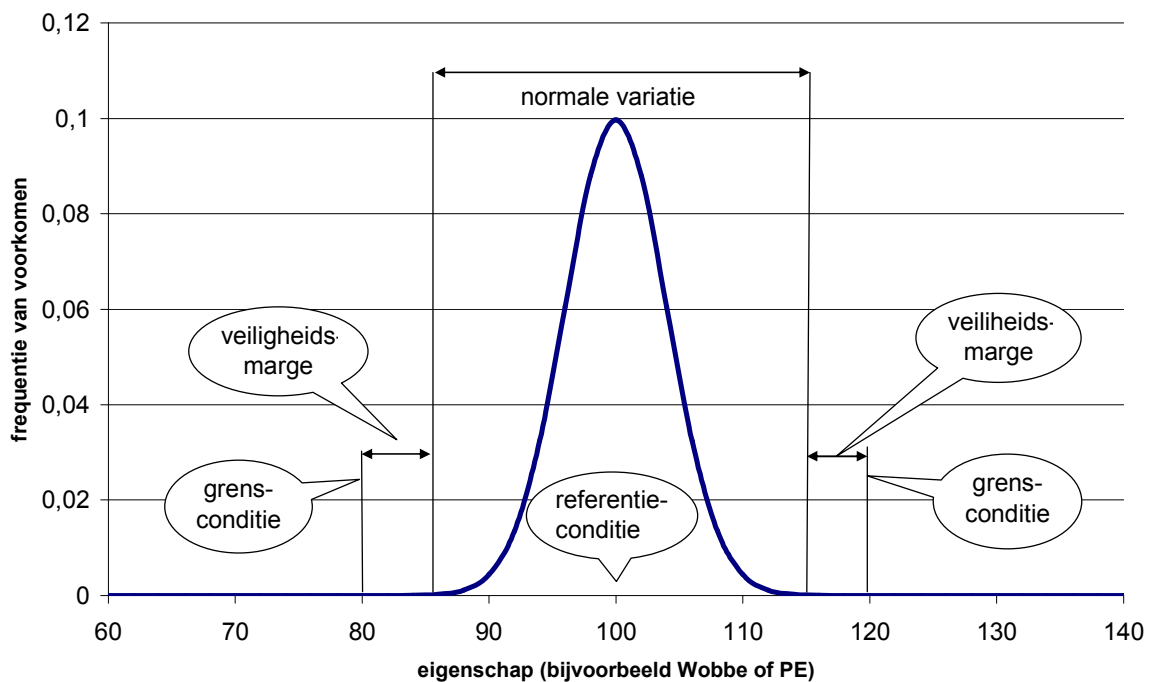
<sup>4</sup> Aspecten die de veiligheid betreffen zijn CO-emissies, de vorming roet en de stabiliteit van de verbranding. Bij de stabiliteit zijn zaken zoals "afblazen", waarbij de vlam wegblaast van de brander, van belang. (Gedeeltelijk) afblazen leidt tot verhoging van de CO-emissies en mogelijk tot het ontsnappen van explosief mengsel in de opstellingsruimte.

Daarnaast worden er een aantal testen uitgevoerd met limietgassen om de veiligheid zeker te stellen dat de toestellen “used with a normal variation in the gas quality and a normal fluctuation in the supply pressure” veilig blijven.

Voor het veilig functioneren van toestellen hebben zowel de gassamenstelling als de leveringsdruk een even belangrijke rol. Daarom worden de testen met grensgassen zowel met de hoogste en laagste leveringsdruk uitgevoerd.

Figuur 2 geeft een beeld van hoe de begrippen grensconditie, normale variatie, referentieconditie en grens samenhangen. De grensgassen representeren de extreme conditie (in de hoedanigheid van bovengenoemde "extreme conditions") waarvoor de toestellen geschikt zijn. Het zijn dus geen extreme condities in de hoedanigheid van normale of referentieconditie.

*Figuur 2: Samenhang tussen begrippen grensconditie, normale variatie en referentieconditie*



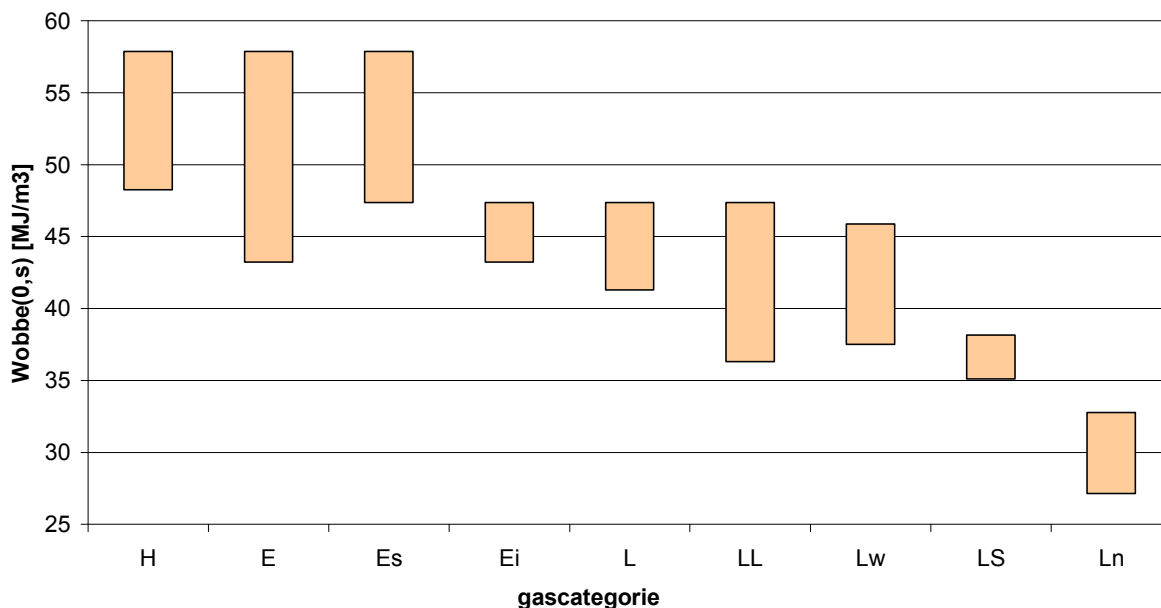
Onder de GAD zijn verschillende gascategorieën gedefinieerd (zie EN437). Een toestel dat gekeurd is voor een gascategorie mag in een land waarin deze gascategorie wordt toegepast niet geweigerd worden.

In Figuur 3 worden de uitersten van de Wobbe Indexen van de verschillende grensgassen voor de verschillende gascategorieën voor aardgasfamilie weergegeven zoals die in de EN 437 zijn vastgelegd. De L-band geldt voor Nederland.

Van de grensgassen is de samenstelling expliciet vastgelegd. Veelal zijn deze samengesteld uit methaan, propaan, waterstof en stikstof. Voor sommige specifieke nationale distributie-situaties worden ook testgassen die CO<sub>2</sub> bevatten gebruikt. Met de uitbreiding van de EU zijn meer dan meer dan 22 categorieën voor de aardgasfamilie gedefinieerd.

Deze samenstellingen zijn van belang om effecten als afblazen, CO-vorming en roeten voldoende uit te sluiten.

*Figuur 3. Extreme Wobbe Indexen van grensgassen van een aantal in de EU gehanteerde gascategorieën (zoals gedefinieerd in de EN437)*



De gascategorieën worden in twee groepen ingedeeld, de H-groep en de L-groep. Vaak wordt er over L-gassen en H-gassen gesproken. Dit zijn echter verzamelingen van gascategorieën. Als voorbeeld: Duitsland, Engeland en Frankrijk kennen toestellen voor de H-band. In Engeland wordt de toestelcategorie  $I_{2H}$  verlangd, in Duitsland  $I_{2E}$  en in Frankrijk  $I_{2E+}$ .

Nederland heeft vanaf het begin van de GAD voor G-gas de categorie  $I_{2L}$  gekozen. Met de keuze voor deze gascategorie werd de range van grensgassen licht ruimer dan men in Nederland gewend was (van 42.62 - 47.05 MJ/m<sup>3</sup> naar 41.2 – 47.3 MJ/m<sup>3</sup>). Gelijktijdig werden ook de afkeurgrenzen voor het bovenste grensgas ten opzichte van de Nederlandse praktijk versoepeld (van 1000 ppm → 2000 ppm CO). Voor de toestelcategorie  $I_{2L}$  is het referentie-gas een methaan-stikstof-mengsel. Het zogenaamde “incomplete combustion and sooting” grensgas bevat geen waterstof en 7% propaan en heeft daarnaast een 8% hogere Wobbe Index dan het referentiegas.

Hoewel de omringende landen ook G-gas uit Nederland krijgen hebben deze landen niet voor dezelfde toestelcategorie gekozen. België en Frankrijk passen  $I_{2E+}$ -toestellen toe, Duitsland past  $I_{2ELL}$ -toestellen toe.

Zowel  $I_{2E+}$ -als de  $I_{2ELL}$ -toestellen kunnen (gedeeltelijk) voor gassen van de L-groep en gassen van de H-groep worden afgesteld, hetzij door ombouwen van het toestel ( $I_{2ELL}$ ), hetzij door aanpassing van de leveringsdruk ( $I_{2E+}$ ) van het gas. In principe zijn deze toestellen geconstrueerd om een breder aanbod van gassen te accommoderen dan hun Nederlandse evenbeelden.

In de huidige Europese context vormt Nederland een uitzondering met een eigen categorie ( $I_{2L}$ ). Alleen Roemenië kent hetzelfde toesteltype.

Hoewel het Nederlandse G-gas ook in de ons omringende landen wordt gedistribueerd, is het feit dat Nederland een eigen toestelcategorie toepast toch uniek. Het toestellenpark is in de omringende landen wezenlijk anders samengesteld.

Voor het hoogcalorische gas heeft Nederland voor GAD-toestellen voor de categorie  $I_{2H}$  gekozen. Voor dergelijke toestellen die binnen de scope van de GAD vallen en bij Nederlandse afnemers van H-gas, zijn er in ieder geval parallellen te trekken met het Verenigde Koninkrijk dat voor dezelfde categorie heeft gekozen.

De vraag is of met de aangekondigde verbreding van de normale toepassingskwaliteit (een gelijke Wobbeband maar gelijktijdig wel een verhoging van de variatie in fractie van hogere koolwaterstoffen) gegeven de grensgassen er voldoende veiligheidsmarge is bij  $I_{2L}$ -toestellen zodat nog voldaan wordt aan art. 2(2) van de GAD.

Indien dit niet het geval is, is de vraag:

1. Welke fractie hogere koolwaterstoffen kan wel worden toegelaten?
2. Of indien de voorgestelde verhoging daadwerkelijk wordt doorgevoerd, welke toestelcategorie dan vereist wordt zodat nog aan 2(2) voldaan wordt?

De tweede keuze heeft het gevolg dat geconcludeerd zou moeten worden dat de huidige toestellen niet geschikt zijn voor de aangekondigde gassen.

### 3.3.2 Eisen aan niet-GAD toepassingen

De GAD stelt eisen aan bepaalde gastoepassingen waaraan voldaan moet zijn voor de leveranciers die toepassing op de markt mag brengen. Een van die eisen is dat het toestel bij normale variaties in de gaskwaliteit veilig moet functioneren.

Voor de andere gastoepassingen zoals krachtopwekking en industriële toepassingen bestaat een dergelijk wettelijk Europees kader niet. Lidstaten zijn vrij hier hun eigen nationale wettelijk kader te hanteren. Nederland kent op dit punt geen specifieke wetgeving.

Op dit moment werkt de Europese Commissie aan een voorstel voor de uitbreiding van de scope van de GAD. Indien de scopewijziging doorgaat, zullen alle gasapparaten die niet uitsluitend voor industriële toepassing bestemd zijn onder de scope vallen.

Voor sommige toepassingen zijn nationale eisen gesteld m.b.t. NO<sub>x</sub>- en CO<sub>2</sub>-uitstoot. Deze eisen worden door de Nederlandse overheid gesteld, al dan niet in EU-verband.

Vergunningsplichtige industrieën kunnen aanvullende eisen hebben in hun vergunning.

### **3.4 Praktijk van keuring, specificatie en installatie van Nederlandse apparatuur en processen**

#### **3.4.1 Apparatuur aan het G-gasnet**

##### Huishoudelijk apparatuur

Conform de CE-keur moeten toestellen worden geïnstalleerd volgens de voorschriften van de fabrikant. Veel fabrikanten geven in hun voorschrift aan dat installatie plaats moet vinden door een deskundige installateur. Echter, met de liberalisering van gasmarkt zijn de wettelijke eisen aan de vakbekwaamheid van de installateur komen te vervallen. Iedereen mag zichzelf installateur van gasapparatuur noemen. Hierdoor is het overzicht of apparatuur correct geïnstalleerd is, en indien nodig afgesteld, verdwenen. Daarnaast is er geen verplichting tot inspectie en onderhoud (zoals in Duitsland) van huishoudelijke gasapparatuur. Hierdoor is het zicht op het feitelijke gedrag van toestellen ook verdwenen. De GAD stelt als eis dat voor de meeste toepassingen de CO-emissie maximaal 1000 ppm mag zijn. In de praktijk van de keuring is dit veelal lager, maar dit is niet verplicht. Fabrikanten streven er naar, gezien de met CO samenhangende risico's, een flinke afstand te bewaren ten opzichte van de formele afkeurgrens. Bij onderhoud wordt een CO-emissie van 400 ppm hoog gevonden. Echter bij huishoudelijke toestellen wordt bij normaal onderhoud geen CO gemeten.

##### Industriële apparatuur

Branders voor ketels en brander/ketelcombinaties vallen ook onder de GAD, maar worden niet met limietgassen getest, alleen over- en onderbelast. Terwijl hier ook in principe een verplichte keuring van individuele installaties bij ingebruikname en periodiek onderhoud verplicht is (SCIOS), is er ook thans geen zicht op het gehele toestelpark. Alle tests worden uitgevoerd met het gas dat ten tijde van de keuring/ingebruikname/onderhoud toevallig aanwezig is. Er worden geen extra maatregelen genomen om het gedrag bij "rijkere" aardgassen te verifiëren. Voor industriële procesbranders worden geen keuringen verricht en worden branders ter plekke afgesteld op het lokale gas zonder rekening te houden met andere samenstellingen. Voor aardgas als grondstof is het proces gedimensioneerd voor het gas dat bekend was bij het ontwerp van de fabriek.

### Gasmotoren:

Het Nederlandse gasmotorwarmtekrachtpark draait bijna uitsluitend op G-gas. Nagenoeg alle publiek beschikbare informatie over G-gas refereerde immers ook aan Slochterengas. De leveranciers van gasmotorwarmtekrachteenheden hebben dan ook altijd de relatief stabiele samenstelling en hoge klopvastheid van dit 'referentiegas' als uitgangspunt gebruikt voor de te kiezen technische configuratie en het te garanderen prestatie- en emissieniveau. De klopvastheid van een gas zegt iets over de weerstand van dat gas tegen het optreden van kloppende verbranding in een gasmotor. Kloppende verbranding (vergelijk: pingelen bij een benzinemotor) is zeer ongewenst en veroorzaakt verhoogde emissies, prestatieverlies en fysieke schade aan de motor. Pas met de actuele discussie over de gaskwaliteit hebben veel leveranciers en exploitanten van gasmotorwarmtekrachteenheden het besef gekregen dat de G-gassamenstelling kan afwijken van hun verwachting.

### Gasturbines:

Van het gasturbinevermogen in (de-)centrale elektriciteitsopwekking draait ongeveer vijfde deel op H-gas. De rest draait op G-gas of op G- én H-gas.

De technische uitvoering en het prestatie- en emissieniveau van de individuele gasturbines in het huidige park is grotendeels afgestemd op de destijds vigerende lokale gaskwaliteit, al dan niet verkregen uit bilateraal overleg tussen de exploitant en zijn gasleverancier. De exploitanten geven aan dat veelal niet op voorhand bekend is in hoeverre deze configuraties nog marge bieden voor bedrijf op de verwachte nieuwe gaskwaliteiten.

#### **3.4.2 Apparatuur aan het H-gasnet**

Aan welke range van gassamenstellingen individuele eindgebruikers van H-gassen hun apparatuur hebben gespecificeerd en ingesteld hangt af van de verwachte samenstellingen op het moment van het afsluiten van hun leveringscontracten. Omdat dit veelal bilateraal heeft plaatsgevonden is hier voor de opstellers van dit rapport geen zicht op. Echter, voor sommige eindgebruikers zoals moderne gasturbines (zie boven) die een eigen brandstofsificatie hebben waarop de garantie is gebaseerd, kunnen ranges redelijkerwijs worden geschat.

#### **3.5 Welke parameters moeten worden gespecificeerd om het gedrag van apparatuur te waarborgen**

Hierboven is geschetst hoe apparatuur voor eindgebruikers wordt gespecificeerd, gekeurd en geïnstalleerd voor de vigerende gaskwaliteit. Hier wordt besproken welke gaseigenschappen nodig zijn om de toepassingskwaliteit te specificeren. Voorlopig wordt de bespreking beperkt tot de nieuwe aardgassen.

Voor het gros van de apparatuur beïnvloedt de Wobbe Index de thermische input van de apparatuur: een te hoge Wobbe leidt tot o.a. overbelasting van apparatuur en bij een te lage Wobbe wordt onvoldoende warmte ontwikkeld. De Wobbe Index beïnvloedt ook de verhouding tussen gas en lucht in het apparaat. Verhoging van de Wobbe Index leidt tot (relatief) zuurstoftekort. Dit zuurstoftekort kan bij sommige apparaten leiden tot verhoogde CO-emissies en roetvorming, verhoging van de NO<sub>x</sub>-emissies en vlaminslag. Een verlaging in Wobbe Index leidt tot o.a. "flame lift" (het loslaten van de vlam aan de rand van de brander) met daardoor een verhoging van de CO-emissies, "misfiring" van gasmotoren en onstabiele gasturbines, met uitval en zelfs fysieke schade tot gevolg.

Naast de feitelijke range van Wobbe Index is voor sommige toepassingen, zoals moderne gasturbines, ook de snelheid van de verandering in Wobbe Index van belang. Vanwege de impact op de thermische input (vermogen) en de gasluchtverhouding veroorzaken sprongen in Wobbe Index ook sprongen in deze parameters die, indien niet bijtijds bijgesteld, tot mogelijke ontregeling, uitval en ook fysieke schade aan deze toepassingen leiden. Deze gevolgen worden in het volgende hoofdstuk besproken. Dit belangrijke aspect is afwezig in de huidige specificaties.

Daarnaast kan de gassamenstelling zelf het gedrag beïnvloeden bij een constante Wobbe Index. Een verhoging van de fractie hogere koolwaterstoffen kan bij een constante Wobbe Index resulteren in onder andere verhoogde CO-/NO<sub>x</sub>-emissies en roetvorming, "klop"-problemen bij gasmotoren en ongewenste spontane ontsteking bij sommige gasturbines. Afhankelijk van de hoeveelheid hogere koolwaterstoffen zal dit uiteindelijk leiden tot uitval en/of fysieke schade. Om al deze gassamenstelling gerelateerde verschijnselen te adresseren dienen naast de Wobbe Index additionele gaseigenschappen te worden gespecificeerd. Bijvoorbeeld, om CO-emissies en roetvorming te kunnen adresseren, kunnen kenmerken worden opgenomen zoals de "incomplete combustion factor" en "soot index". Deze worden in het Verenigd Koninkrijk gebruikt. Om klopvastheid te adresseren kan het zogenaamde Methaangetal worden gebruikt.

Voor de rest van dit rapport is het handzaam om een kortschrift voor de samenstelling van hogere koolwaterstoffen te hanteren. Dutton [10] definieerde een "equivalent" propaangehalte, waarbij de fracties van alle koolwaterstoffen in de samenstelling werden herverdeeld als een equivalent mengsel van methaan en propaan. Deze had dezelfde waterstof/koolstof-verhouding en calorische waarde als de oorspronkelijke brandstof.



Hierdoor heeft het testgas G25 (methaan/stikstof) een "propan equivalent" (PE<sup>5</sup>) van 0 en Slochterengas een PE van ongeveer 2,3. Het volgende hoofdstuk laat zien dat op de internationale markt H gassen worden aangeboden met een de PE van meer dan 10.

Voor het gebruik van aardgas als grondstof voor het fabriceren van chemicaliën hangt de invloed van gaskwaliteit af van het specifieke proces. Echter, voor veel processen, zoals de synthese van ammoniak, is de waterstof/koolstof-verhouding van belang. Hoe meer waterstof in de brandstof, hoe meer product wordt gemaakt. Aardgassen met meer hogere koolwaterstoffen leiden direct tot verminderde productie. In het verleden is in sommige gevallen een minimum methaangehalte contractueel vastgelegd.

Anders dan in het Verenigd Koninkrijk, dat aanvullende gasspecificaties voor CO-emissies en roetvorming heeft, was het in Nederland (en andere EU-landen) gebruik om het goed functioneren van gasapparatuur met alleen een Wobbe-specificatie te dekken. Dit kan als het "rijkste" gas waarvoor een apparaat ontwikkeld is alle variaties in de te distribueren samenstellingen dekt. Voor Nederlandse G-gassen was Slochteren oorspronkelijk het ijkpunt. Voor huishoudelijke apparatuur gaat de CE-keuring uit van het referentiegas als normaal distributiegas.. Het adequaat functioneren van apparatuur ten aanzien van bijvoorbeeld CO-emissies bij "normaal" gebruik wordt getest met dit referentiegas of een plaatselijk distributiegas als surrogaat.

Daarnaast wordt er gekeurd voor onvolledige verbranding met een grensgas dat 7% propaan bevat en een 8% hogere Wobbe Index en een verhoogde gasdruk (30 mbar) hebben ten opzichte van het referentiegas (G25). Hiermee worden de toestellen zowel op een hogere belasting als met een hogere PE getest ten en opzichte van het normaal gedistribueerde gas. Dit grensgas was oorspronkelijk bedoeld als "veiligheidsmarge" voor o.a. variaties in product toleranties, gasdruk, normaal onderhoud en slijtage. Het is als kennisleemte uit deze studie gekomen in hoeverre een rijker distributiegas dan Slochteren de benodigde veiligheidsmarge voldoende garandeert.

Voor de andere toepassingen zal het duidelijk zijn dat in de Nederlandse situatie ook andere specificaties dan de Wobbe Index van belang zijn. Dit zal in het volgende hoofdstuk worden geïllustreerd. Tabel 1 geeft een indicatie van welke parameters invloed hebben op het gedrag van verschillende eindgebruikerstoepassingen.

---

<sup>5</sup> Propanequivalent,  $PE = 0,5 \cdot \text{volumepercentage ethaan} + 1 \cdot \text{volumepercentage propaan} + 1,5 \cdot \text{volumepercentage butaan} + 2 \cdot \text{volumepercentage pentaan} + 2,5 \cdot \text{volumepercentage hexaan}$

Tabel 1: Overzicht van de voor de toepassing relevante parameters, gespecificeerd per apparaat

Relevante parameter	Eenheid	Relevant voor			
		GAD toestellen/ Industriële branders*	gasturbines	feedstock	motoren
Wobbe Index bandbreedte	[MJ/m <sup>3</sup> ]	X	X	X	X
Snelheid van Wobbe-variaties	[MJ/m <sup>3</sup> /min}		X		?
Parameter voor CO/roet (mogelijk PE)	[-]	X	X		
Methaangehalte of C/H-verhouding aardgas (mogelijke PE)	[-]			X	
Waterstofgehalte	[-]	X	X	X	X
CO <sub>2</sub> -gehalte	[-]	X	X	X	X
Specificatie voor klopvastheid (bijvoorbeeld een Methaangetal)	[-]		?		X
Calorische waarde	[MJ/m <sup>3</sup> ]		?		?

\* Voor veel industriële branders zijn met name de gas-luchtverhouding, de verbrandingssnelheid en de vlamtemperatuur relevant voor de performance. Deze grootheden worden grotendeels door de in de tabel opgenomen samenstellingsparameters beïnvloed.

