Memo Aan:		**Memo Nr.:**	OGNL.160754-1, Definitief
Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit		**Van:**	Johan Knijp
T.a.v. Dr T.H.M. Sijm		**Datum:**	9 maart 2018
Kopie:		**Opgesteld door:**	Howard Levinsky
			Berthil Slim

Onderwerp: beoordeling van rapport over onderzoek naar de veiligheid van CV-ketels van Nefit model B3M en B3L

Inleiding en achtergrond

In opdracht van RTL Nederland, nieuws, heeft Buro B.V. "C+B" onderzoek gedaan naar veiligheids-problemen met de Nefit TopLine serie van HR-ketels. Hierbij is o.a. informatie gebruikt uit documenten die via de Wet Openbaarheid van Bestuur (WOB) zijn verkregen, interviews met installateurs en eigen 'in situ' onderzoek. De bevindingen zijn gepresenteerd in het rapport, "Onderzoek naar de veiligheid van CV-ketels van Nefit model B3M en B3L" (d.d. 9 januari 2018), hierna kortweg 'het Rapport' genoemd. Het Rapport omschrijft de aard en oorzaak van de vermelde mankementen bij deze Nefit ketels en trekt conclusies voor wat betreft de potentiele risico's van de mankementen voor de veiligheid van de eindgebruiker, en beoordeelt tevens de technische adequaatheid van correctieve maatregelen die voor een aantal mankementen door Nefit waren voorgesteld.

Naar aanleiding van het verschijnen van dit rapport heeft de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) DNV GL gevraagd een kritische beoordeling ervan te geven. Hierbij wordt de mate beoordeeld waarin de inhoudelijke conclusies ten aanzien van de verschillende gevaren die genoemd worden door de gepresenteerde argumenten/bewijzen onderbouwd zijn. Dit betreft de conclusies over zowel de aard en oorzaak van de mankementen als de gevaren van de mankementen voor de eindgebruiker. Voor dit doel hebben wij gebruik gemaakt van informatie die het Rapport betrekt in de onderbouwing van de argumenten, aangevuld met documenten verkregen van de NVWA en eigen inzichten. Er is geen aanvullende onderzoek verricht[1]. Waar wij in onze analyse tegen aspecten kwamen die in het Rapport onderbelicht zijn, maar o.i. relevant zijn voor de aard en omvang van de onderhavige problematiek, melden we dit als 'discussie' hieronder.

N.B.- Naast het oordeel en onderbouwende argumenten over de technische aspecten van de veiligheid van deze ketels, meldt het Rapport een aantal conclusies m.b.t. (het gebrek aan) expertise, nalatigheid en aansprakelijkheid van verschillende partijen in dit dossier. Over deze conclusies/waarnemingen geven wij geen inhoudelijk oordeel.

Het Rapport is georganiseerd in besprekingen van de aard, omvang en gevolgen van drie mankementen:

- Het niet goed monteren van de branderkap op de verbrandingskamer[2] ten gevolge van het niet goed plaatsen van de daarvoor bedoelde klemmen,
- Gebreken m.b.t. de afdichting tussen branderkap en verbrandingskamer, en
- Vervorming van de bovenzijde van de verbrandingskamer.

[1] Wel hebben wij een 25 kW Nefit toestel uit 2007 (HRC 25/CW4) dat toevallig in ons laboratorium staat bekeken, louter om te bekend te raken met de onderdelen waarover gesproken worden.

[2] Het Rapport refereert vaak naar de verbrandingskamer, dat onderdeel is van de constructie van de warmtewisselaar, waar Bosch naar refereert voor dezelfde mankement. Omdat voor de situaties die in het Rapport worden besproken er geen verwarring kan ontstaan, gebruiken we beide begrippen in deze memo.