Vergelijking met de huidige en voorgestelde netcodes (Bijlage A) laat zien dat behalve Wobbe Index en CO<sub>2</sub>-gehalte er weinig overlap is met de parameters die relevant zijn voor de toepassingen. Voor zowel de H- en G-gassen valt ook op dat er weinig aansluiting is tussen de specificaties in de distributiecodes en de grensgassen voor de GAD. De enige plek waar dezelfde eigenschap wordt vastgelegd is de Wobbe index. Hier zit veelal geen marge tussen de netcode en de toestelnormen.

De codes hebben vooral betrekking op parameters die relevant zijn voor de netintegriteit, de netkwaliteit. De EN437 legt aspecten vast die verband houden met de toepassingskwaliteit.

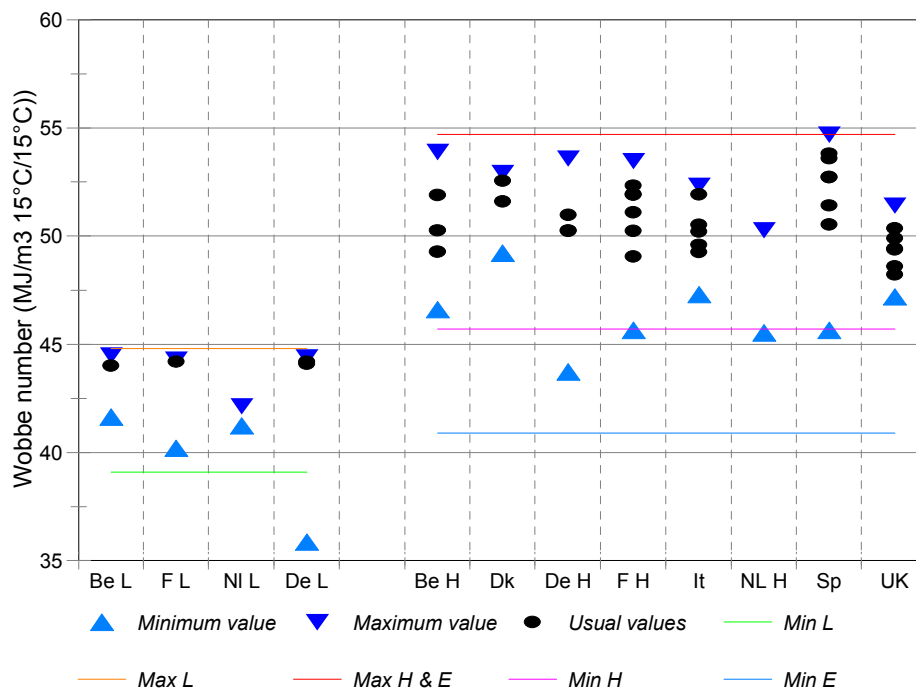
### 3.6 Huidige netspecificaties in de EU

Dat de gascategorieën voor toestellen in de GAD geharmoniseerd zijn, betekent niet dat de daadwerkelijk gedistribueerde gassen geharmoniseerd zijn. Er is slechts ingestemd dat de keuringswijze afdoende is voor de distributiepraktijk (in de zin van toepassingskwaliteit) in de verschillende landen.

De meeste EU-landen hebben maar één voor de toepassing relevante parameter in specificaties vastgelegd, de Wobbe Index. Een uitzondering op dit vlak betreft het Verenigd Koninkrijk dat naast de Wobbe Index twee aanvullende specificaties voert, die de invloed van gassamenstelling op resp. CO-emissies en roetvorming inperken. Deze specificaties zijn verankerd in de Britse wet.

Figuur 4 geeft de in 2002 officieel vastgestelde distributiegrenzen in termen van Wobbe Index weer in een aantal EU-landen voor zowel hoog- (H) als laagcalorisch (L) gas [11]. Conform EU-gebruik, zijn deze waarden bepaald bij 15 graden Celsius voor zowel calorische waarde als de kubieke meter. Ze zijn ca. 5% lager dan volgens Nederlands distributiegebruik.

*Figuur 4. Distributiegrenzen (tussen blauwe driehoeken), toestel grensgassen (lijnen) en de werkelijke distributiegassen (zwarte tekens) voor verschillende EU-landen. Conform EU-gebruik, zijn deze waarden bepaald bij 15 graden Celsius voor zowel calorische waarde als de kubieke meter; ze zijn ca. 5% lager dan volgens Nederlands distributiegebruik.*



Opvallend in deze figuur is de variatie in de specificaties tussen de landen onderling. Spanje, Duitsland, België en Frankrijk hebben een relatief brede officiële band (tussen de blauwe driehoeken), terwijl het Verenigd Koninkrijk en Denemarken een relatief smalle officiële band hebben. Deze smallere banden zijn wel afgeleid van het gedrag van o.a. huishoudelijke toestellen. Het waren deze verschillen die leidden tot de vragen in het Madrid Forum over grensoverschrijdend gasverkeer, die in Hoofdstuk 2 vermeld zijn. Even opvallend is de distributiepraktijk die in de figuur met zwarte tekens wordt aangegeven. Terwijl het Verenigd Koninkrijk een smallere band heeft dan Frankrijk, distribueren zij wel bijna over de hele range. Vanwege het beperkte aanbod heeft Denemarken maar een beperkte variatie in gaskwaliteit. Duitsland houdt in grote delen van het land de gaskwaliteit binnen lokale smalle marges. Vanwege de toen aangegeven lokale variatie in H-gas-distributiepraktijk, zijn er geen waarden ingevuld voor Nederland. De verschillende condities weerspiegelen de lokaal vigerende gaskwaliteiten en de verschillende visies en praktijken voor veiligheid, installatie en onderhoud van de apparatuur van de eindgebruiker. Ook worden de grenzen van de grensgassen van de GAD-keuringen in de L- en H-banden aangegeven (met lijnen). De verschillende afstanden tussen de keuringslimieten en netbanden, zowel formeel als gebruikelijk, weerspiegelen eveneens de lokale praktijken. Zo zijn bijvoorbeeld de huishoudelijke toestellen in Duitsland afgesteld tijdens de installatie op basis van een methode die acceptabel gedrag over een brede band mogelijk maakt [12] en is er een regiem van verplicht onderhoud. In de L-band is ook duidelijk te zien dat de officiële Nederlandse netband aanzienlijk smaller is dan de L-banden in Frankrijk, België of Duitsland. Dit is echter eerder een weerspiegeling van het eerder genoemde feit dat deze landen andere toestelcategorieën toelaten dan Nederland. De zeer smalle band in vergelijking met de andere landen is nog een illustratie van de uitzonderingspositie van Nederland.

Ook in dit verband wordt opgemerkt dat het gros van de specificaties in de EU-landen in figuur 4 vastgelegd zijn in wetten of nationale standaarden [11].

Ten slotte blijkt uit figuur 4 dat de daadwerkelijke distributie gassen per land een bandbreedte hebben van minder dan 10%, dat wil zeggen rond het “instelpunt” is nooit meer dan 5% variatie in de Wobbe. Het “instelpunt” varieert wel per land, en soms zelfs binnen een land.

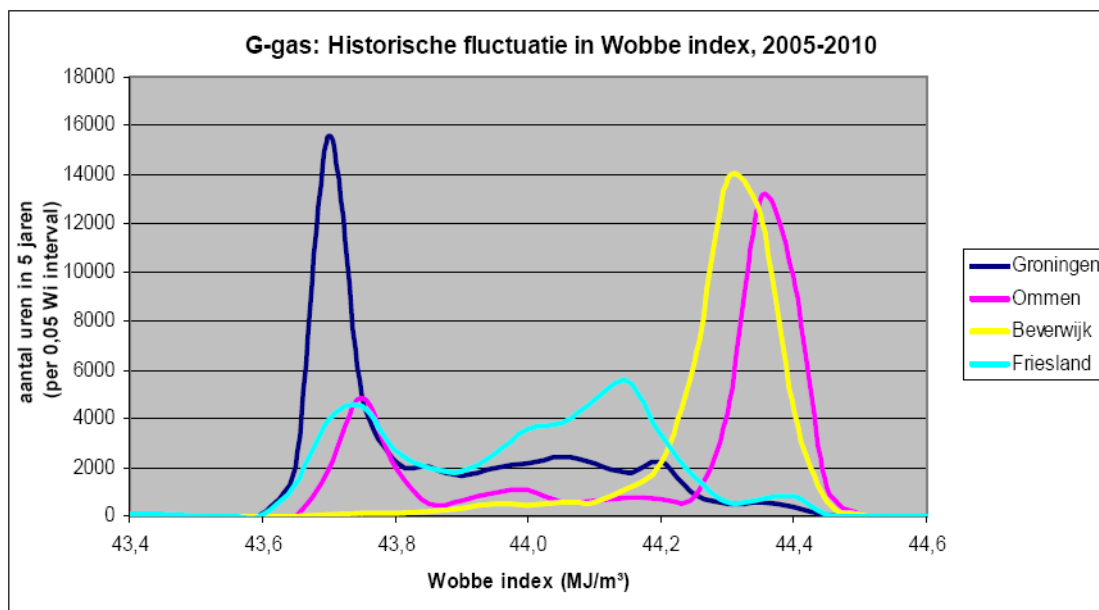
### 3.7 Hoe variëren de verschillende parameters, inclusief die, die niet gespecificeerd zijn, en hoe gaan deze kenmerken mogelijk veranderen in de toekomst

Zoals hiervoor besproken, hebben de *hoezoandergas* verwachtingen niet zozeer betrekking op de verandering in de in de netcode gespecificeerde parameter, de Wobbe Index, maar vooral op de toepassingsparameters die niet in de netcode zijn gespecificeerd. Het zwaartepunt ligt bij de verwachte toename in de fractie van hogere koolwaterstoffen, verandering in frequentie en de grootte en snelheid van de veranderingen in gassamenstelling. (Dit laatste blijkt met name uit de stukken die tijdens deze studie door de netbeheerders zijn aangeleverd [14, 18]).

#### 3.7.1 G-gas

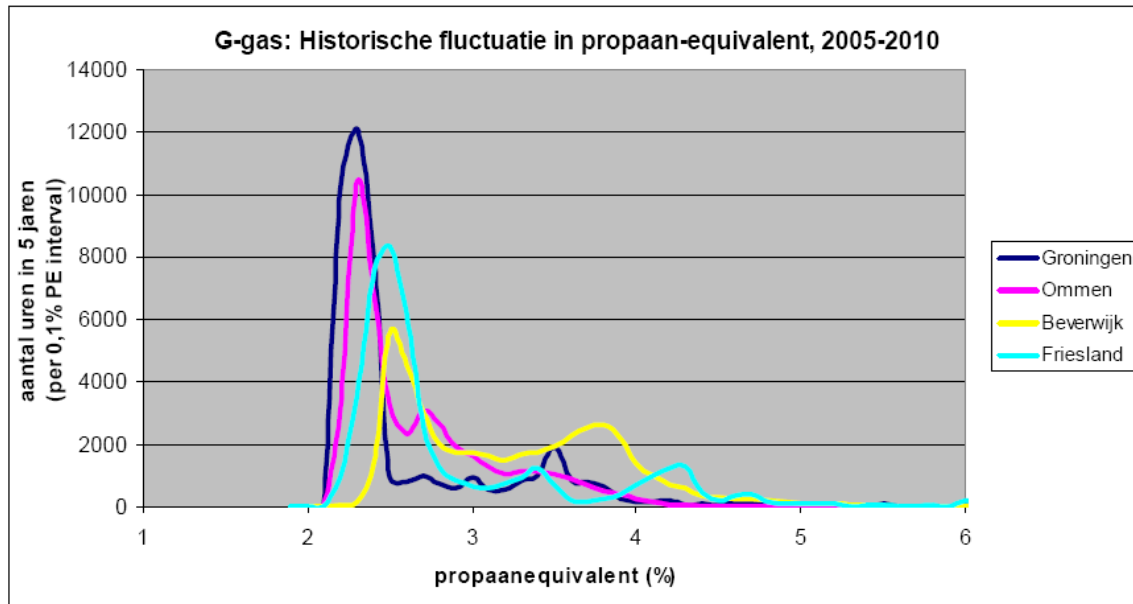
De G-markt wordt beleverd met gas met een relatief stabiele samenstelling. Een publicatie uit 1990 [13] laat een typische samenstelling zien voor het (CO<sub>2</sub>-houdende) gas uit het Wieringermeer-mengstation met een PE van 3.2. De meest recente data omtrent de variaties in gassamenstelling over de periode 2005-2010 [14] worden hieronder besproken. In Figuur 5 worden de variaties in Wobbe Index in vier verschillende regio's weergegeven. Hierin staat het aantal uren dat op een bepaalde plek in de betreffende regio een gegeven Wobbe Index was gemeten. In de figuur is duidelijk te zien dat in Groningen Slochterengas (W= 43,7 MJ/m<sup>3</sup>) nog het dominante distributiegas is. In Ommen (voor Zuid-Nederland) en Beverwijk is er als gevolg van het vermengen van o.a. H-gas tot pseudo-G-gas een Wobbe Index van ca. 44,4 MJ/m<sup>3</sup>.

Figuur 5. Variaties in Wobbe Index in vier G-gas-regio's in de periode 2005-2010 [14]



Zoals vermeld betreft de belangrijkste verandering die van de samenstelling van hogere koolwaterstoffen. De variaties, uitgedrukt als PE over de periode 2005-2010, wordt in Figuur 6 weergegeven.

Figuur 6. Variaties in Propaan-Equivalent in G-gassen in de periode 2005-2010 [14]



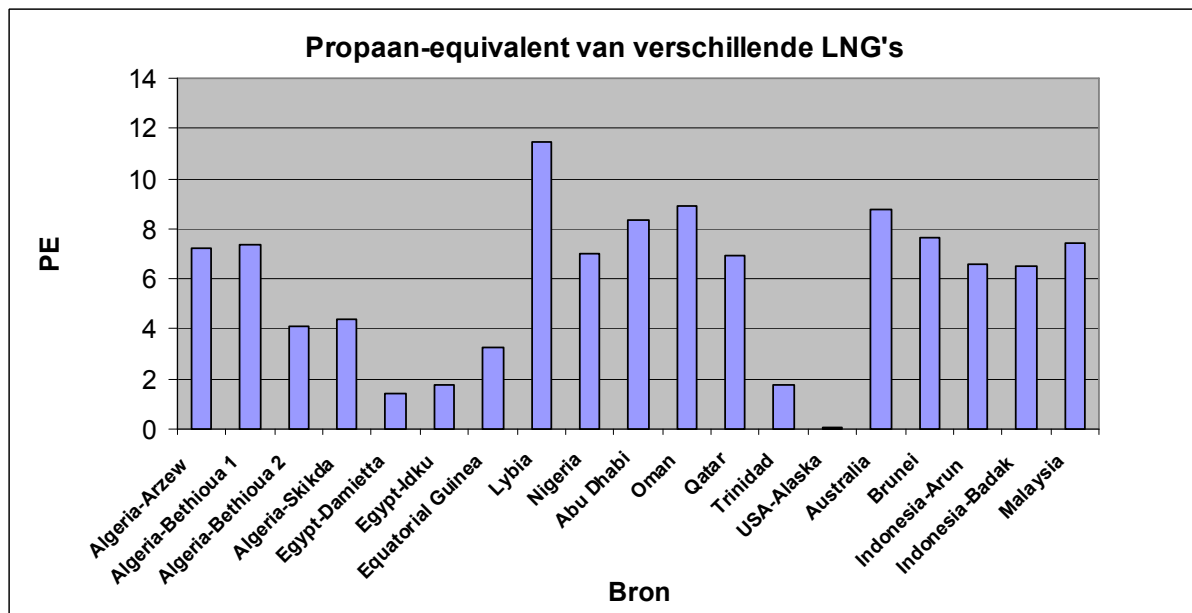
In deze figuur is te zien dat de overgrote meerderheid van de gassen, die gedurende de laatste vijf jaar in Nederland gedistribueerd zijn, voor het grootste deel van de tijd een lage PE bevatten. Zonder rekening te houden met eventuele wegingsfactoren, heeft 70% van het gas over de vier gebieden samen een PE tussen 2 en 3. Tegelijk wordt een significante fractie van hogere PE in sommige regio's waargenomen. Volgens deze maatstaf komen PE waarden van boven de 4 ca. 10% van de tijd voor in Beverwijk en ca. 14% van de tijd in Friesland. Terwijl de gebieden Groningen en Ommen resp. minder dan 3% en 0,7% van de tijd een PE van meer dan 4 hebben. Hierbij wordt opgemerkt dat de uren van een bepaalde PE per regio zich lastig laat vertalen naar de praktische consequenties van de variaties in gassamenstelling. Deze weergave geeft wel een indruk van het aantal uren dat een gegeven samenstelling aangeboden was bij de eindgebruikers in een bepaalde regio. Grofweg staat Ommen voor de gebieden Overijssel, Gelderland, Brabant, Limburg, Zeeland, Flevoland. Beverwijk staat voor Zuid- en Noord-Holland alsmede een deel van Utrecht. Friesland voor Friesland en Groningen voor Groningen, Drenthe en een deel van Overijssel.

Om te schatten welke veranderingen mogelijk zijn, is van een aantal lijsten van samenstellingen uitgegaan, zoals van het 'UK Gas Quality Exercise' [15] en van het International Gas Union [16]. De PE van een aantal LNG's wordt in Figuur 7 weergegeven [16].

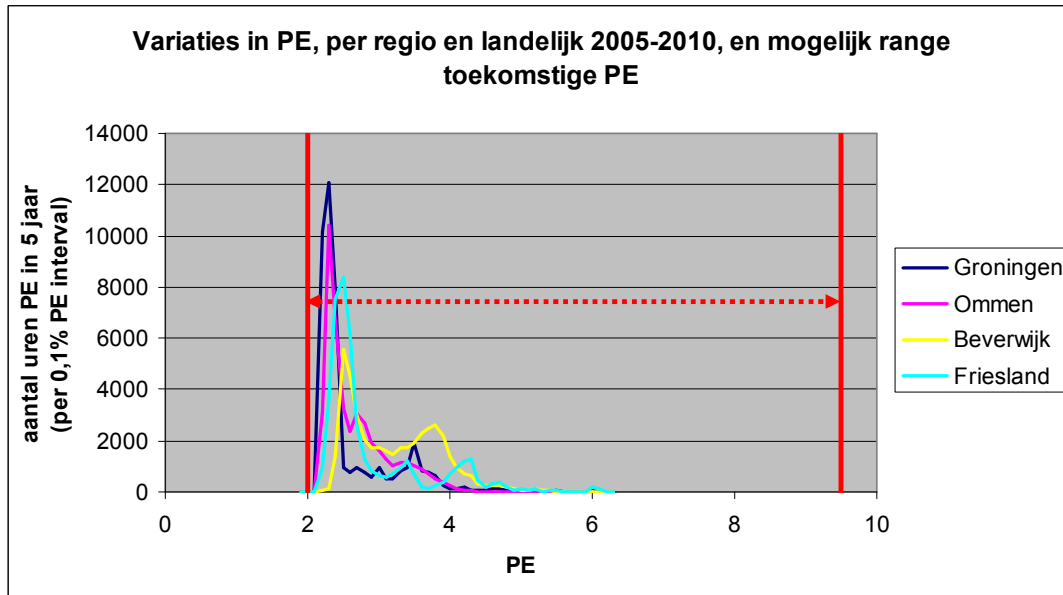
Verlaging van de Wobbe Index van deze LNG's met stikstof leidt tot lagere PE waarden dan in dit figuur gemeld staan, evenredig met de mate van verdunning. Het berekenen van de koolwaterstofdauwpunten van deze gassen geeft aan dat zij passen binnen de voorgestelde netcodes (bijlage A). Bij verdunnen van deze gassen met stikstof tot de Wobbe Index van G-gas, zou tot een PE van bijna 9,5 resulteren. De vergelijking met de praktijk van de laatste 5 jaar en de range van mogelijke toekomstige variaties indien de volle bandbreedte van de code wordt gebruikt, wordt weergegeven in Figuur 8. Het is duidelijk dat het frequent distribueren van gassen met een dergelijk hoge PE, hetgeen niet uitgesloten wordt door de geldende netcode, een substantiële verbreding zou zijn ten opzichte van de huidige werkwijze.

Van de voor de G-gassen genoemde voorbeelden in *hoezoandergas* (zie bijlage B), is de hoogst voorkomende PE 8,3 (zie laatste kolom).

Figuur 7. Variaties in PE van verschillende LNG-gassen [16]



Figuur 8. Mogelijke variaties in PE in G-gassen, in vergelijking met variaties in periode 2005-2010<sup>6</sup>

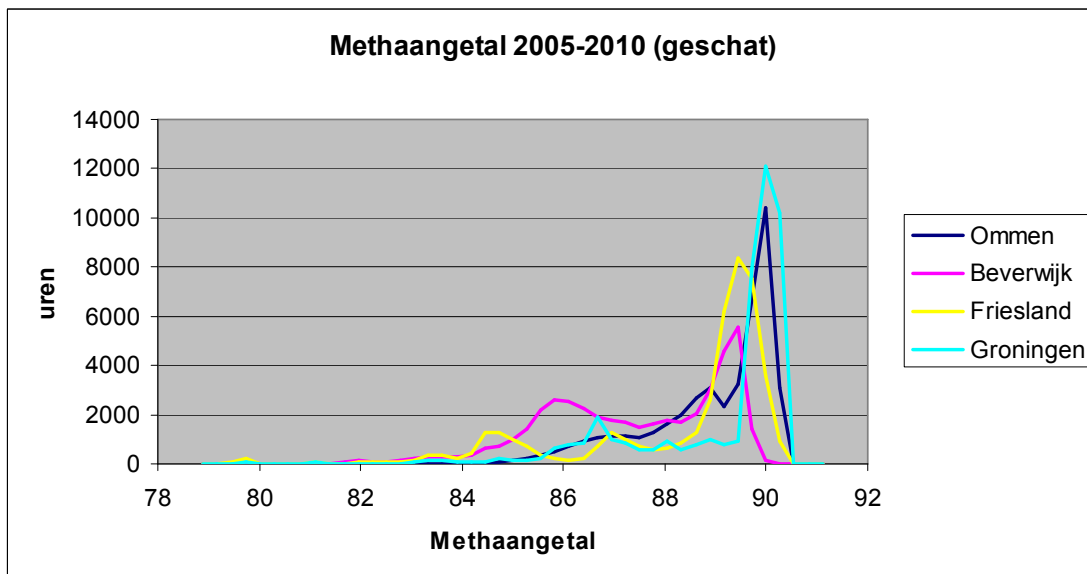


Om specifiek de veranderingen voor de klopvastheid van de brandstof voor motoren te inventariseren, is een verdeling van Methaangel als boven voor PE illustratief. Omdat het berekenen van het Methaangel de volledige samenstelling vergt en hierdoor zeer arbeidsintensief is voor grote datasets, wordt hier een schatting gemaakt voor de verdeling van Methaangel op basis van de data voor PE. Hierbij wordt opgemerkt dat het Methaangel afhangt van de precieze samenstelling en dat verschillende samenstellingen eenzelfde PE kunnen geven. Dit geeft een spreiding in de waarden bij een bepaalde PE van enkel "punten" in Methaangel. Bij een PE van 4 is het Methaangel (berekend volgens de AVL-Listmethode [17]) binnen enkele punten van 85. Bij een PE van rondom 9 en daarboven kan het methaangel 70 of lager worden. Een analyse van de samenstellingen voor verschillende G-gassen op de website 'hoezoandergas.nl' suggereert bij benadering een lineair verband tussen Methaangel en PE [14]. Hiermee kan, indicatief, de data van PE worden vertaald in een schatting van de verdeling in Methaangel. Het resultaat is weergegeven in Figuur 9. Hierin is te zien dat de overgrote meerderheid (ongewogen over alle vier gebieden, meer dan 97%) van de tijd het Methaangel van het aangeboden gas groter is dan 84-85. Geen van de gebieden heeft een Methaangel van minder dan 82-83 voor meer dan 2% van de tijd. Rekening houdend met bovengenoemde onduidelijkheid over de feitelijke verdeling van gaskwaliteit onder de eindgebruikers, is de hoeveelheid gas van welke samenstelling die door het motorenpark daadwerkelijk gebruikt is, niet uit deze beschouwing alleen te ontcijferen.

<sup>6</sup> De onderzoekers zijn Gastransport Services zeer dankbaar voor het verschaffen van de achterliggende data van deze figuren, zodat de huidige analyse uitgevoerd kon worden.

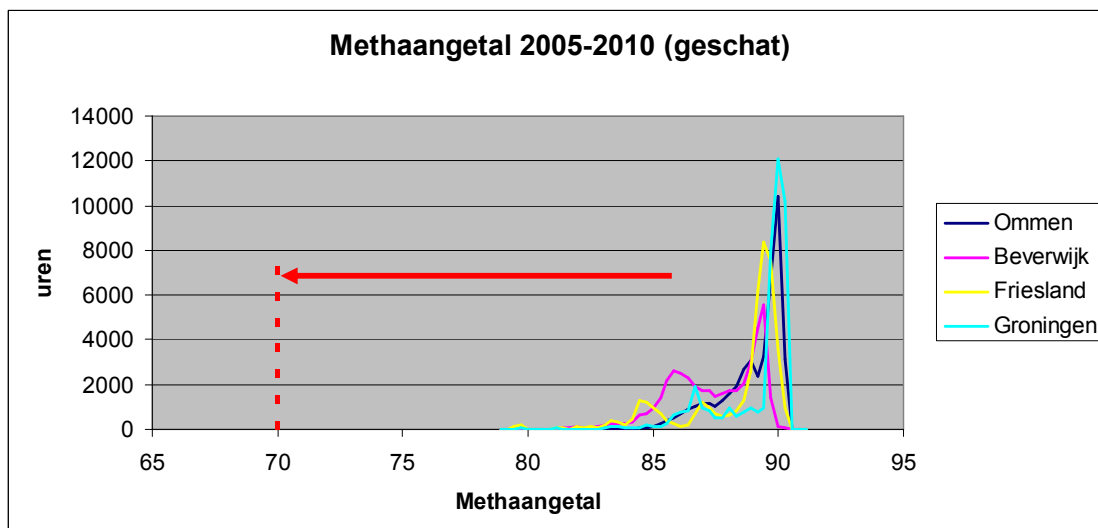


Figuur 9. Variaties in Methaangetal (geschat) voor G-gassen in de periode 2005-2010



Ter vergelijking wordt de door de netbeheerders uitgesproken verwachting van het laagst mogelijke methaangetal bij verwachte gassen in het G-net in Figuur 10 weergegeven. Gezien de gevoeligheid van motoren voor de klopvastheid van de brandstof (zie volgende hoofdstuk) zal een structureel aanbod van gassen met Methaangetal rondom 70 een substantiële wijziging in de situatie voor motoren inhouden. Hierbij wordt ook opgemerkt dat, gezien de aanwezigheid van een aantal "arme" LNG's in Figuur 7, ook hogere methaangetalen dan thans gewoonlijk in de toekomst mogelijk zijn.

Figuur 10. Toekomstige verbreding van de variaties in Methaangetal voor G-gassen, in vergelijking met variaties in periode 2005-2010

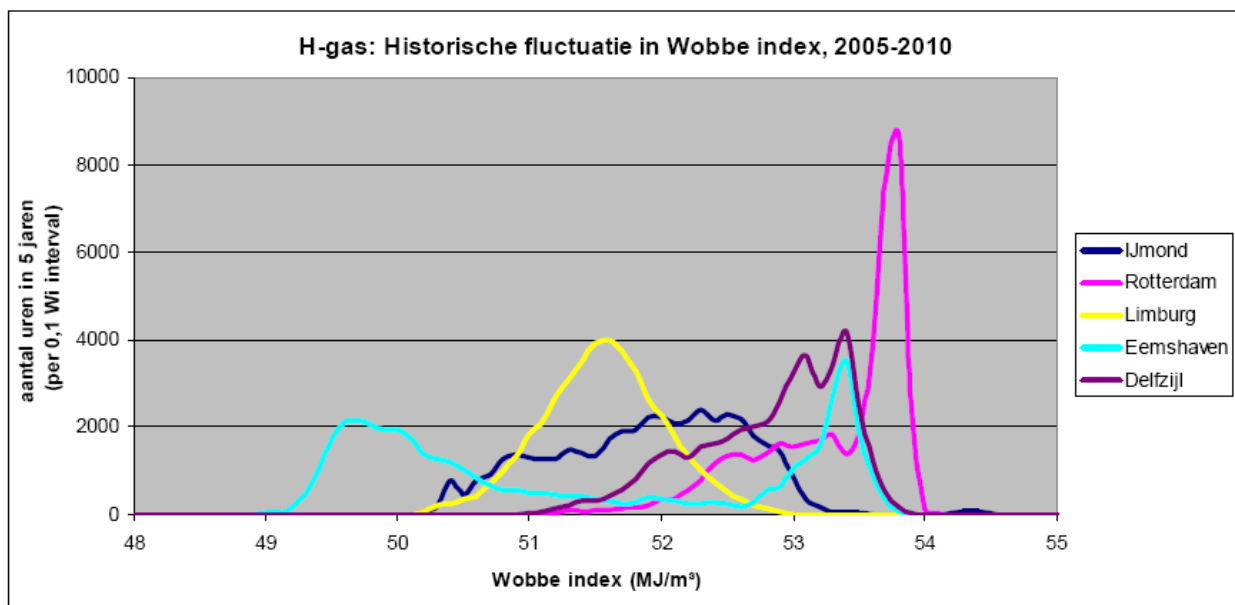


### 3.7.2 H-gassen

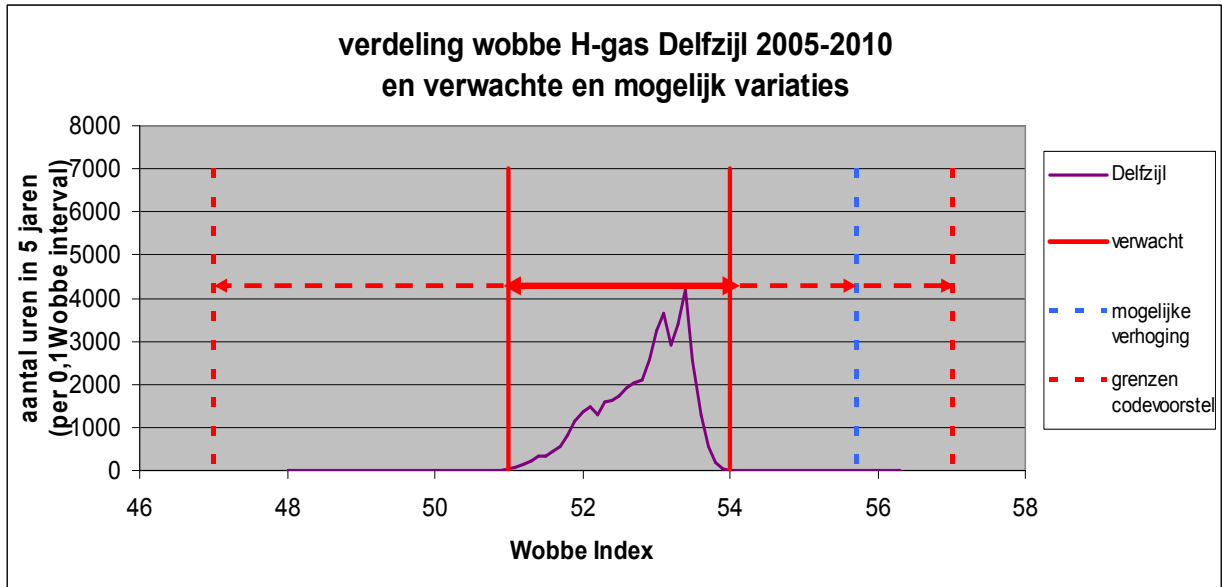
Vanwege de bilateraal afgesproken voorwaarden hebben de schrijvers van dit rapport geen zicht op wat er overeengekomen is. Een beeld van de distributiepraktijk van vijf verschillende regio's, analoog aan figuren 5 en 6 hierboven, in de periode 2005-2010 is weergegeven voor Wobbe Index in Figuur 11. Hierbij is een grote variatie in distributiepraktijk tussen verschillende regio's: in de Eemshaven is ogenschijnlijke variatie tussen twee gassoorten waarneembaar, terwijl in Limburg een vrij smalle regelmatige verdeling van Wobbe Index te zien is. Voor H-gassen is er een verwachting t.a.v. de toekomstige variaties in Wobbe Index en de grootte van hun veranderingen in de tijd, gegeven [18]. In de figuren 12 en 13 worden deze verwachtingen vergeleken met de mogelijke variaties die binnen de voorgestelde codes kunnen plaatsvinden voor de gebieden Delfzijl en Limburg.

Overigens ligt de door de netbeheerders uitgesproken verwachting binnen zowel de huidige als de voorgestelde netcodes. Dit geldt ook voor de in de grafiek getoonde gegevens.

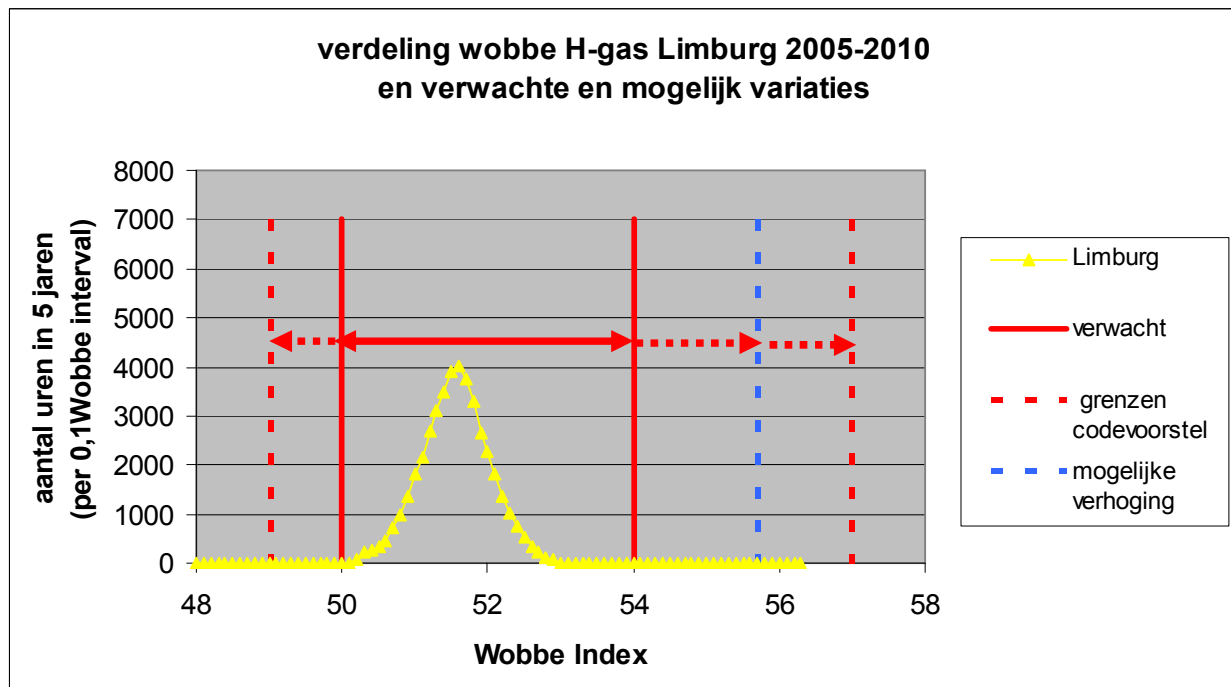
*Figuur 11. Variaties in Wobbe Index in 5 H-gas regio's, in de periode 2005-2010 [14]*



Figuur 12. Mogelijke variaties in Wobbe Index voor H-gassen in gebied Delfzijl, in vergelijking met variaties in periode 2005-2010



Figuur 13. Mogelijke variaties in Wobbe Index voor H-gassen in gebied Limburg, in vergelijking met variaties in periode 2005-2010

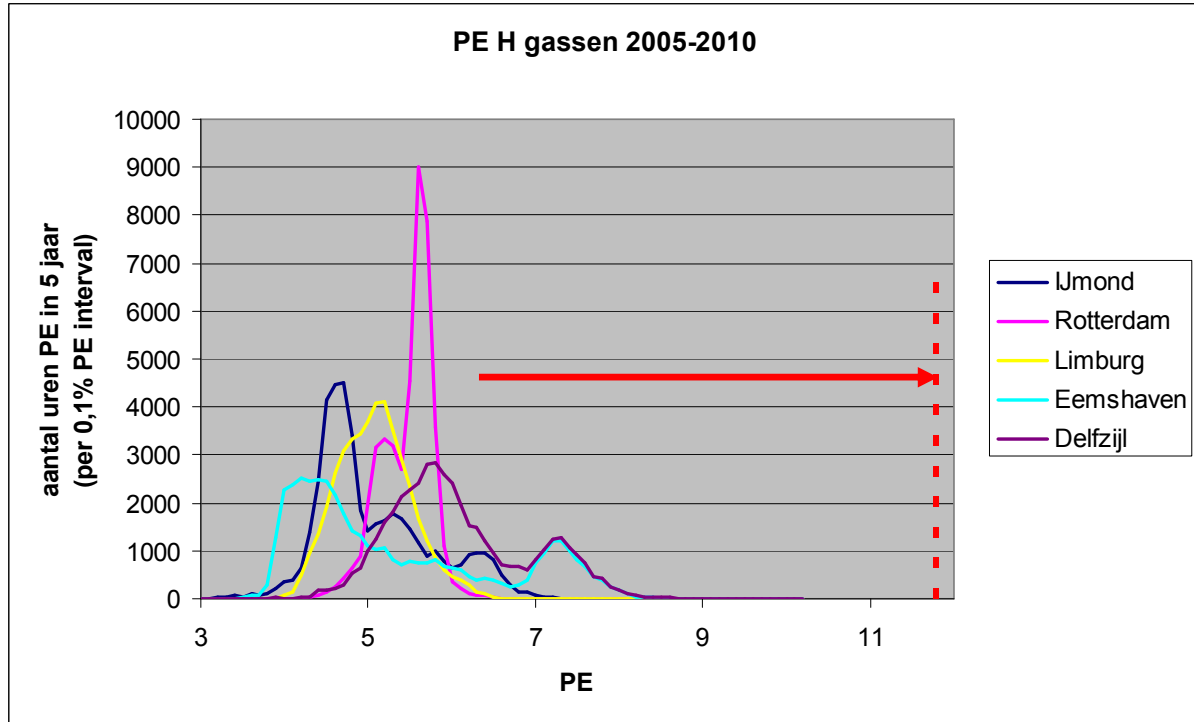


In Delfzijl lijkt de verwachte band overeen te komen met de traditionele gedistribueerde band. Echter, in de nieuwe situatie waarin de markt bepaalt welke gassen gedistribueerd worden, is niet uitgesloten dat er langdurig gassen worden geleverd bij een Wobbe Index die in het verleden slechts enkele uren per jaar zijn waargenomen. Het is onduidelijk hoe de geïnstalleerde apparatuur hierop zal reageren. In Limburg zijn de nieuwe verwachte variaties een duidelijke verbreding van de geleverde gassen. Naast de verwachte veranderingen in de gebieden Delfzijl en Limburg, heeft GTS in Werkgroep 4 aangegeven dat zij bezig is te onderzoeken of, in overleg met de afnemers, de maximale Wobbe Index verhoogt kan worden naar 55,7 MJ/m<sup>3</sup>. Deze waarde valt binnen de in het codevoorstel opgenomen maximale waarde voor deze gebieden van ca. 57 MJ/m<sup>3</sup>. Indien de in de voorgestelde netcodes opgenomen waarden daadwerkelijk zouden worden gedistribueerd, leidt dit tot een oprekking van de huidige distributiegrenzen met een factor 2-3.

In de codes zijn geen specificaties voor de grootte van de veranderingen in de tijd aangegeven, hetgeen voor veel apparatuur zoals gasturbines hierbij ook van belang is. Verwachtingen [18] geven aan dat, afhankelijk van de regio, stapgroottes kunnen oplopen van 1,5 MJ/m<sup>3</sup> tot ruim 2,4 MJ/m<sup>3</sup>, met een frequentie tot een tiental per jaar. Echter, gezien het feit dat het aanbod van gassen door de markt wordt bepaald, is er geen garantie dat er geen stapgroottes zullen voorkomen die de volle beschikbare band bevatten. De tijdsduur van een dergelijke stap [18] kan variëren van >30 seconden (bijv. Limburg) tot "abrupt" (Delfzijl). Welke mogelijke gevolgen deze niet gespecificeerde zaken kunnen hebben worden hieronder besproken.

In Figuur 14 worden de historische variaties in PE van de H-gassen, samen met een mogelijke door de codes toegestane waarde weergegeven [14]. De hoogste verwachting van de H-gassen van *hoezoandergas* is 9,75. Ook hier wordt een verbreding in de variatie in PE verwacht. Hierbij wordt opgemerkt dat een mogelijke toelaatbare waarde van PE in de G-markt bepaalt welke H-gassen dan geschikt zijn voor conversie naar G-gas.

Figuur 14. Mogelijke variaties in PE in H-gassen, in vergelijking met variaties in periode 2005-2010



#### 4 **CONSEQUENTIES VOOR EINDGEBRUIKERS ALS GEVOLG VAN DE WIJZIGINGEN IN DE GASKWALITEIT**

In de eindgebruikersgroep zijn drie hoofdgroepen te onderscheiden:

- Huishoudelijke en klein zakelijke toestellen: alle toepassingen waar conformiteit volgens de gastoestellenrichtlijn 2009/142/EC (ex-90/396/EEC) verlangd wordt, ook als deze in de industrie gebruikt worden. Voorbeelden zijn CV-ketels, geisers, kooktoestellen, kachels, enz.
- Krachtopwekking: gasmotoren en gasturbines voornamelijk in installaties voor elektriciteits- en warmte- of stoomopwekking.
- Industriële installaties: alle overige industriële toepassingen van gas in verbrandings- en feedstockprocessen.

Dit hoofdstuk is een weerslag van de resultaten van de stakeholderbijeenkomsten die er op gericht waren te onderzoeken wat de gevolgen zijn indien de verwachte gassen daadwerkelijk gedistribueerd gaan worden zonder aanpassing van het apparaatpark.

Daarnaast is onderzocht of er specificaties aan te geven zijn die met het huidige apparaatpark veilig en doelmatig kunnen worden toegepast zonder modificatie van de toepassing.

Tenslotte is geïnterviewd welke modificaties aan het apparaatpark noodzakelijk zijn om de "breedste band" te accepteren. Dit laatste is vooral een indicatie op hoofdlijnen. Dit zou verder uitgewerkt kunnen worden, maar dan moet wel duidelijk zijn wat "de breedste band" inhoudt: óf de verwachting óf de volledige benutting van de bandbreedte van de (huidige of toekomstige) code.

De informatie in dit hoofdstuk is geput uit bronnen die door verschillende stakeholders zijn ingebracht en andere openbare stukken.

Een struikelblok in de inventarisatie van gevolgen van de "nieuwe" gassen voor de eindgebruikers was de onduidelijkheid over welke variaties in samenstelling men werkelijk moet verwachten. Om de gevolgen te kunnen analyseren moeten eindgebruikers weten welke concrete grenzen aan samenstellingen komen. Ze moeten weten "wat de 'worst case' gassen zijn". In de workshops, in de documentatie 'hoezoandergas' en referenties [14, 18], wordt over verwachtingen gesproken, maar niet over garanties. Er wordt niet over garanties gesproken omdat het de markt is die de daadwerkelijke variaties bepaalt. Uiteraard zullen deze variaties binnen de door de codes toegestane specificaties moeten liggen. De bespreking van de toekomstige veranderingen in dit hoofdstuk is in dit perspectief gevoerd. Ook is er verwarring bij de eindgebruikers omdat sommige informatiebronnen inconsistente informatie bevatten, zoals de te verwachten maximum Wobbe Index in de H-band.

Op *hoezoandergas* wordt 54 MJ genoemd en in de 'GTS-reader' [19], alsmede in de codes, wordt 57 MJ genoemd. Waar moet de eindgebruiker rekening mee houden?

In een systematiek waarbij de toegankelijkheid van de netten en gassen die in de netten getransporteerd worden niet onderling geregeld mogen worden, maar op basis van specificaties worden gewaarborgd, is het van belang dat *die* aspecten van het gas die voor alle partijen belangrijk zijn, voldoende tot uiting komen in de specificaties. In de problematiek rondom gaskwaliteit, waarbij de eindgebruiker zijn apparatuur en/of processen mogelijk aan een toekomstige situatie moet aanpassen, zal het duidelijk zijn dat die moet kunnen rekenen op het feit dat er geen gassen komen die de aangepaste apparatuur niet kan accepteren. Behoudens calamiteiten, moet de bruikbaarheid van het gas bij de eindgebruiker gewaarborgd worden.

In een parallel proces is door de gezamenlijke netbeheerders een codewijzigingsvoorstel ingediend bij de Energiekamer van de NMa dat ertoe strekt de huidige specificaties enigszins te wijzigen. Dit betekent volgens de gezamenlijke netbeheerders niet dat gebruikers daadwerkelijk geconfronteerd gaan worden met deze volle bandbreedte. Dat gebeurt immers met de huidige in de codes vastgelegde specificaties ook niet.

In dit hoofdstuk wordt met **verwacht** bedoeld: De situatie dat de eindgebruiker er op kan/moet rekenen dat de voorbeeldgassen van *hoezoandergas* (bijlage B) of uit de door GTS aangeleverde documenten uit de workshops [14,18] gedistribueerd worden. Deze voorbeelden worden gebruikt ondanks het feit dat de netbeheerders hebben aangegeven dat men niet op de voorbeelden als 'worst case' kan rekenen.

Eindgebruikers hebben ook opmerkingen gemaakt voor het geval zij er wel op moeten rekenen dat de uiterste toelaatbare grens door de codes wordt bepaald. In dat geval wordt dus van de 'verwachting' afgeweken. Bij deze uitspraken wordt dit expliciet genoemd, met een verwijzing naar de **netcodes** of naar een andere specifieke range van samenstelling.

Uiteraard zal het onderstaande, zover het over de verwachting gaat, opnieuw bezien moeten worden indien de verwachting wordt bijgesteld.

De uitspraken die gedaan worden voor het geval "distributie volgens de netcodes" zijn alleen relevant indien de volledige bandbreedte van de netcodes daadwerkelijk benut wordt.

Gezien de inspanning en kosten die de eindgebruikers moeten spenderen om "toekomstbestendig" te worden, zijn er in wezen slechts twee keuzes:

- of de markt past zich aan op de volle breedte van de toekomstige gassen;

- of er worden (toepassing)specificaties gesteld waarvoor de apparatuur (na aanpassing) geschikt dient te zijn. De distributie zal dan zowel binnen de netcode als binnen die toepassingspecificatie moeten plaatsvinden .

#### 4.1 Generieke gevolgen

Een aantal gevolgen van gewijzigde samenstellingen zijn generiek, d.w.z. ze worden veroorzaakt door de samenstelling zelf, met betrekkelijk weinig invloed van het specifieke verbrandingssysteem. Een verhoogde uitstoot van CO<sub>2</sub> door een grotere fractie hogere koolwaterstoffen en een groter risico op corrosie door een mogelijke verhoging van het zwavelgehalte van het gas zijn twee van deze effecten. In principe gelden zij voor alle (verbrandings)toepassingen. Zij worden hier kort omschreven. Toepassings specifieke gevolgen worden bij de betreffende toepassing gemeld.

##### Invloed gassamenstelling op CO<sub>2</sub>-uitstoot

Hogere koolwaterstoffen hebben een hogere koolstof/waterstof-verhouding dan methaan. Dit betekent dat bij verbranding van hogere koolwaterstoffen er meer CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten per energie-eenheid dan bij de verbranding van methaan. Een hogere PE heeft, naast een mogelijk effect op het rendement van het proces, een verhoging van de CO<sub>2</sub> uitstoot tot gevolg bij eenzelfde energieverbruik. De verschillen tussen de armste en rijkste aardgassen geven een potentiële verhoging van de CO<sub>2</sub>-emissie tot ca. 4% voor H-gassen.