Daarnaast beoordeelt het Rapport een rapport dat door Kiwa[3] is opgesteld n.a.v. een klacht over CO-vergiftiging in een huis met een van de betreffende Nefit ketels. Het Rapport eindigt met een aantal voorgestelde beheersmaatregelen. In het onderhavige memo beperken wij ons tot de constateringen rondom de mankementen van de toestellen; hierbij volgen wij de ordening van het Rapport zoals gegeven in Paragraaf 7, e.v., en per onderdeel bespreken we de getrokken conclusies en de onderbouwing die de opstellers van het Rapport gebruikt hebben.

1. Gevolgen van incorrecte plaatsing van branderklemmen en de aanpassingen die getroffen zijn om de inklemming van de branderconstructie te waarborgen.

a) Beschrijving van het mankement en de mitigerende maatregelen

Uit documenten [1-4] blijkt dat er een aanpassing nodig is van de klemmen waarmee de branderconstructie lekvrij op de warmtewisselaar van types B3M en B3L wordt gehouden. Incorrect sluiten van de klemmen laat het lekken van (hoogtemperatuur) verbrandingsgassen toe, waardoor schade aan het frame van de warmtewisselaar en branderbehuizing kan ontstaan en vervolgens tot brand in de mantel van het toestel kan leiden. In de documentatie [3,4] zijn er twee incidenten in detail beschreven waarbij er ook brand in de woning ontstond. Er worden twee oplossingen door Nefit in de praktijk gebracht: een afgeschuind aangrijppunt voor de klemmen op de warmtewisselaar en een 'borgpen' die over de klem wordt gezet. De eerste aanpassing is bedoeld om een verkeerde inklemming van de branderconstructie te voorkomen terwijl de tweede aanpassing is bedoeld om de aandacht op de klemmen te vestigen.

b) Beoordeling in het Rapport en het oordeel van DNV GL over de onderbouwing

Rapport: Het Rapport beoordeelt de eerste aanpassing (in het Rapport Beoordeling 1 genoemd) als afdoende en de tweede (Beoordeling 2) als niet afdoende. De tweede aanpassing, met borgpennen, beoordeelt het Rapport als onvoldoende omdat dit slechts de "attentiewaarde" (o.a. in referenties [3, 4]) van het goed sluiten van de klemmen zou verhogen, i.p.v. een mechanische waarborg te vormen. Dit zou blijken uit het onderzoek die de auteurs van het Rapport zelf uitvoerden (blz. 19): de borgpennen passen ook over verkeerd gepositioneerde klemmen. In Beoordeling 3 concludeert het rapport "dat branderklemmen worden vernield door warmte bij lekkage…(is) zeer ongewenst".

DNV GL: Het Rapport geeft geen aanvullende onderbouwing voor Beoordeling 1. Echter, als de maatregel inderdaad het incorrect sluiten van de klemmen voorkomt, dan is dit als doelmatig te bestempelen. Wij hebben deze constructie echter niet zelf onderzocht om dit te constateren. Of de borgpennen over verkeerd gepositioneerde klemmen passen, hebben we zelf niet kunnen vaststellen. Indien dit wel het geval is, dan heeft de Beoordeling 2 o.i. wel grond: dan is er geen objectieve maatstaf voor het beoordelen van de effectiviteit van de maatregel; d.w.z. dat na het uitvoeren van de maatregel in de populatie van toestellen die het betreft het nog steeds onduidelijk is of het probleem daadwerkelijk verholpen is. Daarnaast is de vraag in hoeverre aangetoond effectieve maatregelen om dit probleem te verhelpen zijn geïmplementeerd. Beoordeling 3, ligt voor de hand. Echter, de rol die dit verschijnsel speelt bij het ontstaan van ketelbrand (onder "taxonomie" punt C, blz. 20 van het Rapport), al zou dit experimenteel geverifieerd zijn, gaat o.i. voorbij aan het feit dat er geen hete verbrandingsgassen die tot brand kunnen leiden horen te ontsnappen. Het goed plaatsen van de branderkap voorkomt dat de klemmen aan extreem hitte blootgesteld worden.