Daarnaast heeft een verandering van het CO<sub>2</sub>-percentage in gassen een verandering van de CO<sub>2</sub>-emissie tot gevolg.

De uiteindelijke emissie is afhankelijk van beide effecten. Het is onduidelijk in hoeverre individuele afnemers rekening met dit aspect moeten houden bij het bepalen van toelaatbare CO<sub>2</sub>-emissies van installaties waarvoor emissieregels gelden. Op dit moment wordt met een gemiddelde waarde gerekend. Of dit bij grotere variaties zo blijft is onbekend. Een exploitant van gasturbines (Nuon) raamt de jaarlijkse meer kosten voor een 250 MWe gasturbine-eenheid op ongeveer honderdduizend euro per procent bij een toename van de CO<sub>2</sub>-emissiefactor.

De CO<sub>2</sub>-emissiefactor wordt bepaald door de gemiddeld ontvangen gassamenstelling en niet door de hoogte van de maximaal toelaatbare pieken en dalen.

##### Zwavel en corrosie

Ogenschijnlijk laat de voorgestelde codewijziging een verhoging van het toegestane zwavelgehalte toe (zie bijlage A), bijvoorbeeld in de vorm van de odorant THT. Bij de verbranding van zwavelhoudende componenten wordt SO<sub>2</sub> in de uitlaatgassen gevormd, die zwavelzuur vormt in combinatie met water.



Er is vanuit de praktijk aangegeven dat ook in huishoudelijke installaties een dergelijke toename in zwavelgehalte een punt van aandacht is voor mogelijke corrosie in onder andere de rookgasafvoersystemen in deze installaties. Deze corrosieproblemen kunnen tot gevolg hebben dat de rookgasafvoersystemen niet meer voldoende dicht zijn en verbrandingsgas in verblijfsruimten kan komen met alle gevolgen van dien. Hoewel er nu geen problemen zijn en de verwachting van GTS is dat er geen verandering in het zwavelgehalte zal optreden, kan een verhoging van het huidige zwavelgehalte tot corrosieproblemen leiden [20]. Dit potentiële gevolg werd bij alle werkgroepen genoemd. Om afnemers duidelijkheid te geven met welke zwavelconcentratie zij kunnen/moeten rekenen verdient het de aanbeveling om het daadwerkelijk door GTS verwachte gemiddelde zwavelconcentraties in een toepassingspecificatie vast te leggen. Het gaat daarbij om het totale zwavelgehalte, onafhankelijk of dit afkomstig is van odorant of andere zwavelhoudende verbindingen.

*Andere spoorcomponenten.*, In de werkgroep “Krachtopwekking” werden ook effecten door spoorcomponenten die vooral in duurzame gassen voorkomen, zoals gehalogeneerde koolwaterstoffen en siloxanen, genoemd. Al zijn deze gassen in de onderhavige studie nauwelijks aan de orde geweest, verdient het de aanbeveling om, gezien de gevoeligheid van sommige eindgebruikersapparaten voor deze sporenelementen, in de toepassingspecificaties niveaus aan te geven waar de afnemer op kan/mag rekenen.

#### Calorische waarde

De werkgroepen voor grootschalige toepassingen noemen een mogelijke onnauwkeurigheid in calorische afrekening als een potentieel gevolg van de grotere variaties in calorische waarde. GTS geeft aan dat de verrekening aantoonbaar goed blijft en er geen systematische afwijkingen worden voorzien.

## 4.2 **Gevolgen huishoudens**

Zoals in hoofdstuk 3 is vermeld, vallen deze toestellen onder de GAD, de gastoestelrichtlijn 2009/142/EC (ex-90/396/EEC), waardoor deze toepassingen de CE-keur verkrijgen.

Eén van de uitgangspunten in hoofdstuk 1 is dat de veiligheid van de eindgebruikers op het huidige niveau gewaarborgd dient te worden. Dit uitgangspunt dient aantoonbaar afgezekerd te worden. Dit heeft als consequentie dat bij leemtes in kennis er voor een "behouden" doch veilige route wordt gekozen en dat er pas veranderingen kunnen worden doorgevoerd als zekerheid voor de veiligheid geboden kan worden.

Terwijl er wel enkele duizenden GAD toestellen zijn die met H-gas gevoed worden, beperken we de onderstaande bespreking tot toestellen en gassen in het G-net.<sup>7</sup>In de workshops is een aantal samenstellinggerelateerde effecten genoemd (zie verslagen). Hieronder worden alleen CO, roet en NO<sub>x</sub> besproken.

#### 4.2.1 Verbrandingstechnische gevolgen van rijkere aardgassen

In hoofdstuk 3 is aangegeven dat een grotere fractie hogere koolwaterstoffen (hogere PE), bij eenzelfde Wobbe Index, tot verhoging van CO- en NO<sub>x</sub>-emissies en roetvorming in huishoudelijke toestellen kan leiden. De invloed op CO-emissies en roetvorming wordt vervat in verschillende (empirische) methodes voor de karakterisering van uitwisselbaarheid, zoals Weaver [21] en Dutton [10], die de basis vormt van de GS(M)R in het Verenigd Koninkrijk. Ook theoretisch [22] zijn deze invloeden goed te karakteriseren.

##### CO-emissies

Er zijn slechts twee onderzoeken aan Nederlandse toestellen waarin het mogelijk was de grootte van een dergelijk effect te bepalen. Een multiparameter onderzoek [8] aan 27 huishoudelijke toestellen, waarin o.a. de effecten van belasting, gaskwaliteit en gas/luchtverhouding op toestelgedrag werden gevarieerd en een onderzoek aan 7 toestellen [23] die specifiek naar de invloed van een verhoogde PE op CO-emissies zocht. Hierbij werd ook de mogelijke effecten van een gedeeltelijke beperking van de luchttoevoer onderzocht om de gevolgen van vervuiling/onjuiste afstelling te simuleren.

Het eerste onderzoek had primair tot doel om na te gaan of de gehanteerde Wobbeband in Nederland gezien het aanbod van nieuwe gassen verbreed kon worden. Het uitgangspunt was daarbij dat, gegeven de onderhoudstoestand van de toestellen gebaseerd op de toen meest recente landelijke steekproef, de veiligheid en functionaliteit voldoende zeker gesteld bleef. De uitkomst van het onderzoek was dat er geen ruimte beschikbaar was om de Wobbeband te verbreden. De Wobbeband werd niet aangepast. Het onderzoek was niet specifiek gericht op een toename van de PE omdat die vraag toen niet speelde. Wel rapporteert dit onderzoek dat bij een nominale Wobbe, effecten worden waargenomen bij een PE van 8. Gegeven de datum van het onderzoek betreft het uitsluitend pre-GAD toestellen. De GAD is in 1996 van kracht geworden.

---

<sup>7</sup> Wel wordt hier opgemerkt dat in de voorgestelde codes de Wobbe Index voor H-gassen onvoldoende veiligheidsmarge heeft ten opzichte van de grensgassen. Distributie van een dergelijk gas valt daarom buiten normale condities waarvoor het CE-keur de veiligheid zekerstelt. De acceptabele veilige toepassing bandbreedte voor H-gastoestellen is onderwerp van onderzoek in bovengenoemde GASQUAL-onderzoek in het kader van het CEN-mandaat. Het lijkt derhalve op dit moment prematuur om alvast een bandbreedte te specificeren in de codes.

Het tweede onderzoek is specifiek gericht op het effect van hogere koolwaterstoffen waarbij propaan werd gebruikt (een directe PE). Afhankelijk van de instelling wordt een verhoging van CO-emissie van 10-30% bij 4 van de toestellen waargenomen bij PE=10 ten opzichte van een samenstelling die dicht bij Slochteren was (PE ~3) bij een gelijke Wobbe Index. Eén toestel vertoonde een verlaagde emissie met het rijkere gas. De waargenomen verhogingen impliceren dat in ieder geval voor een deel van de toestellen die net aan de norm (1000 ppm CO) voldoen bij Slochterengas (de toelatingsgrens volgens de GAD) die grens overschrijden bij toepassing van een rijker gas.

Een nadere analyse van deze (en de theoretische) resultaten laat zien dat het verhogen van de PE equivalent is aan een verhoging van de Wobbe Index. Bij het toestel dat het meest gevoelig is voor propaan heeft de verhoging van PE van 3 tot 10 hetzelfde effect op de CO-emissie als een verhoging van de Wobbe Index met ca. 0,7 MJ/m<sup>3</sup>. Voor dit toestel heeft het verhogen van de PE hetzelfde effect op de CO-emissie als het verhogen van het maximum van de toelaatbare Wobbeband van 44,41 MJ/m<sup>3</sup> tot 45,1 MJ/m<sup>3</sup>. Alle onderzoeken tot dusver naar verruimen van de Wobbeband geven aan dat een dergelijke ruimte, gegeven het toestellenpark, er niet is en dat een PE verhoging zonder verdere maatregelen zou leiden tot het verhogen van het risico bij de eindgebruiker. Het effect van een hogere PE op de roet-uitstoot was in dit onderzoek niet meegenomen.

Bovengenoemde resultaten zijn ook consistent met andere recente onderzoeken in het buitenland [24, 25] in termen van de waargenomen verhoging van de CO-emissies, het aantal toestellen die een afhankelijkheid van CO-emissie met PE vertonen en de grootte van de equivalente Wobbe Index.

De resultaten impliceren ook dat toestellen die een lage CO-emissie hebben een lage emissie zullen behouden. Anders geformuleerd, toestellen die ruim aan de eisen van de GAD voldoen zullen bij een verhoging van de PE nog steeds aan de eisen van de richtlijn voldoen, zij het veelal minder ruim.

Om de impact van een verhoging van de PE te kunnen beoordelen, is het belangrijk te weten welk deel van de toestellen net op de grens functioneren en waarvan een gedeelte dus over de grens zal gaan bij een verhoging van de PE.

Hoewel formeel volgens de GAD er voor 'normaal gebruik' van uitgegaan mag worden dat de toestellen geïnstalleerd en onderhouden worden volgens de voorschriften van de fabrikant, en toestellen slechts veilig behoeven te zijn bij 'normaal gebruik', heeft de praktische veiligheidssituatie rekening te houden met de werkelijke installatie- en onderhoudsstaat van het toestelpark. Dit neemt niet weg dat het de verantwoordelijkheid van de eigenaar van het toestel blijft om het toestel te onderhouden conform voorschrift van de fabrikant.

### Staat van het toestelpark

De problematiek rondom deze sector is complex. Er zijn ca. 14 miljoen van deze toestellen met een zeer diverse opbouw in leeftijd toestel, type, de condities waarbij ze geïnstalleerd zijn, de mate en kwaliteit onderhoud, enz. Er is ook ongetwijfeld een significant doch onbekend aantal toestellen dat van voor de implementatie van de GAD dateert. Omdat er geen verplichte inspectie of onderhoud is, is er weinig kennis betreffende de functionele staat van het geïnstalleerde toestelpark.

De meest recente informatie over de staat van de geïnstalleerde toestellen komt van de laatste Landelijke Steekproef (1994-1996) [26] en het Overzicht Gasinstallatieongevallen 2009 [27]. De eerste bron geeft aan dat toen ruim 5% van de huishoudelijke toestellen een volgens de norm te hoge CO-emissie vertoonden met normaal distributiegas en dat tientallen procenten van de toestellen een hogere belasting (thermische input) hadden dan de installatie en onderhoudsinstructies toelaten. Een sterk verhoogde belasting kan ook bijdragen aan ontoelaatbare CO-emissies [27]. Er is geen inzicht in de huidige situatie, maar is geen reden om te veronderstellen dat het nu beter is.

Fabrikanten hebben aandacht besteed aan het verbeteren van de toestellen, maar de in 1996 nog geldende verplichting dat toestellen door een erkende installateur moeten worden geïnstalleerd en onderhouden bestaat niet meer. Ook het in 1996 bestaand toezichtregiem op de gastechnische veiligheid door de (gemeentelijke) energiebedrijven is inmiddels gestopt. Voor de volledigheid wordt hier opgemerkt dat voor de fractie van de geïnstalleerde toestellen die meer CO emitteren dan toegestaan en die gevoelig zijn voor een verhoogde PE, de distributie van gasen met een verhoogde PE een additioneel risico met zich meebrengt.

In het Overzicht Gasinstallatieongevallen worden 32 incidenten van CO-vergiftiging in 2009 vermeld, met 111 getroffen, waaronder 5 dodelijke. Het aantal incidenten is verdubbeld sinds 2007, met een navenante stijging in het aantal gevallen van ernstig letsel. Een onvolledige registratie van deze incidenten laat geen statistische conclusies toe over deze toename.

Ondanks het beperkte aantal metingen kan op basis van het hierboven genoemde geconcludeerd worden (en dit was ook de mening van de werkgroep 3) dat een toename van de fractie van hogere koolwaterstoffen in de praktijk voor de individuele gebruiker zal leiden tot een toename in CO-emissies en impact zou kunnen hebben op de daarmee samenhangende incidenten.

Vergelijkbare overwegingen waren voor overheid van het Verenigd Koninkrijk tot twee keer toe aanleiding de aanvullende eisen t.a.v. CO-emissies en roetvorming te handhaven.

Een nadere kwantificering van de mogelijke verhoging van het risico voor de eindgebruiker is met de huidige gegevens niet af te leiden. Hiertoe zou nader onderzoek nodig zijn.

### Roetvorming

Afgezien van het feit dat roet zelf kankerverwekkend is, heeft roetvorming twee invloeden op het gedrag van huishoudelijke toestellen [28]. Eén betreft de doelmatigheid van toestellen zoals sfeerkachels, die net genoeg roet in de vlam produceren om "sfeer" te creëren, maar niet genoeg om als emissie waargenomen te worden. De andere heeft betrekking op de veiligheid. In een recent onderzoek [29] is een sfeerhaard getest t.a.v. roetvorming bij rijkere gassen<sup>8</sup>. Dit toestel wordt door de Nederlandse kachel- en haardbranche als representatief voor de Nederlandse populatie gezien (ca. 250.000 toestellen in Nederland). Met gebruik van hetzelfde methaan/propaan/stikstof mengsel als voor de bovengenoemde CO-experimenten (PE=10, Wobbe Index 43,9 MJ/m<sup>3</sup>), steeg de hoeveelheid geëmitteerde roet van een door de fabrikant goed afgesteld toestel van geen emissie bij een G-gas die ter plekke geleverd werd (PE~3, Wobbe Index 43,9 MJ/m<sup>3</sup>) tot een roetvorming die dermate groot was dat de emissie boven de norm voor het toestel uitsteeg, het toestel binnen enkele dagen sterk vervuild zou worden en vervolgens onderhoud nodig zou hebben. Om dit te corrigeren moet het toestel anders worden afgesteld om hiermee rekening te houden. Roetvorming is zeer gevoelig voor de PE van een gas en het kan zijn dat een goede afstelling voor het rijkste gas er toe leidt dat er geen sfeereffect is bij puur Slochterengas. Het is dus vooralsnog onduidelijk of het nuttige effect van het toestel gewaarborgd kan worden bij de toekomstige gassen. Terwijl dit aspect op zichzelf geen veiligheidsaspect is, is de doelmatigheid van een toestel ook essentieel voor de eindgebruiker. In elk geval voor het met de huidige gassen geïnstalleerde toestelpark resulteert het toeleveren van gassen met PE=10 in een onacceptabele uitstoot van roet van deze toestellen.

Wat veiligheid betreft, kan in toestellen zoals CV-ketels en geisers roetvorming tot verstopping van de warmtewisselaar leiden, hetgeen vervolgens kan resulteren in beperking van de luchttoevoer en verhoging van de CO-emissies. Dit effect is ook "zichzelf versterkend"; de beperking van de lucht leidt tot meer roetvorming, meer verstopping, hogere CO-uitstoot, enz. Hierbij wordt opgemerkt dat in principe dit verschijnsel beperkt is tot de "bunsenachtige" toestellen, zoals geisers en conventionele CV-ketels. De invloed van samenstelling op roetvorming is genoegzaam bekend, maar tot dusver is dit niet voor Nederlandse gassamenstellingen onderzocht. Gezien de grote effecten die met de sfeerhaard zijn waargenomen, kunnen toestellen die tegen de roetgrens liggen bovengenoemd zelfversterkend proces ondervinden.

---

<sup>8</sup> Volledigheidshalve wordt hier ook vermeld dat in dezelfde studie er ook CO-metingen waren verricht aan deze en een andere sfeerhaard. Hieruit bleek dat de sfeerhaard waarbij de roetmetingen zijn uitgevoerd een lichte daling in CO-emissie vertoont bij een verhoging van de PE, terwijl de andere sfeerhaard geen invloed vertoonde.

Een ruwe schatting, gebaseerd op de aanname dat de waargenomen afhankelijkheid van roetvorming voor H-gassen uit de Dutton-studie [10] ook voor de Nederlandse situatie geldt (zie hieronder), suggereert dat voor toestellen die 'aan de roetgrens zitten' het verhogen van de PE met een eenheid hetzelfde effect op roetvorming heeft als de verhoging van de Wobbe index met  $0,3 \text{ MJ/m}^3$ . Zoals boven is vermeld, is op dit moment geen informatie over de mate waarin in de praktijk de toestellen 'aan de roetgrens zitten'.

### NO<sub>x</sub>

Omdat de verhoging van de fractie hogere koolwaterstoffen ook de calorische waarde (in wezen, de verbrandingswarmte) verhoogt, die op zijn beurt de vlamtemperatuur verhoogt, leiden rijkere gassen in principe tot hogere NO<sub>x</sub>-emissies. De kwantitatieve invloed hiervan op de feitelijke NO<sub>x</sub>-uitstoot hangt af van de eigenschappen van het toestel. Metingen aan dezelfde toestellen als bij het bovengenoemde onderzoek naar CO-emissies [30] laten bij de conventionele (bunsenachtige) toestellen een verhoging van NO<sub>x</sub>-emissie met 3-4% zien, terwijl bij de moderne "voorgemengde" (lage NO<sub>x</sub>) toestellen de verhoging tot 20% kan oplopen. Hierbij wordt ook opgemerkt dat de verhoging van 20% bij een aanzienlijk lagere waarde is dan bij de conventionele toestellen. Een netto verhoging van de uitstoot over het toestelpark is te schatten via een gewogen gemiddelde.

#### 4.2.2 **Welke specificatie voor hogere koolwaterstoffen waarborgt het gedrag van deze toestellen?**

Het onderzoek dat tot dusver is uitgevoerd betrof kleine aantallen toestellen in een laboratoriumsituatie en moet daarom als illustratief eerder dan representatief moeten worden beschouwd. Een methode om een specificatie voor hogere koolwaterstoffen te kunnen vaststellen die de veiligheid van de eindgebruiker daadwerkelijk waarborgt en waarbij rekening gehouden wordt met de feitelijke installatie- en onderhoudssituatie van de geïnstalleerde toestellen, is door middel van grootschalig onderzoek aan toestellen. Hierbij zouden dan ook verschillende gassen (met verschillende PE) moeten worden gebruikt bij de tests. Een dergelijk onderzoek geeft ook essentiële informatie voor het verder kwantificeren van het risico bij de eindgebruikers. Het is echter de vraag hoe zinvol een dergelijk onderzoek is.

Het is onwaarschijnlijk dat elk toestel in Nederland zodanig is opgesteld dat geen enkel CO- of roetprobleem ontstaat indien zij blootgesteld worden aan de volle range van de verwachte gassen. Als men echter een ruimere variatie wil toelaten dan een aantal toestellen technisch kunnen accepteren, wat moet men dan doen met de toestellen die hier niet aan voldoen? Moet de consument een toestel vervangen die aan de keuringseisen voldoet en goed functioneert met de gassen die hij tot nu toe ontvangen heeft? En met welk ander toestel moet dit toestel vervangen worden?

En hoe gaat men na waar alle toestellen zijn die vervangen moeten worden? Wanneer het huidige toestelpark volledig geschikt is, is geen actie nodig. Als slechts een deel van het toestelpark geschikt is zijn er maar twee keuzes: i) een strengere specificatie van het te distribueren gas óf ii) aanpassing van een deel van het toestellenpark, dat in feite onderdeel is van de hieronder genoemde 'triage'. In dit geval leidt het verkrijgen van "zekerheid" niet noodzakelijkerwijs tot een betere besluitvorming. Er zijn ook andere mogelijkheden om specificaties te vinden die waarschijnlijk even adequaat zijn, maar zonder een grootschalig onderzoek.

Een andere route om tot specificaties te komen is gebruikt in de Verenigde Staten en de facto in het Verenigd Koninkrijk. Deze kan worden gebaseerd op de traditionele gassamenstellingen. Deze benadering leidt per definitie ook tot conservatieve specificaties, maar in principe kan het de veiligheid op het huidige niveau waarborgen (geen verhoging risico). Dergelijke specificaties zouden ook op basis van het keuringsregiem kunnen worden afgeleid, maar het is onbekend hoe dit precies moet worden uitgevoerd. Bij alle keuzes voor waarden van PE moet ook rekening gehouden worden met de Wobbe Index bij die PE. Verwacht wordt dat, tenzij de codes dit anders voorschrijven, de hogere PE bij de maximum Wobbe Index zullen plaatsvinden.

#### Huidig niveau

Op basis van realisaties: Zoals boven is vermeld (Fig. 6), zijn er significante verschillen in de realisaties van PE in de laatste 5 jaar tussen verschillende regio's. Omdat een bepaalde realisatie voor een beperkt aantal uren geen enkele zekerheid geeft t.a.v. de veiligheid van deze gassen, kunnen twee verschillende methoden gebruikt worden om een specificatie af te leiden. In de Verenigde Staten [25] heeft men gekozen om het statistische onderscheid te maken tussen de "normale" range van samenstellingen en de "uitzonderingen". Hiervoor gebruikten zij de range waarin ca. 85% van de gerealiseerde gassamenstellingen vielen. Terwijl deze keuze enigszins arbitrair is, vond het lokale distributiebedrijf deze keuze verdedigbaar aan de hand van hun oordeel over de staat van de toestellen bij de eindgebruikers via hun onderhouds- en monitoringsprogramma. Gezien de verdeling in Figuur 6, waarbij de ondergrens de facto Slochterengas is en waarop het hele land is gebouwd, ligt het uitsluiten van de onderste deel van het band niet voor de hand. Ongewogen over alle vier de gebieden (zie discussie bij Fig. 6) leidt de 0 - 85 percentiel tot een PE van 3,7. Voor de "rijke" regio's ligt deze waarde bij 4 en voor Groningen en Ommen bij ~3,3. Een specificatie van ~3,5-4 volgt uit deze redenering, met dien verstand dat actuele informatie over de staat van Nederlandse eindgebruikersapparatuur ontbreekt.

De andere optie, afgeleid van het systeem in het Verenigd Koninkrijk, is een "emergency band" te implementeren, waarbij samenstellingen boven "altijd acceptabel" slechts voor een beperkte tijd zijn toegestaan.

In zo'n systeem zou bijvoorbeeld  $PE > 4$  voor een nog nader te bepalen beperkte tijd worden toegestaan. Hierbij wordt opgemerkt dat het huidige systeem in het Verenigd Koninkrijk bedoeld is voor echte noodgevallen en niet als marge voor marktgedreven variaties in gaskwaliteit [5]. Daarnaast moet de acceptabele range voor deze band worden vastgesteld.

Theoretische schatting van veiligheidsgrenzen tussen limietgassen en de distributiegassen:

Een theoretische vergelijking van veiligheidsmarges met het Verenigd Koninkrijk en Duitsland [31] geven ook een waarde van PE tussen 3 en 4 aan als een grens voor de veiligheidsmarge voor  $I_{2L}$  toestellen (zie Hoofdstuk 2). Hogere PE waarden zijn denkbaar, maar dan zal de Wobbe Index verlaagd moeten worden.

Er moet nog worden onderzocht welke parameter de beste (meest accurate) karakterisering zou kunnen zijn van de effecten van hogere koolwaterstoffen op CO- en roetvorming. In afwachting daarvan in termen van PE, ligt de acceptabele fractie hogere koolwaterstoffen tussen propaanequivalent 3 en 4. Mede gelet op het feit dat de keuringen in Nederland met een PE van ten hoogste 3,3 als referentiegas zijn uitgevoerd, is hierbij de "strengste" keuze 3,3 en de "ruimste" keuze, op basis van realisaties, rondom 4.

*Het uitdrukken van de effecten van de fractie van hogere koolwaterstoffen als een equivalente verhoging van de Wobbe Index impliceert dat de effecten op CO-emissies en roetvorming van een hogere PE gemitigeerd kan worden door een equivalente verlaging van de Wobbe Index. Deze suggestie is analoog aan de conclusies van het onderzoek van Dutton, in dit rapport regelmatig geciteerd, en de wijze waarop dit in de Engelse codes GS(M)R [32] terecht is gekomen. De Dutton-relatie is een empirische relatie uit de jaren '70 gebaseerd op een beperkt aantal H-gas toestellen in de Verenigd Koninkrijk. Of de daarin gevonden relaties ook gelden voor de huidige generatie toestellen voor G-gas is onzeker en moet onderzocht worden. Hiertoe dient een theoretisch goed opgezet en voldoende empirisch onderbouwd onderzoek aan echte toestellen naar een adequate typering van het CO- en roetgedrag uitgevoerd te worden. Zolang er geen betere kennis is over hoe het huidige Nederlandse toestelpark reageert op "hogere koolwaterstoffen" kan de Dutton-relatie, samen met het zeer beperkt aantal metingen, slechts als een indicatie gebruikt worden.*

Gebruikmakend van deze analogie met de GS(M)R, geeft een indicatie van ca.  $0,3 \text{ MJ/m}^3/\text{PE}$  aan om bovenmatige roetvorming te voorkomen bij een deel van de toepassingen dat aan de roetgrens zit. Voor toepassingen die aan de CO grens maar niet aan de roetgrens zitten, zou een Wobbe Index verlaging van ca  $0,1$  tot  $0,05 \text{ MJ/m}^3 / \text{PE}$  afdoende kunnen zijn. Hierbij wordt opgemerkt dat bovengenoemde CO-metingen [23] een waarde van  $0,1 \text{ MJ/m}^3/\text{PE}$  suggereren bij een aanname van een lineaire relatie tussen PE en Wobbe. Zoals boven is genoemd, dienen deze uitkomsten door onderzoek geverifieerd te worden.



*Bij dit onderzoek dient ook een kanttekening gemaakt te worden. De Nederlandse Wobbeband is zeer smal in vergelijking met die in het Verenigd Koninkrijk. Met stikstof verdunde aardgassen die voldoen aan de GS(M)R zijn deze nog altijd aan de 'bovenkant' van de Britse Wobbeband, terwijl zelfs bescheiden extra verdunning met stikstof resulteert in een gas dat aan de 'onderkant' van de Nederlandse Wobbeband is. Hierbij dient men mogelijke ongewenste neveneffecten, zoals extra ontstekings- of stabiliteitsproblemen door dit 'afwobben', middels bovengenoemd onderzoek uit te sluiten. Daarom hebben fabrikanten aangegeven dat met name voor het toelaten van hogere PE waarden, onder de voorwaarde dat de maximale Wobbe Index verlaagd wordt, onderzocht zou moeten worden met werkelijke toestellen.*

Noot: Een aspect van de toepassingskwaliteit van het gas dat tot nu toe niet expliciet besproken is, is de druk van het gas voor het toestel. Deze druk wordt bij huishoudelijke afnemers medebepaald door de door de netbeheerder geleverde druk. Hoe meer de geleverde druk kan variëren, hoe minder ruimte er voor bepaalde toestellen is om veranderingen in de gassenstellingen aan te kunnen.

Zoals boven is genoemd, is deze bespreking gevoerd vanuit de aanname dat de veiligheid van de eindgebruiker op een transparante manier gewaarborgd moet worden. De opties die hierboven genoemd zijn dienen dat doel. Er kan natuurlijk gekozen worden om andere overwegingen te maken m.b.t. hoe om te gaan met de risico's die met deze problematiek gepaard gaan. Gezien de potentiële impact op de openbare veiligheid lijkt een keuze hiervoor een zaak voor de bevoegde overheidsinstantie. In het Verenigd Koninkrijk is de Health and Safety Executive "eigenaar" is van de gaskwaliteitsspecificaties, de GS(M)R.

#### 4.2.3 **Aanpassingen om de breedste band te accepteren**

Hierboven is aangegeven dat er veel onzekerheid bestaat betreffende de mate waarin huishoudelijke toestellen rijkere gassen kunnen accepteren. Dit betreft de mate waarin het keuringsregime rijkere gassen "dekt", alsmede het gedrag van het scala van geïnstalleerde toestellen in het veld. Mede gelet op de uitgangspunten van deze studie, waaronder het waarborgen van de veiligheid van de consument op het huidige niveau, worden hieronder aanpassingen beschreven die de breedste band van gaskwaliteit te kunnen accommoderen.

Voorafgaande aan het aanpassen van toestellen dient eerst onderzocht te worden of de huidige geïnstalleerde toestellen, ook na onderhoud, een dermate lage CO-emissie hebben met het geleverde G-gas dat ook bij de hoogste PE en de hoogst toegestane leveringsdruk, de veiligheid gewaarborgd is. In geval dat hiertoe onvoldoende ruimte is, moeten de toestellen worden aangepast of vervangen.

In dit verband wordt naar het onderzoek in het Verenigd Koninkrijk verwezen [33] waarin een aantal GAD- toestellen ongewijzigde of zelfs hogere CO-emissies vertoonden na onderhoud. Een aspect dat ook bijzondere aandacht verdient, is wat te doen met de toestellen die van vóór de GAD dateren (ca. 20% van de toestellen).

Er zijn twee technische routes om dit doel te bewerkstelligen:

- Onderhoud/vervanging op basis van triage ("selectie en rangschikking")
- Integrale vervanging van alle toestellen

#### 4.2.3.1 Triage

Op basis van bovengenoemd onderzoek van de in de markt aanwezige typen toestellen, wordt besloten wat er met alle toestellen van een bepaald type moet gebeuren. Op basis van dit laboratoriumonderzoek wordt vastgesteld in welke van de onderstaande categorieën dit type valt:

*Gewoon onderhoud is voldoende.* Dit geldt voor toestellen die zeer ruim aan de keuringseisen voldoen en zonder problemen hoge PE gehalten aankunnen. Fabrikanten van kooktoestellen geven aan dat zij verwachten dat dit voor ca. 3 miljoen kooktoestellen het geval is. Mogelijk is ook een deel (ca. 1 miljoen) van de jongste generatie CV ketels voldoende robuust om de beoogde PE te weerstaan. Wel dient men het normale onderhoud te laten uitvoeren om het toestel veilig te houden.

*Specialistisch onderhoud nodig.* Het betreft toestellen waarbij het twijfelachtig is of ze geschikt zijn voor de beoogde PE dan wel toestellen die een voorschrift hebben om de instelling aan te passen om ze bestand te maken tegen de te verwachten maximale PE. Voor deze toestellen is specialistisch onderhoud nodig. Met specialistisch onderhoud wordt bedoeld dat een vakman, die verstand heeft van het te onderhouden toestel en beschikt over het noodzakelijke gereedschap, de juiste meetmiddelen en de noodzakelijke vervangingsonderdelen (bijvoorbeeld pakkingen), het onderhoud uitvoert. Indien het gewenste veiligheidsniveau na dit specialistisch onderhoud niet gehaald wordt, zal het toestel alsnog vervangen moeten worden.

*Het toestel dient vervangen te worden.* Deze toestellen zijn niet succesvol in te zetten met de nieuwe gassen. Ze zullen vervangen moeten worden door toestellen zoals genoemd in de onderstaande paragraaf, "integrale vervanging apparatuur".

Gezien de rol die ventilatie en afvoer spelen bij de veiligheid van sommige toesteltypen (afvoerloze toestellen, toestellen met trekonderbreker) dient ook met deze aspecten rekening gehouden te worden bij het bepalen van de te volgen route tijdens triage.

#### 4.2.3.2 Vervanging

Een andere mogelijkheid is de integrale vervanging van alle huidige geïnstalleerde apparatuur. Hierbij zijn er ook twee alternatieven. Het eerste alternatief is het ontwikkelen en keuren van nieuwe apparatuur voor de Nederlandse gassen en ze in de markt brengen. Een ander alternatief is een Europees toesteltype in de markt te zetten, zoals bijvoorbeeld het type dat in Duitsland wordt toegepast. Eerst zou onderzocht moeten worden of deze typen geschikt zijn voor de Nederlandse situatie of anders hiervoor geschikt gemaakt kunnen worden.

Noot: Hierbij wordt vermeld dat het verminderen van de variaties in gasdruk in de huishoudens ook een bijdrage kan leveren aan het maximaal benutten van de ruimte voor gaskwaliteitsvariaties. Bijvoorbeeld het vervangen van de zogenaamde 30 mbar netten kan dit helpen verwezenlijken.

### 4.3 **Gevolgen krachtopwekking**

#### 4.3.1 **Parkgrootte en belang**

De eindgebruikergroep Krachtopwekking omvat alle installaties voorzien van gasmotoren of gasturbines. In Nederland vinden gasmotoren vooral toepassing in wegvoertuigen, schepen, compressor- of pompsets en warmtekrachtinstallaties. Gasturbines zijn vooral te vinden in compressorsets en (de-)centrale elektriciteitsopwekking. In dit machinepark zijn de gasmotorwarmtekrachten eenheden respectievelijk de gasturbines in (de-)centrale elektriciteitsopwekking veruit dominant<sup>9</sup>.

Voor een goed begrip van de mogelijke omvang van de gevolgen van de verandering van de gaskwaliteit voor deze beide laatste groepen is het belangrijk om hun bijdrage aan de Nederlandse energievoorziening te onderkennen. Tabel 1 laat deze bijdrage zien.

---

<sup>9</sup> De toepassing van gasmotoren in scheepsvoortstuwing staat nog in de kinderschoenen. Het park aan aardgasvoertuigen is groeiende maar nog relatief beperkt. Het aantal gasmotoren in compressor- of pompsets is relatief klein. Het aantal gasturbines in compressorsets is weliswaar ongeveer gelijk aan die in (de-)centrale elektriciteitsopwekking, maar factoren kleiner in termen van opgesteld vermogen.

Tabel 2 Het gasmotorwarmtekracht- en gasturbinepark in perspectief: omvang en positie in de Nederlandse energievoorziening (voorlopige cijfers over 2008 volgens CBS StatLine)

	<b>Parkgrootte</b> # eenheden	<b>Opgesteld vermogen</b> Gwe	<b>Elektriciteitsproductie</b> GWhe	<b>Gasverbruik</b> miljard m3
<b>Gasmotorwarmtekracht</b>	4500	3½ (14%)	13000 (12%)	4 (9%)
<b>Gasturbines in (de-)centrale elektriciteitsopwekking</b>	140	9 (36%)	46300 (43%)	12 (26%)

Noot: Cijfers tussen haakjes geven het percentage ten opzichte van het totale Nederlandse vermogen, elektriciteitsproductie of gasverbruik weer.

Het Nederlandse gasmotorwarmtekracht- en gasturbinepark is met een aandeel van ongeveer 35% van het totale jaarlijkse Nederlandse gasverbruik dus een grote gasafnemer. Dit machinepark levert bovendien ruim de helft van de in Nederland opgewekte elektriciteit. Vanuit dit perspectief worden onderstaand de mogelijke gevolgen voor dit park beschreven, te beginnen met het gasmotorwarmtekrachtpark.

#### 4.3.2 Gevolgen voor het gasmotorwarmtekrachtpark

##### Gasmotorwarmtekracht

Een gasmotorwarmtekrachteenheid bestaat uit een generator aangedreven door een gasmotor. De generator levert elektriciteit aan het net en de warmte uit het koelwater en rookgas van de gasmotor wordt voor (ruimte-)verwarmingsdoeleinden gebruikt. Deze gecombineerde opwekking van elektriciteit en warmte heeft een hoog energetisch rendement en bespaart ten opzichte van gescheiden opwekking ongeveer 20% tot 30% aan primaire energie.

Ongeveer een vijfde deel van het gasmotorwarmtekrachtvermogen staat in de gebouwde omgeving en levert elektriciteit en warmte aan bijvoorbeeld kantoor-, winkel- en industriegebouwen en ziekenhuizen. Met name in ziekenhuizen maken warmtekrachtsets relatief vaak deel uit van de noodstroomvoorziening.

De overgrote meerderheid van het gasmotorwarmtekrachtvermogen staat echter in de glastuinbouw en levert naast elektriciteit en warmte vaak ook CO<sub>2</sub> voor groeibevordering van het gewas in de kas.

Het gasmotorpark is nagenoeg volledig voorzien van G-gas.

De samenstelling van het Nederlandse gasmotorwarmtekrachtpark is zeer divers. Voor een afdoende pragmatische beschrijving van de gevolgen, en later ook de mitigerende maatregelen, is het park in twee grote segmenten opgedeeld:

- Segment A betreft de gasmotorwarmtekrachteenheden zonder luchtfactor- en klopregeling. Dit segment beslaat met ongeveer 1800, veelal relatief oudere en kleine eenheden, zo'n 40% van het totale gasmotorwarmtekrachtpark. In termen van opgesteld vermogen gaat het om ongeveer 10% tot 20% van het totaal opgestelde vermogen van 3500 MWe.
- Segment B betreft de eenheden die met een luchtfactor- en een klopregeling of één van beide zijn uitgerust. Dit deel beslaat de resterende 2700 eenheden. In termen van opgesteld vermogen gaat het om 80% tot 90% van het totaal van 3500 MWe.

Gasmotorwarmtekrachteenheden zijn technisch complex en energie- en kapitaalintensief. Ongewenste veranderingen in kritische bedrijfscondities, zoals de kwaliteit van het brandstofgas, kunnen grote gevolgen voor de beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid hebben.

Voor een goed begrip van deze gevolgen is kennis van het perspectief van de leveranciers en exploitanten van gasmotorwarmtekrachteenheden op de Nederlandse gaskwaliteit van belang. De in bijlage B genoemde voorbeelden van te verwachten gaskwaliteit leidde bij leveranciers en exploitanten tot de uiting, o.a. in de workshops, van ernstige zorgen over de toekomstige beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid van hun gasmotorwarmtekrachteenheden.

De zorgen van leveranciers en exploitanten betreffen in het bijzonder de navolgende veranderingen in de gaskwaliteit.

#### Wobbe Index

De verwachting van de netbeheerders is dat de operationele Wobbe Index in de G-markt niet zal veranderen. Indien toch rekening gehouden moet worden met het volledige gebruik van de Wobbeband volgens de G-gas netcodes, dan zal de frequentie, duur en stapgrootte van veranderingen in de Wobbe Index toenemen in vergelijking met de huidige situatie..

Voor de eenheden in segment A betekent dit dat de luchtfactor vaker en (veel) langer dan in het verleden zal afwijken van de gewenste luchtfactor. Hierdoor zal naar verwachting in een beperkt deel van dit parksegment vaker en langduriger thermische overbelasting, (licht) kloppen en *misfire* kunnen optreden. Voor de betreffende eenheden neemt de kans op (ernstige) motorschade en uitval toe, evenals de kans op overschrijding van de NO<sub>x</sub>-emissielimiet. Het risico op motorschade en uitval door kloppen wordt nog eens versterkt doordat vaker dan in het verleden een toename van de Wobbe Index met een (grotere) afname van de klopvastheid gepaard zal gaan.

De exploitanten leiden in dit geval exploitatieverlies door onvoorziene stilstand en het niet nakomen van hun leveringsverplichting.

Ingeval van motorschade kan de stilstandtijd enkele weken bedragen met reparatiekosten oplopend tot tienduizenden euro's. De NO<sub>x</sub>-emissie kan gedurende langere tijd met tientallen procenten toenemen.

De eenheden in segment B kunnen de voornoemde veranderingen in de Wobbe Index aan, mits de snelheid waarmee de Wobbe Index verandert niet te groot is. Bij een te snelle verandering van de Wobbe Index treden ook hier de bij segment A benoemde problemen op. Het is niet uit te sluiten dat de snelheid van de Wobbe-veranderingen zal toenemen. Er is echter geen informatie beschikbaar om in te schatten of en bij welk deel van het park dit tot de voornoemde problemen gaat leiden.

Voor het kleine parkdeel uit segment B zonder luchtfactor- maar met klopregeling, gelden dezelfde gevolgen als die voor segment A, met uitzondering van de kloprisco's. De klopregeling zal hiertegen bescherming bieden, mits de snelheid waarmee de klopvastheid verandert weer niet te groot is. Dit laatste komt verderop aan de orde.

Voor de vele glastuinders met een nageschakelde rookgasreiniger voor CO<sub>2</sub>-bemesting geven de voornoemde veranderingen in de Wobbe Index nog aanvullende risico's. De samenstelling van het rookgas van de gasmotorwarmtekrachteenheid zal vaker en sneller gaan veranderen wat vanwege de traagheid van de regeling van de rookgasreiniger tot meer en langduriger uitval van rookgasreinigers zal leiden. De tuinders leiden hierdoor exploitatieverlies, zeker als de onvoorziene stilstand langere tijd aanhoudt.

In voorkomende gevallen zal door de meer frequente, tijdelijke onzuiverheid van de CO<sub>2</sub>-houdende rookgassen gewasschade kunnen ontstaan, variërend van verlies aan productkwaliteit tot voortijdige teeltwissel. In het geval van voortijdige teeltwissel belooft de schade honderdduizend euro of meer.

Vanaf begin 2010 moeten nieuw geplaatste gasmotorwarmtekrachteenheden aan de BEMS-emissie-eisen voldoen. Aan de strenge NO<sub>x</sub>-emissie-eis kan alleen door naschakeling van een deNO<sub>x</sub>-katalysator voldaan worden. Ook deze katalysator is gevoelig voor snelle veranderingen in de samenstelling van het rookgas en zal daarmee vaker en langduriger kunnen uitvallen. Anders dan bij rookgasreinigers voor CO<sub>2</sub>-bemesting, zal hier tegelijkertijd meestal ook de gasmotorwarmtekrachteenheid afgeschakeld worden.

Ook deze onvoorziene stilstand gaat weer met exploitatieverlies gepaard.

### Klopvastheid (methaangetal)

Zoals in Hoofdstuk 3 is aangegeven, zullen de exploitanten van gasmotorwarmtekrachteenheden rekening moeten houden met de door de gezamenlijke netbeheerders uitgesproken verwachting dat een substantiële verlaging van de ondergrens aan de klopvastheid van het G-gas kan voorkomen. De klopvastheid van het gas zal bovendien vaker, langer en met grotere stappen dan voorheen variëren.

De tijdsduur waarbinnen ernstige schade optreedt ten gevolge van kloppende verbranding is mede afhankelijk van het verschil tussen de klopvastheid van het geleverde gas en die waarvoor de motor is uitgelegd. Bij licht kloppen kan dit dagen tot weken duren, maar bij zwaar kloppen treedt schade al binnen seconden op. Een dergelijke schade bedraagt snel tienduizenden euro's. De stilstandtijd varieert van enkele weken tot soms wel maanden. De fysieke schade aan de motoren is van dien aard dat mensen die in de nabijheid van de gasmotorwarmtekrachtset werken, zoals bij glastuinders regelmatig het geval is, een serieus risico op (fataal) persoonlijk letsel lopen tengevolge van brand, explosie of rondvliegende motordelen.

Het Nederlandse gasmotorwarmtekrachtpark is grotendeels op Slochterengas met een methaangetal van ongeveer 91 (AVL<sup>10</sup>) uitgelegd. Uit de website 'hoezoandergas.nl' valt af te leiden dat voor de toekomstige ondergrens met een methaangetal van 71 (AVL) rekening moet worden gehouden. In de Reader van GTS [19] wordt zelfs over een ondergrens met een methaangetal van 68 (AVL) gesproken.

De gasmotorwarmtekrachtleveranciers stellen dat een gas met een methaangetal van ten laagste ongeveer 85 (AVL)<sup>11</sup> nog acceptabel is, ogenschijnlijk gebaseerd op het ongestoord in bedrijf blijven van het gehele gasmotorwarmtekrachtpark. Hierbij zijn de jongste, hoogpresterende, maar ook meest klopgevoelige generaties gasmotoren bepalend voor de veilige ondergrens. Deze eenheden zijn overwegend in parksegment B te vinden. Voor een ouder deel van het park, grotendeels in segment A, ligt de veilige grenswaarde waarschijnlijk iets lager, op een methaangetal van ca. 80 (AVL).

Bij levering van G-gas met een methaangetal lager dan 85 (AVL) zal een groeiend deel van het gasmotorwarmtekrachtpark dus in de problemen komen. Bij een methaangetal van 80 (AVL) of lager zullen deze problemen een groot deel van het park kunnen beslaan. In het gunstigste geval zullen motoren uitvallen door ingrijpen van de klopregeling.

---

<sup>10</sup> De klopvastheid van het gas wordt vaak uitgedrukt in een methaangetal (in analogie met het octaangetal bij benzine). GTS, en anderen, gebruiken de AVL Methane methode [17] om het methaangetal van een gas te bepalen. Dit is echter niet de enige methode. De *motorfabrikantenmethodiek (MFM)* wijkt af van die van AVL Methane door correcties op de fracties hogere koolwaterstoffen en stikstof. De gasmotorleveranciers willen deze methodiek helaas niet ter beschikking stellen. Dit bemoeilijkt de discussie over acceptabele grenswaarden in bijvoorbeeld een nieuwe Gascodem.

<sup>11</sup> Deze waarde komt overeen met de door de gasmotorleveranciers genoemde acceptabele grenswaarde van 80 uitgedrukt in het MFM-methaangetal.

Zonder klopregeling zal de uitval met ernstige motorschade gepaard gaan. Deze stilstand leidt uiteraard tot exploitatieverlies al dan niet in combinatie met tienduizenden euro's aan motorschade. De stilstandtijd beslaat ten minste de reparatieduur of zoveel langer als het gas met de te lage klopvastheid wordt geleverd. Structurele levering van ongeschikte gassen leidt dus tot structurele stilstand van eenheden. Vanwege de vaak sterke regionale clustering kunnen in zo'n situatie dus grote aantallen gasmotorwarmtekrachteenheden structureel uitvallen met een significant verlies aan elektriciteitsproductie tot gevolg.

Op basis van deze overwegingen, en de mogelijke toekomstige gassen (Hoofdstuk 3), kan gesteld worden dat het verwachte minst klopvaste gas met een methaangetal van 71 (AVL), of zelfs 68 (AVL), al binnen zeer korte tijd tot grootschalige uitval, al dan niet met ernstige motorschade, van de overgrote meerderheid van de met dat gas beleverde gasmotorwarmtekrachteenheden zal leiden.

Bij een snelle verandering van de klopvastheid biedt ook een klopregeling geen afdoende bescherming meer. In deze situatie zal een belangrijk deel van het uitvallende park tevens ernstige motorschade hebben opgelopen.

#### Calorische waarde

Voor een nieuw te introduceren generatie hoogpresterende gasmotoren, werkend volgens het zogenoemde gasdieselprincipe, geven snelle en grote schommelingen in de calorische waarde een verhoogd risico op verslechtering van het loopgedrag, schade of zelfs uitval.

#### Water- en koolwaterstofdauwpunt

De werkgroepdeelnemers zeggen tot op heden geen problemen met water- of koolwaterstofcondensatie in het G-gas te ondervinden. De bestaande en voorgestelde exit-specificaties voor G-gas bevatten geen specificatie van het water- en koolwaterstofdauwpunt. Een verslechtering is op voorhand niet ondenkbeeldig gezien de grotere fractie aan hogere koolwaterstoffen in het toekomstige G-gas.

Condensatie van water of koolwaterstoffen geeft een verhoogd risico op uitval of ernstige motorschade door kloppende verbranding, thermische overbelasting of zelfs vloeistofslag. Daarnaast ontstaan er lakvormige afzettingen in de motor met een hoger smeerolieverbruik en kortere onderhoudsintervallen tot gevolg. Het is evident dat deze gevolgen tot (soms ernstige) exploitatieverliezen zullen leiden.