[3] Kiwa rapport VGI/752/Hz, "Onderzoek naar koolmonoxidevergiftiging", dd. 18 oktober 2016; verkregen van de NVWA.

c) Discussie:

Wat de eerste aanpassing betreft merken wij op dat deze aanpassing op de constructie van de warmtewisselaar ingrijpt en aanpassing/vervanging van de warmtewisselaar vereist. Hierdoor is het ons niet duidelijk of deze maatregel alleen een constructieve verbetering is voor toestellen na 2009 of dat het ook behoort tot de activiteiten bedoeld om dit specifieke mankement te verhelpen in reeds geïnstalleerde toestellen van 2009 en eerder.

Bij punt D, blz. 21, van het Rapport wordt vermeld dat het fenomeen "zeer veel" voorkomt, blijkens verschillende bronnen genoemd in het Rapport. Het noemen van de aantallen zou het bevoegd gezag (in dit geval NVWA) helpen de omvang van het probleem te kwantificeren. Uit de WOB-documenten [5] wordt melding gemaakt van "about 179 incidents…in most incidents this did not lead to any damage outside the devices, only in 10 incidents the hot flue gasses exited the devices and caused damage outside the devices."

d) Conclusies t.a.v. dit mankement

Er van uit gaande dat het afschuinen van het aanhechtingspunt (aanpassing 1) verkeerde inklemming voorkomt, en dat de borgpen inderdaad over een verkeerd gepositioneerde klem past, oordelen wij dat deze Beoordelingen grond hebben.

2. Gevolgen van een "gebrekkige" of gedraaid gemonteerde afdichting tussen branderkap en de bovenzijde van de verbrandingskamer, en de genomen maatregel om het probleem te verhelpen

a) Beschrijving van het mankement en de mitigerende maatregelen

De bronnen [1, 2] refereren naar gedraaide afdichtingen als oorzaak van lekkage van hete verbrandingsgassen (en gasluchtmengsel) van type B3L, waar de gevolgen worden beschreven als dezelfde als voor een open klem zoals boven besproken ([1] sheet 17). Het Rapport beschrijft 'gebrekkig' niet nader. Het wijzigen van de afdichting, zodat het niet gedraaid geplaatst kan worden, is de mitigerende maatregel toegepast door de fabrikant om dit mankement te verhelpen.

b) Beoordeling in het Rapport en het oordeel van DNV GL over de onderbouwing

Rapport: Het Rapport beschrijft de lekkage van hete verbrandingsgassen ten gevolge van de gedraaide afdichting, met mogelijke schade aan het toestel en daarbuiten, analoog aan het gevolg van het incorrecte plaatsing van de branderklemmen zoals eerder in het Rapport was genoemd. Taxonomie punt C (blz. 22) noemt de wijziging van de afdichting zodat niet meer gedraaid kan worden geplaatst. In Beoordeling 4 noemt het Rapport het wijzigen van de afdichting van de branderkap als voldoende.

DNV GL: De beschrijving van de aard en gevolgen van het mankement, alsook de mitigerende maatregel, is in overeenstemming met die van Bosch (eigenaar van Nefit) [1,2]. Als de enige oorzaak van lekkage het gedraaid montage van de afdichting is, dan is het uitsluiten van het draaien van dit element logischerwijs afdoende, en beschouwen wij de Beoordeling als gegrond. Andere verbeteringen van de afdichting, om de door het Rapport genoemde gebrekkigheid te adresseren, zijn ons niet bekend uit de documenten.

c) Discussie:

Onvermeld door het Rapport, maar wel besproken in [1,2], is dat de mogelijkheid dat de afdichting in type B3M ook gedraaid gemonteerd wordt door Bosch ogenschijnlijk wordt uitgesloten ([2], Sheet 6,

"…Assembling with twisted seal is nearly impossible. Installer get 'natural feedback' due to extreme high closing pressure…"). In de 'reported failures' in [2] worden daarentegen 27 gevallen vermeld van "flue gas[4] leakage due to a twisted burner seal", waaronder één met "ATD" (Additional Thermal Damage). Bosch meldt in [2], uit 2016, expliciet "With the action to exchange the B3L-V1 burner, this is automatically updated,". Maar omdat [1,2] dit mankement in type B3M uitsluit, is het ons niet duidelijk of een verbeterde afdichting in de updates voor B3M-toestellen is meegenomen in de verplichte vervanging van de branderkap in dit type toestel. Wij hebben geen inzicht in het risico dat tot nu toe onopgemerkte falen van de afdichting in deze toesteltype uiteindelijk tot toestelschade of ATD leiden.

d) Conclusies t.a.v. dit mankement

Voor de B3L-toestellen is naar onze oordeel de redenering in het rapport m.b.t. de gedraaide branderafdichting voldoende onderbouwd. Echter, uit documentatie is niet duidelijk of het risico ten gevolge van dit mankement, dat wel blijkt voor te komen bij de B3M-toestellen, ook gemitigeerd wordt door het structureel vervangen van de afdichting voor deze toestellen.

3. **Gevolgen van vervorming van de bovenzijde van de verbrandingskamer**

a) Beschrijving van het mankement en de mitigerende maatregelen

In dit mankement trekt een deel van de warmtewisselaar, het (top)profiel waarop de branderkap lekdicht vastgemaakt wordt, krom. Het verbuigen hiervan kan leiden tot het lekken van hete verbrandingsgassen (en volgens Bosch in meerdere documenten) mogelijk onverbrand gasluchtmengsel, met brand binnen of buiten het toestel tot gevolg. Bosch [1, 2, 6, 7] geeft aan dat slechts het type B3L hiervoor ontvankelijk is. Daarom is de dikte van het topprofiel van dit type toestel vergroot, van 2,5 mm naar 6 mm.

Het Rapport stelt de beperking tot B3L ter discussie, en bespreekt de fysische oorzaak van het mankement, hoe vaak het voorkomt en de gevolgen van het mankement voor de veiligheid van de eindgebruiker. Hierbij geeft het Rapport aan dat naast brand (Beoordeling 12) ook gevaarlijke concentraties CO kunnen ophopen (>10.000 ppm, Beoordeling 13) en dat deze concentraties in de wonig terecht kunnen komen (Taxonomie punt J, blz. 39) en tot dodelijke ongelukken kunnen leiden (Beoordeling 15). We bespreken de verschillende aspecten één voor één.

Om het overzicht te houden, splitsen wij de verdere beoordeling in fysische oorzaak van het defect en frequentie, en de gevolgen van het mankement voor de eindgebruiker, d.w.z. brandgevaar en blootstelling aan hoge concentraties van CO.

Fysische oorzaak van het defect en frequentie

b) Beoordeling in het Rapport en het oordeel van DNV GL over de onderbouwing

Rapport: Beginnend op blz. 29 wordt in het Rapport een discussie gevoerd over de oorzaken van het buigen van het topprofiel. Bosch heeft het in verschillende documenten over 'knikken' en 'buigen', met een reeks argumenten waarom vanwege de dimensies van de type B3M het topprofiel niet kan knikken [6,7]. Het Rapport daarentegen beweert dat de vervorming van het topprofiel door het week worden van het aluminium wordt veroorzaakt. Het Rapport (Taxonomie punt R, blz. 26) geeft ook aan dat een dergelijke vervorming bij B3M veelvuldig voorkomt, maar kwantificeert deze waarneming niet. In Beoordelingen 8 concludeert het Rapport dat door thermische belasting het aluminium van het topprofiel

[4] Met "flue gas" wordt verbrandingsgassen bedoeld.

week wordt en daarna vervormt. Beoordeling 9 trekt de doelmatigheid van het verzwaren van het topprofiel van 6 mm i.p.v. 2,5 mm in twijfel.