#### Elektriciteitsvoorziening

Tot dusver zijn de mogelijke gevolgen op het niveau van de individuele exploitanten beschreven. Zoals boven is vermeld levert het gasmotorwarmtekrachtpark ook een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse elektriciteitsvoorziening.

Gezien de sterke lokale en regionale clustering van gasmotorwarmtekrachteenheden kan al bij een lage penetratiegraad van afwijkend G-gas in korte tijd een redelijke hoeveelheid



opwekvermogen wegvallen. Een dergelijke uitval van gasmotorwarmtekrachtvermogen zou kunnen leiden tot een ongewenste verstoring van de elektriciteitsmarkt.

Grootschalige en langdurige uitval van opwekvermogen zou een risico kunnen vormen voor de stabiliteit van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening en daarmee voor de leveringszekerheid van elektriciteit. Het Nederlandse elektriciteitsproductiepark valt onder het Europese ENTSO-E CE vangnetsysteem. Binnen dit samenwerkingsverband van Europese TSO's zijn afspraken gemaakt over de primaire en secundaire opvang van grootschalige uitval van opwekvermogen. Conform deze afspraken zou het Nederlandse elektriciteitsproductiepark tegen een gelijktijdige, ongeplande en langdurige uitval van opwekvermogen tot 3 GWe bestand moeten zijn. Opgemerkt moet worden dat een aantal stakeholders vraagtekens plaatst bij de praktische beschikbaarheid van de hiertoe benodigde primaire en secundaire opvangmaatregelen.

Het is niet waarschijnlijk dat levering van afwijkend G-gas tot een gelijktijdige uitval van meer dan 3 GWe aan gasmotorwarmtekrachtvermogen, overeenkomend met 85% van het totale opgestelde vermogen, zou kunnen leiden.

Onder de aanname van een adequaat werkend vangnetsysteem is het dan ook onwaarschijnlijk dat uitval van gasmotorwarmtekrachtvermogen de stabiliteit van de landelijke elektriciteitsvoorziening in gevaar kan brengen.. In hoeverre deze verwachting houdbaar is in combinatie met gelijktijdige uitval van grote gasturbine-eenheden in (de) centrale elektriciteitsopwekkers komt in paragraaf 4.3.4 aan de orde.

Overigens vormt (grootschalige) uitval van gasmotorwarmtekrachtvermogen mogelijk wel een risico voor de stabiliteit van zwakke (delen van) lokale elektriciteitsnetten. Zonder nadere analyse is geen gefundeerde uitspraak over de kans op uitval van lokale (delen van) netten mogelijk.

*Samenvattend leidt de distributie van de door de gezamenlijke netbeheerders in het G-net verwachte gassen tot een verminderde beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid van het gasmotorwarmte-krachtpark. Zo is er een reële kans op regelmatige en/of langdurige uitval, al dan niet met ernstige motorschade, van grote delen van het gasmotorwarmtekrachtpark. De aard van dergelijke motorschade brengt ook risico op persoonlijk letsel met zich mee. Het exploitatieverlies door stilstand ligt, o.a. afhankelijk van de grootte van de gasmotorwarmtekracht-eenheid, in de orde van honderden tot duizenden euro's per dag. De bedoelde motorschade bedraagt al gauw tienduizenden euro's.*

*Het is niet evident dat grootschalige uitval van gasmotorwarmtekrachteenheden sec de stabiliteit van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening in gevaar kan brengen. Dergelijke uitval vormt mogelijk wel een risico voor de stabiliteit van zwakke (delen van) lokale elektriciteitsnetten.*

### 4.3.3 Acceptabele gasspecificatie voor het gasmotorwarmtekrachtpark

Onderstaand wordt besproken welke specificaties gehanteerd zouden kunnen worden om te borgen dat het huidige gasmotorwarmtekrachtpark zonder verdere maatregelen op een acceptabel niveau aan beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid te houden.

#### Klopvastheid (methaangetal)

Overeenkomstig de bespreking in 4.3.2, ligt de veilige, generieke ondergrens voor de klopvastheid van het G-gas op een methaangetal van ongeveer 85 (AVL).

De fabrikanten van gasmotoren houden meestal een veiligheidsmarge van nog ten minste 3 methaangetalpunten, de zogenoemde klop marge, alvorens een normaal functionerende gasmotor ook daadwerkelijk klopgedrag zal gaan vertonen. Deze klop marge beschermt de gasmotor tegen afwijkingen in andere bedrijfscondities die van invloed zijn op de klopgevoeligheid van de gasmotor. Deze marge is geenszins vrij voor extra variaties in gaskwaliteit.

Gegeven de regionale verschillen in gaskwaliteit (Fig. 9) en een mogelijk onderscheid in de klopgevoeligheid van het gasmotorpark in de verschillende gebieden, zou het zinvol kunnen zijn om ruimte te laten voor eventuele differentiatie tussen de G-gas distributiegebieden, in overleg met de gasmotorwarmtekrachtsector. Naar verwachting zou de veilige ondergrens voor de klopvastheid in de verschillende distributiegebieden ongeveer in de methaangetalrange van 85 (AVL) tot 80 (AVL) kunnen liggen.

Een internationaal aspect in dit verband betreft aardgasvoertuigen. In Duitsland heeft normenorganisatie DIN in 2008 een norm voor de aardgaskwaliteit voor aardgasvoertuigen uitgebracht. Hierin wordt als voorlopige grenswaarde een minimum methaangetal van 70 (AVL) genoemd. Er is echter opwaartse druk vanuit de voertuigleveranciers om de grenswaarde op methaangetal 75 (AVL) vast te leggen. De grenswaarde voor aardgasvoertuigen kan zoveel lager zijn dan die voor gasmotorwarmtekrachteenheden vanwege het grote verschil in specifieke motorbelasting en daarmee klopgevoeligheid tussen beide toepassingen.

#### Wobbe Index en calorische waarde

Zonder rekening te houden met parksegment A zou in principe de volle G-gas Wobbeband van ongeveer 1 MJ/m<sup>3</sup> acceptabel zijn, mits de Wobbe-verandering niet te snel verloopt.

De voor parksegment A nog acceptabele (kleinere) Wobbe-band is lastig te specificeren zonder nader overleg met de leveranciers van de gasmotorwarmtekrachteenheden. Het lijkt echter een veilige keus om de Wobbeband te beperken met een maximum bandbreedte van bijvoorbeeld 0,8 MJ/m<sup>3</sup>, met een feitelijke range al dan niet gedifferentieerd per distributiegebied.

Er is vooralsnog geen informatie beschikbaar over de toelaatbare veranderingssnelheid van de Wobbe Index. Onder de aanname dat de duur van een Wobbe-sprong niet zal veranderen, lijkt het ook hier veilig om de maximale spronggrootte uit de huidige G-gas distributiepraktijk (ongeveer  $0,8 \text{ MJ/m}^3$  [18]) als voorlopige grenswaarde te hanteren.

Voor de calorische waarde van het G-gas lijkt een bandbreedte overeenkomstig de huidige distributiepraktijk [18] vooralsnog een afdoende veilige keus.

#### Water- en koolwaterstofdauwpunt

De huidige distributiepraktijk blijkt geen problemen op te leveren. Derhalve zou de minst gunstige leveringspraktijk voorlopig als veilige grenswaarde, zonodig per distributiegebied, gehanteerd kunnen worden. GTS zou informatie over deze distributiepraktijk moet kunnen verstrekken.

#### 4.3.4 **Aanpassingen om de breedste band te accepteren**

De eenheden in parksegment A zijn relatief klein en oud met een bescheiden financieel rendement. Ze worden veelal door energiedistributiebedrijven, met weinig bereidheid tot (her-)investering, geëxploiteerd. Bovendien is er lang niet altijd een pasklaar aanpassings- of retrofitpakket beschikbaar zijn. Het ligt dan ook in de rede dat in dit parksegment sanering (meestal zonder vervanging) de voorkeursoptie zal zijn. Naar verwachting zal een belangrijk deel van dit parksegment sowieso uiterlijk in 2017 gesaneerd worden. Dit vanwege het per 2017 in werking treden van de strenge BEMS-emissie-eisen voor bestaande gasmotorwarmtekrachteenheden.

Voor parksegment B is geraamd dat ongeveer 2000 MWe vanaf 2005 is geplaatst. De rest, ongeveer 1000 MWe, dateert vanaf ongeveer 1998. Het vanaf 2005 geplaatste parkdeel is bijna zonder uitzondering van een luchtfactorregeling en meestal ook van een klopregeling voorzien. Bij dit parkdeel kan dan ook veelal worden volstaan met een ombouw bestaande uit het verlagen van de compressieverhouding en het opnieuw inregelen van luchtfactor- en klopregeling. In voorkomende gevallen zal een retrofit met een klopregeling nodig zijn. Voor het oudere parkdeel wordt aangenomen dat naast het verlagen van de compressieverhouding, meestal ook een upgrade (of retrofit) van de luchtfactor- en klopregeling nodig zal zijn om de breedste band te kunnen accepteren.

#### 4.3.5 Gevolgen voor het gasturbinepark in (de-)centrale elektriciteitsopwekking

##### (De-)centrale elektriciteitsopwekking met gasturbines

In (de-)centrale elektriciteitsopwekking met een gasturbine drijft de gasturbine een generator aan. De generator levert elektriciteit aan het net. In de gangbare combined-cycle eenheden wordt met de rookgaswarmte van de gasturbine stoom gemaakt. Met deze stoom wordt in een nageschakelde stoomturbine-generatoreenheid ook weer elektriciteit opgewekt. De nieuwste combined-cycle eenheden hebben een totaal rendement van rond de 60%.

Een deel van dit gasturbinepark draait in decentrale elektriciteitsopwekking in bijvoorbeeld de petrochemische industrie. In decentrale toepassingen wordt (een deel van) de stoom ook wel voor procesdoeleinden gebruikt. De meerderheid van dit turbinepark draait echter in elektriciteitscentrales.

De samenstelling van het Nederlandse gasturbinepark is zeer divers. Voor een afdoende pragmatische beschrijving van de gevolgen, en later ook de mitigerende maatregelen, is het park in twee segmenten opgedeeld. Het parksegment uitgerust met DLN-brandersystemen<sup>12</sup> beslaat ruim viervijfde deel van het gasturbinevermogen in (de-)centrale elektriciteitsopwekking. DLN-brandersystemen zijn vanwege een klein optimaal werkgebied gevoelig voor veranderingen in de gaskwaliteit. Het tweede parksegment betreft het van de minder gevoelige diffusiebrandersystemen voorziene resterende deel van het gasturbinepark. Van het gasturbinevermogen in (de-)centrale elektriciteitsopwekking draait bijna drievijfde deel op H-gas. Van de rest draait ongeveer tweevijfde deel op G-gas met nog een klein deel op G- en H-gas.

Gasturbine-eenheden in (de-)centrale elektriciteitsopwekking zijn technisch complex en energie- en kapitaalintensief. Ongewenste veranderingen in kritische bedrijfscondities, zoals de kwaliteit van het brandstofgas, kunnen grote gevolgen voor de beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid hebben.

Voor een goed begrip van deze gevolgen is kennis van het perspectief van de leveranciers en exploitanten van deze gasturbine-eenheden op de Nederlandse gaskwaliteit van belang. De verwachte veranderingen in gaskwaliteit leidt bij leveranciers en exploitanten dus tot ernstige zorgen over de toekomstige beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid van hun gasturbine-installaties.

Onderstaande gevolgen hangen samen met de mogelijke veranderingen in gaskwaliteit.

##### Wobbe Index

Voor DLN-gasturbines veroorzaken de verbreding van de range van daadwerkelijke gedistribueerde Wobbe Index en de frequentie, duur en stapgrootte van de veranderingen in Wobbe Index de grootste problemen voor de beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid.

---

<sup>12</sup> DLN staat voor Dry-Low-NOx. DLN-brandersystemen hebben zeer lage NOx-emissies.

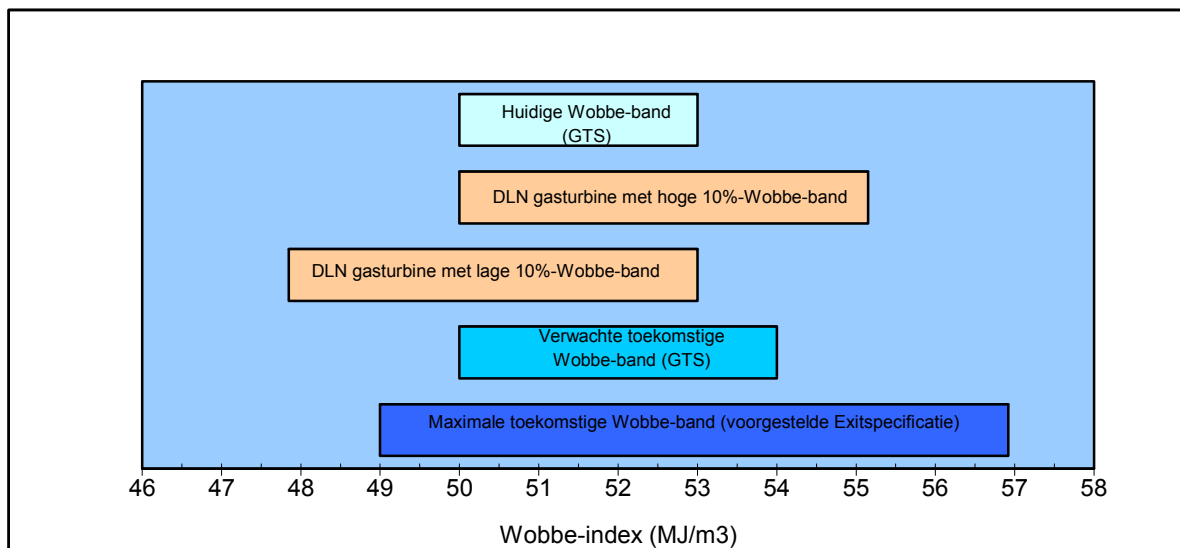
De gasturbine-eenheden op H-gas zullen rekening moeten houden met vergroting van deze aspecten in de toekomst. Gegeven het feit dat de netbeheerders geen veranderingen in de Wobbe Index in het G-net verwachten, geldt voor de DLN-machines op G-gas dat, behoudens mogelijk nu al marginaal afgestelde gasturbines, er geen grootschalige Wobbe Index gerelateerde problemen worden verwacht.

Net als bij gasmotoren, worden gasturbines bedreven onder de garantievoorwaarden van de fabrikant van de apparatuur, waaronder de zogenaamde fuel-specs. De prevalerende kwaliteitseisen in een aantal fuel-specs van DLN-gasturbines geven de mogelijke conflicten aan met de voornoemde veranderingen in de gaskwaliteit. Excursies buiten de grenswaarden in de fuel-specs leiden tot verbrandingstechnische problemen. Zelfs in incidentele situaties is er een sterk verhoogd risico op bijvoorbeeld startfalen, brandschade, extra NO<sub>x</sub>-emissie en zelfs directe en langdurige uitval van de gasturbine. In dit verband wordt ter illustratie verwezen naar de ervaringen [34] met een gasturbine-installatie stroomafwaarts van een LNG-plant in het Verenigd Koninkrijk. Hier zijn uitval en onacceptabele variaties in NO<sub>x</sub>-uitstoot vermeld, al voldeed het gas aan de relatief smalle toelatingsspecificaties voor het net, de GS(M)R.

Zo staan deze fuel-specs een maximale variatie rondom de nominale waarde van de Wobbe Index toe van  $\pm 5\%$ . Van de in Hoofdstuk 3 genoemde verwachte H-gas Wobbebanden, valt niet uit te sluiten dat deze deels buiten de toelaatbare 10%-Wobbe-band van individuele gasturbines vallen. De toelaatbare 10% variatie wordt echter met zekerheid overschreden indien de volle Wobbeband volgens de voorgestelde exit-specificaties (bijlage A) gebruikt gaat worden.

Figuur 15 laat als voorbeeld voor het H-gas in de regio Limburg zien dat voor gasturbines afgesteld met een lage gemiddelde Wobbe Index, de acceptabele range voor een turbine binnen het huidige range van H-gas nog wel past. Echter, bij het verwachte toekomstige H-gas valt een deel van de te distribueren gas buiten de acceptabele range van een dergelijk afgestelde turbine. Deze figuur laat tevens zien dat toekomstig H-gas met een Wobbeband volgens de volledige bandbreedte van de voorgestelde exit-specificaties altijd breder is dan de acceptabele bandbreedte van 10%.

Figuur 15. Wobbe-band H-gas regio Limburg versus 10%-Wobbe-band van individuele DLN-gasturbines.



Ook de verwachte snelheid van de Wobbe-verandering overschrijdt de in de fuel-specs meest kritische grenswaarde van 0.1%/seconde.

Voor het H-gas in IJmond bijvoorbeeld, worden fluctuaties van meer dan 2.4 MJ/m<sup>3</sup> verwacht [18] binnen een tijdsduur van ten minste 30 seconden. Dit komt overeen met een veranderingssnelheid van ongeveer 0.15%/seconde, oftewel een 50% overschrijding van de specificatie. Voor het H-gas in Delfzijl verwacht GTS [18] fluctuaties van ten minste 1.8 MJ/m<sup>3</sup>, maar nu abrupt. Onder abrupt moet in elk geval sneller dan 30 seconden worden verstaan. Bij een tijdsduur van 30 seconden overschrijdt deze verandering net de limiet van 0.1%/seconde. Bij een snellere en/of grotere fluctuatie neemt de veranderingssnelheid evenredig toe. Of de snelheid van Wobbevariatie bij G-gas een probleem wordt is niet bekend.

Bij startfalen of uitval ontstaat exploitatieverlies door onvoorziene stilstand en het niet nakomen van de leveringsverplichting. Het European Turbine Network raamde de eenmalige kosten van uitval van een 350 MWe gasturbine-eenheid op meer dan honderdduizend euro. Per dag stilstand zou daar een bedrag tot wel tweehonderdduizend euro aan kosten en opbrengstderving bij kunnen komen. De reparatie van schade loopt snel in de miljoenen euro's met een doorlooptijd van ten minste weken. Bovendien is garantiestelling door de gasturbineleverancier mogelijk in het geding. De NO<sub>x</sub>-emissie kan gedurende langere tijd met factoren toenemen.

*Illustratief voor de grootte van de verwachte veranderingen is de reactie die Essent Productie van Siemens kreeg naar aanleiding van de toekomstige G-gassamenstellingen op de Hoezoandergas-website. Siemens gaf aan dat verantwoorde bedrijfsvoering op deze gassen zeker geen vanzelfsprekendheid is. Ook werd aangegeven dat een onderzoek van ten minste een jaar nodig zou zijn om vast te kunnen stellen welke maatregelen genomen zouden moeten worden.*

Opgemerkt wordt dat de responssnelheid van (de regeling van) een gasturbine op bijvoorbeeld een verandering van de gaskwaliteit beperkt is. Het is dus mogelijk dat het voor sommige turbines fysiek niet mogelijk zal blijken te zijn om de verwachte snelle veranderingen van de gaskwaliteit ordentelijk te accommoderen.

Gasturbines met diffusiebranders zijn minder gevoelig voor de gaskwaliteit, maar ook daar kunnen zich bij marginaal afgestelde gasturbines de voornoemde verbrandingstechnische problemen en gevolgen voor de bedrijfsvoering manifesteren.

#### Hogere koolwaterstoffen, methaan en inerten

Vanwege het werkingsprincipe van DLN-turbines, zijn zij ook gevoelig voor de samenstelling van het gas zelf. Mogelijke voortijdige ontsteking van het gasluchtmengsel (gerelateerd aan kloppen in gasmotoren), (akoestische) onstabieliteit en vlamslag kunnen optreden met een te grote variatie in samenstelling. Als zodanig worden ook in sommige fuel-specs beperkingen in samenstelling worden opgenomen. In turbines die met H-gas gevoed worden versterkt de gevolgen van samenstelling de overeenkomstige gevolgen bij de te grote variaties in Wobbe Index, enz., die boven genoemd zijn. Ook voor sommige verwachte G-gassen overschrijden de fracties aan hogere koolwaterstoffen, inerten en methaan de prevalerende grenswaarden in de fuel-specs.

#### Water- en koolwaterstofdauwpunt

In de workshops is gesteld dat bij sommige gasturbine-installaties nu al condensaatproblemen worden ondervonden. Met name in de huidige en voorgestelde exit-specificaties voor G-gas ontbreken waarborgen tegen een verslechtering van het water- en koolwaterstofdauwpunt. Een dergelijke verslechtering is niet ondenkbeeldig gezien de grotere fractie aan hogere koolwaterstoffen in het toekomstige G-gas. Ook is vooralsnog niet duidelijk of de gewijzigde grenswaarde voor aardgascondensaat in de exit-specificatie voor H-gas een verslechtering of een verbetering betekent.

Condensatie van water of koolwaterstoffen geeft een ernstig risico op verminderde doelmatigheid of zelfs schade en uitval van gasturbines.

### Elektriciteitsvoorziening

In het voorgaande zijn de mogelijke gevolgen op het niveau van de individuele exploitanten beschreven. Het gasturbinepark levert echter ook een belangrijke bijdrage aan de Nederlandse elektriciteitsvoorziening. Het is vanzelfsprekend wenselijk om uitval aan delen van deze voorzieningen door variaties in gassamenstelling te voorkomen.

Zoals onder gasmotoren al werd vermeld, blijkt dat het Nederlandse elektriciteitsproductiepark, dankzij een Europees vangnetsysteem, tegen een instantane, ongeplande en langdurige uitval van opwekvermogen tot 3 GWe bestand zou moeten zijn. Opgemerkt zij nogmaals dat een aantal stakeholders vraagtekens plaatst bij de praktische beschikbaarheid van de hiertoe benodigde primaire en secundaire opvangmaatregelen. Zij geven verder aan dat deze grenswaarde mogelijk aanpassing behoeft in het licht van de in aanbouw zijnde nieuwe (geclusterde) gascentrales.

Vooralsnog heeft de grootste Nederlandse gascentrale (Eemscentrale) een opwekvermogen van bijna 2½ GWe. Er is een scenario denkbaar waarin gelijktijdig met de uitval van de Eemscentrale nog maar een klein aanvullend incident (½ GWe) nodig is om de stabiliteit van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening in gevaar te brengen. Het scenario wordt complexer als meerdere gasgestookte opwekeenheden binnen een kort tijdsbestek 'blijvend' zouden wegvallen, waardoor secundair reservevermogen niet beschikbaar blijkt te zijn.

Zonder uitgebreide scenarioanalyses van het gecombineerde gastransportsysteem en elektriciteitsproductiepark is dan ook geen gefundeerde uitspraak mogelijk over de kans op een gelijktijdige uitval van meer dan 3 GWe, noch over een mogelijk kritische vermindering van het secundaire reservevermogen.

*Samenvattend: het onbeperkt inzetten van de verwachte gassen leidt tot een verminderde beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid van het gasturbinepark in (de-)centrale elektriciteitsopwekking. Er bestaat in dit geval een kans dat individuele (of clusters van) gasturbines door verbrandingstechnische oorzaken regelmatig en/of langdurig teruggeregeld of afgeschakeld moeten worden of zelfs uitvallen. Het bijbehorende exploitatieverlies door stilstand ligt, o.a. afhankelijk van de grootte van de gasturbine-eenheid, in de orde van tien- tot honderdduizenden euro's per dag. In voorkomende gevallen zal ook schade aan bijvoorbeeld de branders optreden waardoor langdurige en kostbare reparaties in de orde van miljoenen euro's per gasturbine-eenheid noodzakelijk zijn. Het is niet evident, maar zonder nader onderzoek ook niet uit te sluiten, dat grootschalige uitval van gasturbine-eenheden de stabiliteit van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening in gevaar kan brengen.*



#### 4.3.6 Acceptabele gasspecificatie voor het gasturbinepark in (de-)centrale elektriciteitsopwekking

AI is het vaak de primaire parameter, zoals boven vermeld gaan de fuel-specs verder dan de Wobbe Index. Ze geven vaak ook grenswaarden voor de calorische waarde, de gasleveringsdruk en -temperatuur, de fracties aan hogere koolwaterstoffen, waterstof en inerten, het gehalte aan zwavel en andere spoorcomponenten, en het water- en koolwaterstofdauwpunt.

Onderstaand wordt besproken welke specificaties gehanteerd zouden moeten worden om te borgen dat het huidige gasturbinepark zonder verdere maatregelen op een acceptabel niveau aan beschikbaarheid, doelmatigheid en veiligheid gehouden kan worden.

##### Wobbe Index

Vanuit het perspectief van het gasturbinepark moet een acceptabele toekomstige Wobbe-band aan twee criteria voldoen.

Ten eerste moet deze Wobbe-band volledig binnen de toelaatbare 10%-Wobbe-band van de individuele gasturbines vallen. Ten tweede moet een Wobbe-sprong over de volle Wobbe-bandbreedte beneden de voor de machines maximaal hanteerbare veranderingssnelheid blijven.

De verwachte *hoezoandergas* en [14, 18]), maar niet gegarandeerde, Wobbe-banden voor de H- en G-gasdistributiegebieden voldoen aan het eerste criterium. Ze zijn allen smaller dan de toelaatbare 10% breedte, maar zoals boven is aangegeven, is het niet zeker of zij volledig binnen de specificatie van individuele turbines vallen.

Het tweede criterium leidt tot nog weer smallere Wobbe-banden. Voor het H-gas in IJmond bijvoorbeeld zou de acceptabele Wobbe-band maximaal ongeveer 1,6 MJ/m<sup>3</sup> zijn om bij een veranderingduur van 30 seconden onder de grenswaarde voor de veranderingssnelheid van 0,1%/seconde te blijven. Voor het H-gas in Delfzijl zou de acceptabele Wobbe-band minder dan 1,8 MJ/m<sup>3</sup> mogen zijn bij een veranderingduur van 30 seconden. Hier worden echter snellere, abrupte Wobbe-sprongen verwacht. De acceptabele Wobbe-band wordt dan naar rato van de kortere veranderingduur nog verder ingeperkt. Voor G-gas is geen verwachting over de tijdsduur van Wobbe-sprongen afgegeven, maar deze mag bij een Wobbe-sprong van bijvoorbeeld 0,6 MJ/m<sup>3</sup> niet minder dan 13 seconden duren om binnen de grenswaarde van 0,1%/seconde te blijven. De acceptabele G-gas Wobbe-band zal naar rato van de daadwerkelijke, maar vooralsnog onbekende veranderingduur minder dan wel meer dan 0,6MJ/m<sup>3</sup> mogen zijn.

Aangenomen mag worden dat de uit het tweede criterium resulterende, relatief smalle Wobbe-banden in de meeste gevallen binnen de 10%-Wobbe-band van de individuele gasturbines zullen vallen.

Het lijkt aanbevelenswaardig om enerzijds de huidige distributiepraktijk te toetsen op praktische waarden voor de duur van Wobbe-sprongen. Anderzijds zou per distributiegebied het gasturbinepark met bijbehorende grenswaarden in kaart gebracht kunnen worden. Uit de combinatie van beiden zou per distributiegebied een acceptabele Wobbe-band bepaald kunnen worden, waarbij het criterium voor de toelaatbare veranderingssnelheid waarschijnlijk leidend zal zijn.

Echter, zonder mitigerende maatregelen en zonder kennis over hoe individuele turbines zijn afgesteld, is het prudent om een specificatie te stellen die de huidige grenzen in de H-band vasthoudt. Omdat deze regionaal verschillend zijn, is een poging gedaan om de verschillende banden te karakteriseren. Hierbij wordt ook opgemerkt dat het formaliseren van een willekeurige verdeling een moeizaam proces is. In het licht van de bespreking in Hoofdstuk 3 over realisaties en de onbekendheid met het gedrag van eindgebruiksapparatuur bij gaskwaliteiten die relatief weinig voorkomen, zijn de onderste en bovenste duizend uren (enigszins arbitrair) als grenzen gebruikt.<sup>13</sup> De resultaten worden in 4.6 weergegeven. Voor deze turbines geldt ook een grens van 0,1%/sec voor veranderingen in de Wobbe Index.

#### Hogere koolwaterstoffen, methaan en inerten

Terwijl de fuel-specs tamelijk ruim zijn voor wat betreft hogere koolwaterstoffen, bestaat er nog onzekerheid over de precieze gevolgen van grote veranderingen in samenstelling bij gebruikers en fabrikanten. In dit verband wordt opgemerkt dat sommige G-gassen op [www.hoezoandersgas.nl](http://www.hoezoandersgas.nl) niet aan de vereiste minimum methaangehalte voldoen.

#### Water- en koolwaterstofdauwpunt

De huidige distributiepraktijk blijkt nu af en toe problemen op te leveren, waarschijnlijk tengevolge van tijdelijke uitschieters. Derhalve zou de 'onderkant' van de huidige distributiepraktijk voorlopig als veilige grenswaarde, zonodig per distributiegebied, gehanteerd kunnen worden. GTS zou informatie over deze distributiepraktijk moeten kunnen verstrekken.

---

<sup>13</sup> Het kan ook zijn dat de manier waarop de LNB met grenzen omgaat dat een extra begrenzing niet nodig is. Bijvoorbeeld, als het resultaat van het omgaan met de grenzen (o.a. ten gevolge van onnauwkeurigheden in het systeem) bij 'Eemshaven' (Fig. 9) overeenkomt met een gespecificeerde range van 49-54 MJ/m<sup>3</sup>, dan is een andere manier van specificatie ook acceptabel. Punt is dat het resultaat is dat de huidige situatie gekenmerkt wordt

#### 4.3.7 **Aanpassingen om de breedste band te accepteren**

Vanwege de technische complexiteit en grote financiële belangen is de betrokkenheid van (specialisten van) de gasturbineleverancier bij (onderzoek naar) modificaties van een gasturbine de norm. De voor een individuele gasturbine-eenheid haalbare mitigerende maatregelen kunnen dan ook alleen na/in zorgvuldige consultatie met de leverancier bepaald worden. Hierbij kan testwerk met bepaalde brander- en regelconfiguraties nodig zijn.

*Verschillende aanpassingen voor individuele turbines:*

Afhankelijk van de individuele situatie kunnen diverse (combinaties van) mitigerende maatregelen nodig blijken. Deze kunnen bestaan uit:

- Monitoring gaskwaliteit;
  - Wobbe- of GC-meting incl. infrastructuur
  - dauwpuntsmeting incl. infrastructuur
  - zwavelmeting incl. infrastructuur
- Gasbehandeling;
  - vloeistofvangens
  - gasvoorverwarming
- Modificatie gasturbine;
  - upgraden/vervangen brandstofdistributiesysteem
  - re-tunen brandersysteem
  - upgraden/vervangen brandersysteem
  - retro-fit combustion monitoring
- Rookgasreiniging;
  - Retro-fit DeNO<sub>x</sub>-installatie

#### 4.4 **Gevolgen voor industriële gastoeepassingen**

##### 4.4.1 **Omvang en diversiteit van toepassingen**

Het industriële gasverbruik in Nederland bedraagt ca. 17 miljard m<sup>3</sup> per jaar (exclusief krachtopwekking). Het grootste gedeelte daarvan wordt ingezet als brandstof; een relatief klein gedeelte wordt gebruikt als grondstof in de chemische industrie.

In de industrie is een veelheid aan gasverbruiktoestellen in gebruik. Verreweg het grootste deel als brander, die gebruikt worden in o.a. ketelinstallaties, ovens, fornuizen, drogers en heteluchtkanonnen. Deze installaties worden gebruikt voor het fabriceren van o.a. keramiek, cement en voor het fabriceren en behandelen van metalen zoals staal.

Naast de veelheid aan toepassingen, onder een veelheid aan bedrijfscondities, is er ook een grote diversiteit aan merken, typen, vermogens, regelingen en beveiligingen, waardoor er nauwelijks gelijke brander/toestel combinaties te vinden zijn.

Niet alle apparatuur is 'gesloten', waarbij verbrandingslucht van buiten wordt betrokken en de verbrandingsgassen naar buiten worden afgevoerd. Er is ook een groot aantal open branderinstallaties in bedrijf die de verbrandingslucht uit de stookruimte betrekken en verbrandingsgassen daarnaar terugvoeren. In dit geval kunnen de verbrandingsgassen in direct contact komen met fabricageproducten (bijvoorbeeld voedingsmiddelen) of kunnen worden ingeademd. Veel ketelbranders zijn in gebruik in de glastuinbouw. Verbrandingsgassen worden dan vaak gebruikt voor CO<sub>2</sub>-bemesting van gewassen.

Naar schatting zijn in Nederland meer dan 150.000 grote en kleine branderinstallaties in gebruik. Het exacte aantal is niet bekend.

Voor installaties groter dan 100 kW is het verplicht minimaal eens in de 4 jaar periodieke keuring en zonodig afstelling te laten uitvoeren in SCIOS verband.

Een andere groep gasverbruikers zet aardgas om in andere chemische producten, zoals ammoniak, kunststof en industriële gassen. Dit zijn de zogenoemde feedstockers of grondstoffers. Door grondstoffers wordt vaak gebruik gemaakt van zeer grote procesinstallaties (kraakinstallaties, katalysatoren en fornuizen), waarin de bruikbare aardgasmoleculen worden afgescheiden en omgevormd. Veranderende gassamenstelling zal van invloed zijn op de hoeveelheid bruikbare grondstoffen die uit het aardgas kan worden betrokken en dus op de productiecapaciteit en het procesrendement. Ook kan een nu nog sporadisch voorkomend component als zwavel leiden tot vervuiling/vergiftiging van bepaalde installatieonderdelen.

*Vanwege de grote diversiteit van de toepassingen en de relatieve onbekendheid met de problematiek van een groot aantal stakeholders, is het moeilijk om de effecten van veranderende gaskwaliteit op voorhand te kwalificeren, laat staan kwantificeren. Tijdens de beide workshops is samen met de stakeholders getracht een zo volledig mogelijke inventarisatie te maken van de te verwachten problemen bij (abrupte) veranderingen van de gaskwaliteit. Hierbij moet worden opgemerkt dat niet alle industrieën vertegenwoordigd waren en dat er in de loop van de tijd wellicht nog onvermoede effecten zullen worden gesignaleerd. Door het gebrek aan informatie is een statistische methode gevolgd [35] in een poging de range van mogelijke gevolgen te inventariseren, alsook de mogelijke verliezen te schatten. Eindgebruikers in de workshops hebben hun twijfels geuit over de adequaatheid van deze benadering. De enige betrouwbare manier om de consequenties kwantitatief te inventariseren is bij elke installatie langs te gaan.*

Ondanks deze onzekerheid kan wel worden aangegeven door welke aspecten de grootste effecten van veranderingen in gaskwaliteit te verwachten zijn. Voor verbrandingsinstallaties zijn dit de veranderingen in Wobbe Index en verhoging fractie hogere koolwaterstoffen. Voor procesinstallaties, naast de Wobbe Index en hogere koolwaterstoffen, kan een wijziging in zwavelgehalte een belangrijke invloed hebben. Hierbij wordt verder opgemerkt dat voor de H-gasinstallaties de enige wijzigingen t.o.v. de huidige situatie betrof die naar de 'verwachte' samenstellingen [14, 18], zoals boven zijn besproken.

#### 4.4.2 Gevolgen branderinstallaties

##### Effecten van verhoogde en veranderlijke Wobbe Index

Bij het veranderen van de gaskwaliteit in een mate die boven de momenteel gebruikelijke variaties uitstijgt, kunnen bij industriële installaties zowel de persoonlijke veiligheid van medewerkers en andere omstanders, als de exploitatiekosten onder druk komen te staan.

Er zijn geen gegevens bekend ten aanzien van het huidige aantal CO-gerelateerde incidenten in de industrie. Voor zover bekend hebben zich hier, althans de afgelopen jaren, geen (dodelijke) ongevallen tengevolge van CO-vergiftigingen voorgedaan. Naast een afwijkende gaskwaliteit kan ook een slechte afstelling of achterstallig onderhoud van de brander of een combinatie daarvan tot problemen leiden, ook met de momenteel gangbare gaskwaliteiten.

De breedte van de huidige en toekomstige Wobbe-band in de G-gasmarkt bedraagt ongeveer  $\pm 1\%$ . Industriële branders zijn over het algemeen zodanig ontworpen dat zij een Wobbe-band van  $\pm 5\%$  aankunnen. Er is dus sprake van een behoorlijke veiligheidsmarge. Door branderleveranciers wordt echter aangegeven dat deze operationele ruimte ook momenteel al volledig wordt benut voor het opvangen van afwijkende omstandigheden zoals:

- Onnauwkeurigheden bij het afstellen van de branders;
- Onnauwkeurigheden in regelingen (indien van toepassing);
- Ongunstige inbouwcondities van de brander (zoals afwijkende gas- en verbrandingsluchttemperatuur);
- Vervuiling en achterstallig of gebrekkig onderhoud.

Bovendien worden branders vaak afgesteld om met een zo gering mogelijke luchtvermaat te werken (dat wil zeggen met een optimaal toestelrendement), waardoor de marge naar één zijde wordt opgebruikt.

Uit het bovenstaande mag worden afgeleid dat niet alle gastoestellen en branderinstallaties in de G-gasmarkt zullen worden beïnvloed door variaties van de Wobbe Index, zolang deze binnen de gestelde bandbreedte blijven. Door bovengenoemde oorzaken zullen naar schatting tussen de 10 en 30% van de branders mogelijk slechter gaan werken, waarbij de gevolgen kunnen zijn:

- Een verhoging van de CO-emissie;
- Snellere vervuiling van de installatie en/of product door roet;
- Frequentere uitval van de installatie;
- Rendementsverlaging.

Hierbij moet worden opgemerkt dat vooral lage-NO<sub>x</sub> branders in verband met hun toch al kritische afstelling naar verwachting extra gevoelig voor kwaliteitsvariaties zullen zijn.

In de H-gasmarkt ligt de situatie anders. Hier bedraagt de voorgenomen operationele (en in sommige gebieden de huidige) bandbreedte van de Wobbe Index  $\pm 5\%$ . Dit is ongeveer het uiterste van wat de branderinstallaties nog aankunnen. Er is dan geen marge meer voor het mitigeren van afwijkende omstandigheden (zie boven). Het feitelijke gedrag zal afhangen van de wijze van afstelling. Indien deze zijn afgesteld voor minimum luchtvermaat bij de meest voorkomende Wobbe Index, kan dit resulteren in luchttekort bij hogere Wobbe gassen en een significant hogere luchtvermaat bij lagere Wobbe gassen. Luchttekort leidt tot zeer hoge CO-emissies, veiligheidsrisico's (in verband met nog brandbare uitlaatgassen) en mogelijk productschade door 'reducerend stoken'. Een grotere luchtvermaat leidt tot rendementsverlies. Het lijkt dan ook aannemelijk dat veel branders (periodiek) slechter zullen gaan presteren dan tegenwoordig indien de Wobbe-band volledig zal gaan worden benut. Het betreft hier naar schatting 60 tot 90% van alle in gebruik zijnde branderinstallaties.

De meeste branderregelingen en beveiligingen zijn gebaseerd op een lineair verband tussen Wobbe Index en luchtvermaat. De vraag rijst in hoeverre dit blijft over een grotere Wobberange. Openbare bronnen [36] melden dat vooral bij modulatie dit verband door hysteresis in de regeling tot significante afwijkingen in de ingestelde gasluchtverhouding kan leiden. Grotere uitslagen in luchtvermaat kunnen bovengenoemde effecten op schadelijke emissies en stabiliteit van de verbranding substantieel vergroten.

Door een verhoogde Wobbe Index neemt de thermische belasting van toestellen toe. Dit resulteert in hogere vuurhaardtemperaturen en zal de vorming van thermische NO<sub>x</sub> bevorderen. De verwachting is dan ook dat de NO<sub>x</sub>-emissie van branderinstallaties zal gaan toenemen indien de gemiddelde Wobbe Index zal stijgen. De mate waarin de NO<sub>x</sub>-emissie stijgt zal afhangen van de individuele constructie van de brander in combinatie met de geometrie van de installatie waarin deze is ingebouwd.

#### Effecten van meer hogere koolwaterstoffen in aardgas

Een grotere fractie hogere koolwaterstoffen kan leiden tot meer roetvorming (G- en H-gassen). Analogie aan de situatie bij huishoudens, wordt roetvorming bevorderd door hogere koolwaterstoffen en is het een intrinsieke eigenschap van de samenstelling.

Omdat de meeste industriële branderinstallaties een ander werkingsprincipe hebben dan huishoudelijke branders, is het op dit moment onzeker hoe sterk dit effect zal optreden in verschillende processen. Echter, evenals bij sfeerhaarden, onder condities waarbij de verbranding opzettelijk dicht bij de roetgrens is afgesteld, kan een rijker gas kan tot ongewenste roetdepositie in het systeem leiden.

Door snel variërende concentraties hogere koolwaterstoffen (zelfs bij gelijkblijvende Wobbe Index) zal de calorische waarde van het gas minder stabiel worden. Dit kan negatieve gevolgen hebben bij het gebruik van trage branderregelingen. Het is mogelijk dat de temperatuur in een nageschakeld proces minder goed in de hand kan worden gehouden, waardoor bijvoorbeeld productschade kan ontstaan.

Ook is het mogelijk dat door een grotere fractie hogere koolwaterstoffen de vorming van etheen wordt beïnvloed. Indien verbrandingsgassen met hoge concentraties etheen worden gebruikt bij CO<sub>2</sub>-bemesting in de glastuinbouw, dan kan dat gevolgen hebben voor het gewas.

#### Effecten van mogelijke verhoogde zwavelfracties in aardgas

Een meer praktisch probleem betreft de neerslag van 'vrije zwavel' in verbrandingsinstallaties wat op termijn tot corrosie en storingen kan leiden. Parkbreed is het onbekend welke en hoe groot de effecten van deze verschijnselen zullen zijn.

### 4.4.3 **Gevolgen voor procesinstallaties**

#### Effecten van verhoogde en veranderlijke Wobbe Index

Indien aardgas als grondstof wordt gebruikt, zijn niet zozeer de verbrandingseigenschappen, als wel de samenstelling van het gas van belang. Behalve in die gevallen waarbij tijdens het productieproces ook wordt gestookt met aardgas (boven besproken), zijn de effecten van een veranderende Wobbe Index met de huidige kennis niet eenduidig vast te stellen.

#### Effecten van verhoogde concentratie CO<sub>2</sub> en/of hogere koolwaterstoffen in aardgas

CO<sub>2</sub> is een inert gas dat geen toegevoegde waarde heeft in de meeste procesinstallaties van feedstockers en kan daarom worden beschouwd als ballast. In welke mate een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie van invloed zal zijn op de prestaties van een procesinstallatie zal volledig afhangen van het doel en werkingsprincipe daarvan. Indien een verhoogde CO<sub>2</sub>-concentratie qua Wobbe Index wordt gecompenseerd met een verhoogde concentratie hogere koolwaterstoffen, dan zal het de vraag zijn of deze hogere koolwaterstoffen inderdaad (volledig) nuttig gebruikt kunnen worden. Wat wel kan worden verondersteld is dat een dergelijke procesinstallatie een verhoogde CO<sub>2</sub>-uitstoot zal hebben.

Veel van dergelijke installaties zijn uitgerust met CO<sub>2</sub>-verwijderingsinstallaties, die extra belast zullen worden en het de vraag is of deze het extra aanbod kunnen verwerken.

Door één werkgroep is onderzoek gedaan naar de effecten van de veranderende gassenstelling (naar de 'verwachte' range) op o.a. de productiecapaciteit van een aantal procesinstallaties [37]. Volgens opgave bedroeg de toename van het procesgasverbruik ca. 5%. Het is niet bekend of een dergelijke waarde representatief is voor alle feedstockers. Één en ander zal afhangen van het productieproces. Daarnaast zal mogelijk ook schade ontstaan door een afgenomen productiecapaciteit van de betreffende installatie.

Naast een toegenomen gebruik van procesgas is ook geconstateerd dat het stookrendement van de installaties met 4% zal afnemen. Omdat ook de representativiteit hiervan voor andere feedstockers niet kon worden vastgesteld, wordt er in de schattingen van uitgegaan dat het stookrendement met gemiddeld 2% zal afnemen.

Naast het toegenomen procesgasverbruik en verlaagde stookrendement is ook aangegeven dat bij een groter aandeel hogere koolwaterstoffen er kans bestaat op (meer) roetvorming op bepaalde katalysatoren, waardoor de levensduur daarvan zal worden verlaagd. Het effect is niet gekwantificeerd, maar zal bij de schatting van de schadebedragen worden meegenomen in de effecten tengevolge van toenemende zwavelconcentraties (zie onder).

Als gevolg van een variërende concentratie hogere koolwaterstoffen, zal de calorische waarde mee gaan variëren, ook bij gelijkblijvende Wobbe Index. Hierdoor zal het moeilijker zijn om de temperatuur van bepaalde processen in de hand te houden, zeker indien trage regelingen worden gebruikt. Kwaliteitsverlies en productuitval zullen mogelijk het gevolg zijn, maar de schade hierdoor is zonder nader onderzoek niet te kwantificeren.

#### Effecten van verhoogde zwavelconcentraties

Zwavel kan schade aanrichten aan katalysatoren die gebruikt worden door feedstockers. Door vergiftiging van het katalysatormateriaal neemt de capaciteit daarvan af en zal de productiecapaciteit verlaagd worden. Katalysatoren dienen dan versneld vernieuwd te worden. Alhoewel GTS geen operationele verhoging van de zwavelgehalte verwacht, geven de nu geldende Exitcodes op dit punt echter geen zekerheid.

Indien door feedstockers uit voorzorg ontzwavelingsinstallaties worden toegepast, zullen deze bij verhoogde zwavelconcentraties in het aardgas zwaarder belast worden. Het is de vraag of bij het ontwerp van de installaties rekening is gehouden met een groter aanbod dan in het verleden is gerealiseerd.



Indien geen maatregelen worden genomen, kunnen installaties worden aangetast (corrosie) en kan de productiecapaciteit afnemen.

Er wordt aangenomen dat een productiedaling van 2% kan plaatsvinden en dat de extra waardevermindering van de installaties 2% per jaar bedraagt.

#### 4.4.4 Welke specificaties waarborgen het gedrag van industriële installaties

Voor Wobbe Index, evenals bij de turbines, zonder mitigerende maatregelen en zonder kennis over hoe individuele turbines zijn afgesteld, is het prudent om een specificatie te stellen die de huidige grenzen in de H-band vasthoudt. Omdat deze regionaal verschillend zijn, is een poging gedaan om de verschillende banden te karakteriseren. In het licht van de bespreking in hoofdstuk 3 over realisaties en de onbekendheid met het gedrag van eindgebruiksapparatuur bij gaskwaliteiten die relatief weinig voorkomen, zijn de onderste en bovenste duizend uren (enigszins arbitrair) als grenzen gebruikt. Deze resultaten worden in 4.5 gerapporteerd.

#### 4.4.5 Aanpassingen om de breedste band te accepteren

Er bestaan in principe drie generieke mogelijkheden voor aanpassing van de installaties, vooral voor brandertoepassingen, te weten:

- Wijziging van de afstelling
- Modificatie aan de installatie en/of regeling<sup>14</sup>
- Vervanging van de installatie

Voor feedstocktoepassingen kunnen een veelheid aan specifieke maatregelen nodig zijn [37], zoals het installeren van een 'pre-reformer' om hogere koolwaterstoffen te kraken (om roetvorming te voorkomen), aanvullende procescontrolsystemen en flowmetingen.

### 4.5 Tabel met mogelijke specificaties voor waarborging huidige niveau

In aanvulling op bovenstaande beschouwing van de gevolgen van variaties in gaskwaliteit, wordt in de onderstaande tabellen een stelsel parameters weergegeven, dat redelijkerwijs de veiligheid en doelmatigheid van de apparatuur bij de eindgebruikers waarborgt, voor het geval dat er nog geen verdere maatregelen bij de eindgebruiker zijn getroffen. Tabel 3 bevat de waarden voor G-gassen. Deze tabel heeft als uitgangspunt de specificatie die bij de distributie in het verleden 85% van de tijd gerealiseerd is.