DNV GL: Wat het mechanisme betreft merken wij op dat de topprofiel ingeklemd is in de warmtewisselaarconstructie en ook tegen de branderconstructie. Dit geeft een complex samenspel van krachten door verhitting door circulerende verbrandingsgassen, warmteoverdracht met het frame van de warmtewisselaar en branderkap, uitzetting en evt. zacht worden door oververhitting. Een kwantitatief beschrijving van het effect van dit samenspel op het mogelijke falen van het topprofiel in B3M is niet gegeven in het Rapport noch in de argumentatie van Bosch die tot onze beschikking is. Het Rapport geeft aan dat experimenten nodig zijn om het mechanisme vast te stellen; meer gedetailleerde argumentatie, met experimentele verificatie, lijkt ons inderdaad wenselijk om dit doel te bereiken.

Ondanks de geconstateerde onzekerheid poneert het Rapport Beoordelingen 8 en 9.

c) Discussie:

Ondanks de conclusies van Bosch, voor "bending >1 mm" "failure will not occur" ([6], Table 1 en blz. 18), en "B3M 2.5 mm topprofiel knikt niet" ([7], sheet 4), blijkt dit mankement in de praktijk wél voor te komen. De tabel "Reported failures B3M appliances" in [2] (sheet 10) geeft aan dat per 14-7-2016 er 107 keer "Flue gas leakage due to a bended 2.5 mm HEx top profile (> 1mm)" en 8 keer "Flue gas leakage due to buckling 2,5 mm HEx top profile" als falen zijn gemeld.

Verder, met het oog schade aan andere essentiële onderdelen die door het buigen van het topprofiel worden veroorzaakt, geeft [2] (sheet 8) aan dat het buigen van het topprofiel ook tot beschadiging van de branderafdichting kan leiden, met extra lekkage van verbrandingsgassen tot gevolg. Referentie [2] (sheet 8) koppelt het vervormde topprofiel met het vervormen van de branderframe, ook met lekkage van verbrandingsgassen. Samen impliceren deze door Bosch aangeven oorzakelijke verbanden dat de 19 keer dat "Flue leakage due to a damaged burner seal" en de 29 keer dat "Flue gas leakage due to a deformed burner frame" die voor type B3M vermeld zijn in [2] (sheet 10) ook vervorming van het topprofiel als oorzaak hebben. Nader informatie dient hier opheldering over te geven.

Anticiperend op de bespreking hieronder, merken wij op dat m.b.t. de mogelijke consequenties van deze faalmodi voor de risico van de eindgebruiker, Bosch [2] (sheet 8) stelt dat de gelekte verbrandingsgassen weer meegenomen worden in de luchtstroom ('recirculatie') zonder gevolgen voor de emissies van het toestel (zie bij CO-blootstelling, hieronder). Wij willen erop wijzen dat volgens [7] (sheets 3 en 4) in de keten van het rookgas lekkage door buiging van het topprofiel, naar vervorming van de branderframe ook volgens Bosch leidt tot lekkage van gasluchtmengsel, en daardoor tot brandgevaar. Dit was weliswaar een omschrijving voor het falen van type B3L, maar volgens deze logica kan de keten ook tot deformed burner frame bij B3M leiden.

Verder wordt ook in [2] (sheet 8) aangegeven dat het "deformed burner frame" slechts waargenomen was bij "very strongly loaded/overloaded V1 burner" (zonder melding van welke toesteltype). Omdat de toestellen een overbelastingbeveiliging hebben, is het ons niet duidelijk hoe dit kan plaatsvinden. Wat "very strongly loaded" betreft, komt deze situatie niet voor bij 'normaal gebruik' van het toestel?

d) Conclusies t.a.v. fysische oorzaak van het defect en frequentie

De onderbouwing van de Beoordelingen in het Rapport over de oorzaak van en de oplossing voor het buigen van het topprofiel wordt niet aangeven. Echter, *dat* het buigen/knikken van het topprofiel van type B3M-toestellen voorkomt, ondanks de stellingen van de fabrikant, wordt onderbouwd door de cijfers in [2]. In [2] geeft Bosch aan dat vervolgschade van dit mankement, zoals aantasting van de afdichting van brander en zelfs vervorming van het branderframe, kan optreden.