---

<sup>14</sup> Door het aanbrengen van een gas/luchtverhoudingsregeling kan de afname van het rendement worden beperkt en soms zou kunnen toenemen t.o.v. de huidige situatie.

Omdat voor veel toepassingen de effecten samenhangen met de periode dat deze 85% waarde wordt overschreden, kan overwogen worden om deze tabel aan te vullen met een overschrijdingsmodel zoals in elektriciteitsdistributie gebruikelijk is. Hierin wordt dan de verdeling van de toegestane waarden vastgelegd. Bijvoorbeeld<sup>15</sup>: PE dient 85% van de tijd lager te zijn dan 3,7, 98% van de tijd lager dan 4,6 en 99,7% van de tijd lager dan 5,6 én nooit boven de 6,1 te komen. Ook voor de andere parameters van Tabel 3 kunnen vergelijkbare overschrijdingsmodellen gehanteerd worden. Daarnaast kunnen er grenzen worden vastgelegd voor de jaarlijks gemiddelde waarde. Dit is bijvoorbeeld relevant voor de zwavelemissie. Hierbij wordt opgemerkt dat een PE van 4 bij de range van gassen die tot dusver geanalyseerd zijn automatisch een Methaangel van ca. 85 (AVL) impliceert. In de tabel is tevens een specificatie van de leveringsdruk voor 25 mbar aansluitingen opgenomen omdat deze specificatie bij de CE markering een belangrijke rol speelt (zie par 3.3.1). Een toepassingsspecificatie moet alle relevante aspecten voor de veilige toepassing afdekken. Daarbij moet gedacht worden aan, naast de in Tabel 3 genoemde aspecten, grootheden als dauwpunten, sporenelementen, zware metalen en toxische componenten.

Tabel 3: Pseudo-G-gassen

Parameter	Eenheid	Waarde
Wobbe Index bandbreedte	[MJ/Nm <sup>3</sup> ]	43.46-44.41
Methaangel, MN (AVL)	[-]	≥85
Propaan-equivalent (PE)	[-]	≤3-4
Totaal zwavel (incl. THT)	[mg/m <sup>3</sup> ]	Huidig niveau in praktijk
Snelheid van Wobbe variaties	[MJ/m <sup>3</sup> /s]	≤0.1
Snelheid van methaangel variaties	[MN/s]	≤10 MN/30s (0.3MN/s)
Leveringsdruk bij 25 mbar aansluitingen	[mBar]	23,7 -32*

\* NEN 7244-1 Gasvoorzieningsystemen -Leidingen voor maximale bedrijfsdruk tot en met 16 bar - Deel 1: Algemene functionele eisen. Bij de bepaling van de druk is rekening gehouden met een drukval van de huisaansluiting en de gas meter van maximaal 1,3 mBar. Met de gebruikelijke drukval in de binneninstallatie leidt dit tot een toestelvoordruk van 20 tot 30 mBar conform de EN437

De hier voorgestelde exit-specificatie is wat de Wobbe Index betreft gelijk aan de voorgestelde entry-specificatie LNB en de entry-specificatie RNB (zie bijlage A.1).

In tabel 2 worden waarden voor apparatuur aan het H-net voorgesteld die redelijkerwijs de veiligheid en doelmatigheid van de apparatuur bij de eindgebruikers waarborgt.

<sup>15</sup> Bij dit voorbeeld zijn de verdelingen over de vier gebieden in Fig. 6 ongewogen gesommeerd en zijn deze waarden van het resultaat afgeleid.

Ook hier voor het geval dat er nog geen verdere maatregelen bij de eindgebruiker zijn getroffen. Hierbij is, zoals boven is besproken, een schakering aangebracht omwille van de bestaande regionale verschillen. In Tabel 4 is geen specificatie voor MN opgenomen omdat er verwacht wordt dat er verhoudingsgewijs weinig motoren zijn op het H-net.

Tabel 4: H-gassen

Parameter	Eenheid	Regio	Waarde
Wobbe Index bandbreedte	[MJ/Nm <sup>3</sup> ]	Rotterdam	52.0-54.0
		IJmond	50.3-53.2
		Limburg	50.5-52.6
		Eemshaven	49.2-53.7
		Delfzijl	51.5-53.7
Methaangehalte, MN	[-]	Nederland	n.v.t.
PE (voor H- afnemers)	[-]	Rotterdam	≤ 6
		IJmond	≤ 7
		Limburg	≤ 7
		Eemshaven	≤ 8
		Delfzijl	≤ 8
PE voor conversie naar G-gas	[-]	Conversie	≤ 4-5
Totaal zwavel	[mg/m <sup>3</sup> ]	Nederland	Huidig niveau in praktijk
Snelheid van Wobbe-variaties	[MJ/Nm <sup>3</sup> /s]	Nederland	≤0.05 MJ/Nm <sup>3</sup> /s

Noten: Snelheid van Wobbe-variaties is ingegeven door strengste specificatie van turbinefabrikant. Overige zwavel in niet-geodoriseerd gas dient op huidig distributieniveau te blijven. Er wordt uitgegaan van een verdunning van ca. 20% met stikstof bij de conversie van H-gas naar G-gas.

#### 4.6 **Gevolgen voor eindgebruikers: concluderende opmerkingen**

In dit hoofdstuk zijn de gevolgen voor de eindgebruikers geïnventariseerd van wijzigingen in de gassamenstellingen, gegeven de door de gezamenlijke netbeheerders uitgesproken verwachtingen. Indien deze gassen daadwerkelijk aan eindgebruikers worden geleverd, zonder dat er maatregelen worden genomen om deze gevolgen te beperken, leidt dit o.a. tot:

- Een verhoging van het risico van persoonlijk letsel van individuele consumenten door verhoging van de CO-emissies en een ernstige vermindering van de doelmatigheid van sommige consumentenapparatuur door roetvorming
- Uitval en mogelijke fysieke schade aan apparatuur die een significante bijdrage levert aan de Nederlandse elektriciteitsvoorziening
- Verliezen aan productiecapaciteit en energetisch rendement in de industrie
- Mogelijke persoonlijke letsel in industriële omgevingen
- Verhoging van de emissies van NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub>

De aard en omvang van deze gevolgen, alsmede de kosten die de gevolgen met zich meebrengen, leidt tot de conclusie dat zonder het treffen van maatregelen om de gevolgen te mitigeren de volledige verwachte bandbreedte niet kan worden benut.

## 5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit deze deelrapportage komen de volgende conclusies naar voren:

Een relevant deel van het huidige apparatuurpark is niet in staat alle nieuwe verwachte gassen zonder verdere maatregelen veilig en doelmatig te gebruiken. Dit houdt in dat er een transitietraject noodzakelijk is om Nederland op de nieuwe gassen voor te bereiden. De transitie maatregelen en de mogelijke transitieroutes maken geen deel uit van deze deelrapportage.

In hoofdstuk 4.5 is een indicatie gegeven van de gaskwaliteiten die het huidige apparatenpark zonder modificatie aan moet kunnen. Dit zou een richtsnoer kunnen zijn voor de operationele bandbreedte gedurende de overbruggingsperiode, totdat de transitie maatregelen zijn doorgevoerd.

Het Nederlandse apparatenpark is, vergeleken met ons omringende landen, ingericht op een relatief smalle bandbreedte. Deze smalle bandbreedte is voor Nederland lang een voordeel geweest omdat er in feite slechts een hoofdbron van aardgas was, het Groningengas. In deze studie komt naar voren dat naarmate landen voor hun gasvoorziening een grotere diversiteit van bronnen gebruiken, zij het apparatenpark voor een grotere bandbreedte inrichten.

Een belangrijk instrument dat de ons omringende landen gebruiken om het apparatenpark in te richten voor een brede bandbreedte is de Europese Gastoestellenrichtlijn. Lidstaten kunnen voor hun land met dit instrument specificeren voor welke gaskwaliteit en bandbreedte nieuw op markt te brengen toestellen geschikt moeten zijn. Als voorbeeld verlangen zowel Duitsland als Frankrijk voor hun land dat de apparaten een bredere band aan moeten kunnen. Zij verlangen zelfs dat toestellen eenvoudig moeten kunnen worden aangepast om geschikt te zijn voor de toepassingen van zowel laagcalorisch gas als hoogcalorisch gas. Omdat niet alle gastoeepassingen onder deze richtlijn vallen, hebben deze landen soms ook nationale eisen voor de toepassingen die niet onder deze richtlijn vallen.

Los van de transitie maatregelen, die nog onderwerp zijn van verdere studie, adviseren Kiwa en KEMA in ieder geval ook voor Nederland een beleid in te zetten om van nieuwe gastoeepassingen te verlangen dat zij geschikt zijn voor een bredere band dan de huidige.

Zowel de huidige netcodes als de informatie op [www.hoezoandergas.nl](http://www.hoezoandergas.nl) bevatten onvoldoende specificaties om de afnemers van het gas in staat te stellen bij de aanschaf van hun applicatie een toekomstbestendige investering te doen.

Het verdient aanbeveling om dergelijke toepassingsspecificaties (desnoods per netdeel of afnemer) vast te stellen. Dergelijke specificaties bieden zowel de leveranciers van gas als hun afnemers de duidelijkheid die bij een goede afnemer/leveranciersverhouding past. De vast te stellen toepassingsspecificaties dienen een goede samenhang te hebben met de overige wet- en regelgeving, waaronder de keuringseisen uit de gastoestellenrichtlijn.

## REFERENTIES

1. Gastransport Services, rapportage 'Voorzieningszekerheid Gas 2010', 28 mei 2010
2. J.D. Moxley, Gas Processors' Association, presentatie FERC Workshop, 18 februari, 2003. [www.ferc.gov/eventcalendar/files/20040217162815-GPA.pdf](http://www.ferc.gov/eventcalendar/files/20040217162815-GPA.pdf)
3. zie verslagen van European Gas Regulatory Forum, Madrid  
[http://ec.europa.eu/energy/gas\\_electricity/forum\\_gas\\_madrid\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/forum_gas_madrid_en.htm)
4. European Association for the Streamlining of Energy Exchange-gas (EASEE-gas), Common Business Practice 2005-001/01, 2005
5. Department for Business Enterprise & Regulatory Reform (BERR), Future Arrangements for Great Britain's Gas Quality Specifications (A Public Consultation), 29 December 2005. En het vervolgdocument: Government Response to Consultation on Future Arrangements for Great Britain's Gas Quality Specifications, November 2007.
6. Mandate to CEN for standardisation in the field of gas qualities, M/400 EN 16 januari 2007
7. R.K. Cheng and H.B. Levinsky, "Lean Premixed Burners", in *Lean Combustion: Technology and Control*, D. Dunn-Rankin, Ed., Academic Press (Elsevier, Amsterdam), 2008.
8. J.A Rijnaarts, Eindrapport Gaskwaliteit en Verbranding, GASTEC, November 1996.
9. CEN/TC 238, EN437 Test Gases-Test Pressures-Appliance Categories, 2006.
10. B..C. Dutton, A New Dimension to Gas Interchangeability, Communication 1246, The Institute of Gas Engineers, 1984.
11. Marcogaz Working Group on Gas Quality, National Situations Regarding Gas Quality, UTIL-GQ-02-19, 2002.
12. T.B. Jannemann, The Significance of Gas Quality for the Conformity Assessment of Gas Appliances, presentation at Marcogaz Workshop on Gas Quality, Paris, December 2005.
13. D.L. van Oostendorp and H.B. Levinsky, "The Effects of Fuel and Non-Fuel Gases on the Laminar Burning Velocity of Methane-Air Flames", *Journal of the Institute of Energy* Vol. 63, 1990, pp. 160-166.
14. Gastransport Services, Fluctuaties in Gaskwaliteit, document geleverd in Workshops, 17 september 2010.
15. ILEX Energy Consulting, Importing Gas into the UK-Gas Quality Issues, ILEX-rapport 005GasQualityPublicv4\_1.doc, November 2003.
16. IGU Programme Committee D1: LNG Quality and Interchangeability, Triennium Report 2006-2009, World Gas Conference 2009
17. AVL Methane (version 3.2), AVL List GmbH, Graz, Oostenrijk
18. Gastransport Services, Variatie in Gaskwaliteit op Urbasis, document geleverd in Workshops, 28 september 2010
19. Gastransport Services, Reader: Toename Diversiteit Aanbod Internationale Gassen, April 2009.

20. A. Oonk, F. van Dijk en J. de Graaf. Geen problemen met de materialen in condenserende toestellen bij gebruik van aardgas met huidig zwavelgehalte, Verwarming en ventilatie, September 1999.
21. E.R. Weaver, Formulas and Graphs for Representing the Interchangeability of Fuel Gases, Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 46, p.213, 1951.
22. H. Levinsky, Interchangeability of LNG in Pipeline Markets: Consequences for End-Use Equipment Based on First Principles, Global LNG Interchangeability Conference, September 2006, Houston, TX, U.S.A.
23. H. Levinsky, Experimenteel Onderzoek Naar de Invloed van Gassamenstelling op de CO-Emissies van een Aantal Huishoudelijke Toestellen, KEMA-rapport GCS-10.R.31059, 25 juni 2010.
24. T. Williams, G. McKay en M Brown, Assessment of the Impact of Gas Quality on the Performance of Domestic Appliances (A Pilot Study), Advantica-rapport R 7409, July 2004.
25. TIAX LLC, LNG Interchangeability Assessment for Washington Gas Light's Service Area, Cove Point 1-2003-07-07 Tariff Report, 2003
26. A.C. van der Loop en R.A. Wijbrans, Landelijke Steekproef 1994-1996, GASTEC-rapport HGT/1446/Wns/115.V, 1996.
27. H.J.M. Rijkkema, Gasinstallatieongevallen 2009, Kiwa-rapport VGI/398/Rpk, 2010.
28. H.B. Levinsky, Consumer Appliance Population Raises Issues In Gas Interchangeability Testing, *Pipeline and Gas Journal*, January 2008, pp. 66-70
29. S. Gersen en H. Darmeveil, Roet- en CO-Metingen in een Sfeerhaard, KEMA-notitie 21-10-2010.
30. NO<sub>x</sub>-Metingen aan een Aantal Huishoudelijke Toestellen, addendum op KEMA-rapport GCS-10.R.31059, 25 juni 2010.
31. M. van Rij, De Buitenlandse Distributieregels in Relatie met de Limit Gases, Memo vrij/dr/23110/16, 23 september 2010.
32. Gas Safety (Management) Regulations 1996, (wetgeving Verenigde Koninkrijk) no. 551
33. A. Teakaram, J. Parker, A. Topaltziki, A. Fletcher en C. Kingswood, Assessment of Gas Quality on Domestic Appliances, BSRIA-rapport 19299/1, December 2005.
34. S. Gordon, Gas Quality – Issues for Generators, Scottish Power presentatie tijdens DTI Gas Quality Seminar, Maart 2006.
35. R. Mellema, Uitwerking Gevoeligheidsanalyse Economische Schade, document geleverd in workshops, November 2010.
36. SenterNovem, Stooktechnologie  
<http://gasunie.eldoc.ub.rug.nl/FILES/root/2004/2960910/2960910.pdf>
37. F. Raeymaekers, Aangekondigde kwaliteitsveranderingen van hoogcalorisch aardgas–gevolgen voor de ammoniakfabrieken van OCI Nitrogen



## BIJLAGE A.1 SAMENVATTEND OVERZICHT G-GAS

- Gaskwaliteitseisen volgens de Gasvoorwaarden (onderdeel van de voorwaarden als bedoeld in artikel 12b van de Gaswet)
- Voorstel Netbeheerders Invoedvoorwaarden Gas - LNB en wijziging Aansluitvoorwaarden Gas
- Limietgassen volgens EN 347

G - GAS							
Parameter	Aansluit- en transportvoorwaarden Gas - RNB	Aansluit- en transportvoorw. Gas - RNB (invoeding)	Netkoppellingsvoorwaarden Gas - LNB	Aansluitvoorwaarden Gas - LNB	Aansl. Voorw. Gas - LNB (VOORSTEL)	Invoedingsvoorw. Gas - LNB (VOORSTEL)	Limietgassen LNB
	Gasvoorwaarden EXIT RNB	Gasvoorwaarden ENTRY RNB	Gasvoorwaarden TRANSIT LNB RNB	Gasvoorwaarden EXIT LNB	Voorstel EXIT LNB	Voorstel ENTRY LNB	EN437 2009
Wobbe-index [MJ/m <sup>3</sup> (n)]	43,46 - 44,41	43,46 - 44,41	43,46 - 44,41	43,44 - 47,11	43,46 - 47,00	43,46 - 44,41	41,2 - 47,3
- speciale eis RNB's							
Calorische bovenwaarde							32,7 - 38,9
Relatieve dichtheid [ - ]					0,555 - 0,700		0,612 - 0,678
Methaangehalte		> 80					
CH dauwpunt bij 80 Bar							
PE waarde (equivalent propaan gehalte)							0 - 7
Waterstof [mol %]		< 12					0
Koolstofdioxide [mol %]		< 6				< 0,02	0
Zuurstofgehalte [mol %]	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5 (RTL)	
Anorganisch zwavel H <sub>2</sub> S [mg/m <sup>3</sup> (n)]	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Alkylthiolen S-gehalte [mg/m <sup>3</sup> (n)]	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 6	
THI [mg/m <sup>3</sup> (n)]	> 10	> 10	> 10	> 10	10 - 36	0	
Totaal zwavelgehalte [mg/m <sup>3</sup> (n)]	< 45	< 45	< 45	< 45	< 30	< 30	
Vloeiende substantie en stof	-	technisch vrij	technisch vrij	technisch vrij			
Waterdauwpunt (bij geleverde druk) [C]	-	< -10 (8 bar)	-	-			
Condenseerdauwpunt (bij geleverde druk) [C]	-	-	-	-			
Siloxanen [ppm]		< 5					
Aromatische koolwaterstoffen [mol %]		< 1				< 0,025	
Netkoppellingsvoorwaarden Gas - LNB	Bepalingen t.b.v. de overeenkomst tussen de netbeheerder van het landelijk gasnet en de regionale netbeheerder						
Aansluitvoorwaarden Gas - LNB	Idem, t.b.v. netbeheerder landelijk gasnet en aangesloten (centrales en industrie)						
Aansluit- en transportvoorwaarden Gas - RNB	Idem, t.b.v. regionale netbeheerders en aangesloten, alsmede regionale netbeheerders onderling						
Limietgassen volgens EN 347	extreme testgassen waar een test bij de keuring aan wordt onderworpen						

## BIJLAGE A.2 SAMENVATTEND OVERZICHT H-GAS

- *Gaskwaliteitseisen volgens de Gasvoorwaarden (onderdeel van de voorwaarden als bedoeld in artikel 12b van de Gaswet)*
- *Voorstel Netbeheerders Invoedvoorwaarden Gas - LNB en wijziging Aansluitvoorwaarden Gas*
- *Limietgassen volgens EN 347*

Parameter	H - GAS			Limietgassen I2H	Limietgassen I2E	
	Aansluitvoorwaarden Gas - LNB	Aansluitvoorwaarden Gas - LNB (VOORSTEL)				Invoedingsvoorwaarden Gas - LNB (VOORSTEL)
	Gasvoorwaarden	Voorstel				Voorstel
	EXIT LNB	EXIT LNB		ENTRY LNB	EN437 2009	EN437 2009
Wobbe-index [MJ/m3(n)]	47,00 - 57,50	48,3 - 57,20	Europoort	49,9 - 54,0	48,3 - 57,8	43,2 - 57,8
- speciale eis RNB's		48,3 - 56,92	Z- en N-Holland			
		47,0 - 56,92	Overige prov.			
Calorische bovenwaarde				39,5 - 44,0	33,6 - 47,8	33,6 - 47,8
Relatieve dichtheid [ - ]		0,555 - 0,700			0,443 - 0,684	0,443 - 0,684
Methaangetal						
CH dauwpunt bij 80 Bar						
PE waarde (equivalent propaan gehalte)					0 - 13	0 - 13
Waterstof [mol %]				< 0,02	0 - 23	0 - 23
Koolstofdioxide [mol %]	-	< 3		< 2,0	0	0
Zuurstofgehalte [mol %]	< 0,5	< 0,5		< 0,5 (RTL)		
Anorganisch zwavel H2S [mg/m3 (n)]	< 5	< 5		< 5		
Alkylthiolen S-gehalte [mg/m3 (n)]	< 16	< 10		< 6		
THT [mg/m3 (n)]	10	10 - 36		0		
Totaal zwavelgehalte [mg/m3 (n)]	< 45	< 30		< 30		
Vloeibare substantie en stof	-	-				
Waterdauwpunt (bij geleverde druk) [C]	< -8 (bij geleverde druk)	< -8 (bij elke druk)		< -8 (73 bara)		
Condensaatdauwpunt (bij geleverde druk) [C]	< -2 (bij geleverde druk)	< 5 mg/m3n bij -3 C. (bij elke druk)		< 5 mg/m3n bij -3 C(bij elke druk)		
Siloxanen [ ppm]						
Aromatische koolwaterstoffen [mol %]				< 0,025		
Aansluitvoorwaarden Gas - LNB		Idem, t.b.v. netbeheerder landelijk gastransportnet en aangeslotene (centrales en industrie)				
limietgassen volgens EN 347		extreme testgassen waar een toestel bij de keuring aan wordt onderworpen				

**BIJLAGE B TABELLEN MET VOORBEELDEN VAN GASSAMENSTELLING VAN [WWW.HOEZOANDERGAS.NL](http://WWW.HOEZOANDERGAS.NL)**

mol%	Huidig/ Toekomstig Slochteren G-gas	Huidig pseudo G-gas	Huidig pseudo G-gas	Huidig pseudo G-gas	Toekomstig pseudo-G	Toekomstig pseudo G-gas	Toekomstig pseudo G-gas	Toekomstig pseudo G-gas	Toekomstig pseudo-G
methaan	81,2	80,7	76,4	74,7	81,3	78,7	69,1	71,7	68,2
ethaan	2,9	2,7	5,3	7,0	4,3	5,2	10,2	6,5	10,0
propaan	0,4	1,3	1,4	1,6	0,0	0,9	2,3	1,6	3,3
butaan	0,2	0,4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,3	1,4	0,0
pentaaan	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
stikstof	14,3	13,5	14,8	14,5	14,4	15,2	17,6	18,2	18,5
CO2	0,9	1,3	1,3	1,8	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
<b>Totalen:</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Hs	35,17	36,01	36,67	36,82	35,39	35,85	37,41	37,38	37,48
Rd	0,645	0,658	0,682	0,688	0,635	0,651	0,710	0,709	0,712
Wobbe	43,79	44,41	44,41	44,41	44,41	44,41	44,41	44,41	44,41
<b>Methaangetal</b>	<b>91</b>	<b>85</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>91</b>	<b>86</b>	<b>75</b>	<b>71</b>	<b>74</b>

Hs: calorische bovenwaarde (MJ/m<sup>3</sup>)  
Rd: relatieve dichtheid ten opzichte van lucht

mol%	Huidig rijk H-gas	Huidig rijk H-gas	Huidig gemiddeld H-gas	Toekomstig H-gas	Toekomstig H-gas	Toekomstig H-gas	Toekomstig H-gas	Toekomstig H-gas
methaan	89,2	86,7	91,4	91,0	81,3	94,6	84,4	80,3
ethaan	6,2	8,1	3,0	6,0	12,0	5,0	7,7	11,7
propaan	1,6	1,9	1,5	1,0	2,6	0,0	1,8	3,9
butaan	0,6	0,4	0,5	0,0	0,4	0,0	1,6	0,0
pentaaan	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0
stikstof	0,5	0,8	2,0	2,0	3,1	0,4	3,8	4,0
CO2	1,6	2,0	1,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
<b>Totalen:</b>	100	100	100	100	100	100	100	100
Hs	42,80	42,70	40,81	41,44	44,01	41,16	43,97	44,11
Rd	0,634	0,643	0,616	0,602	0,664	0,581	0,663	0,667
Wobbe	53,76	53,24	51,98	53,40	54,00	54,00	54,00	54,00
<b>Methaangetal</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>70</b>	<b>87</b>	<b>67</b>	<b>70</b>

Hs: calorische bovenwaarde (MJ/m<sup>3</sup>)  
Rd: relatieve dichtheid ten opzichte van lucht