Om het risico voor de gevolgen van deze faalmodi bij type B3M voor de eindgebruiker te kunnen schatten is het van belang om te weten hoeveel verbrandingsgassen ontsnappen bij de verschillende beschadigingen (gebogen/geknikt topprofiel, "damaged burner seal' en "deformed burner frame"), wat de verbrandingsgastemperatuur is en wat de gevolgen zijn van deze hoeveelheden verbrandingsgassen voor het functioneren van het toestel (zie hieronder). Als de laatste twee beschadigingen inderdaad het gevolg zijn van het verbogen profiel, hoeveel extra verbrandingsgassen, en zelfs onverbrand gasluchtmengsel [7] kunnen dan gaan lekken?

Brandgevaar (paragraaf 7.4.1)

b) Beoordeling in het Rapport en het oordeel van DNV GL over de onderbouwing

Rapport: Taxonomie punten A-E, blz. 31-32, is een omschrijving van hoe brand kan ontstaan in een toestel ten gevolge van het lekken van hete verbrandingsgassen. Punten B-D gaan over de brandbaarheid van de omkasting van het toestel. Dat brandschade mogelijk is wordt door de "belangrijke veiligheidsmaatregel" van Bosch onderschreven (als bijlage bij [3, 4] waarin de noodzaak van de nieuwe branderset voor het type B3L wordt aangegeven). Punt A is een beschrijving van hoe de lekkage door buiging van het topprofiel kan toenemen in de tijd.

Wat de gevolgen voor de brandveiligheid betreft stelt het Rapport (Punt F, blz. 32), dat er geen duidelijke gegevens zijn voor de aantallen branden die veroorzaakt worden door falende CV-ketels. Daarom wordt in Punt G, blz. 33 "…het aantal branden in Nederland door deze CV-ketels, geschat op enkele stuks tot wellicht tien stuks jaarlijks". Met "deze" veronderstellen wij dat het Rapport de betreffende Nefit-ketels bedoelt. Dit leidt tot Beoordeling 12 met dezelfde strekking.

DNV GL: Hoewel de omschrijving onder punten A-E aannemelijk is, is er geen experimentele waarneming om dit proces te kwantificeren. Voor wat betreft het geraamde aantal branden, geeft het Rapport geen onderbouwing. Het rapport geeft ook niet aan of deze schatting beperkt is tot de gevolgen van het vervormen van het topprofiel of dat ook de incorrecte geplaatste klemmen hierbij betrokken zijn. Het boven tafel krijgen van de gevallen van toestelbrand, al dan niet met schade buiten het toestel, lijkt ons zeer relevant.

c) Discussie:

Ongeacht de etiologie van de gerapporteerde aantallen van verschillend faalmodi bij B3M die boven genoemd zijn, resteert de vraag wanneer de grootte en aard van de optredende lekkages tot brand in het toestel of daarbuiten kunnen leiden. Dit wordt niet gekwantificeerd in de ons voorliggende documentatie.

Zoals boven is vermeld geeft [7] (sheets 3 en 4) een reeks gebeurtenissen die tot een onveilige situatie leidt, "B3L topprofiel geknikt, waardoor branderframe niet meer wordt ondersteund", met als gevolg "gas/lucht lekkage door branderframe deformatie" en "grote rookgaslekkage door wegvallen topprofiel". Deze reeks wordt uitgesloten voor B3M, vanwege het niet falen van het topprofiel. Echter, het vervormen van het B3M branderframe (falen 29 keer gerapporteerd), dat ook toegeschreven wordt aan het vervormen van het topprofiel [2] (sheet 8), lijkt voor de lezer op de situatie van het B3L toestel. Het kwantificeren van de hoeveelheid, samenstelling (gas/lucht en/of verbrandingsgassen) en temperatuur in deze twee situaties zou het risico in kaart brengen en de verschillen duidelijk maken.

d) Conclusies t.a.v. brandgevaar

Hoewel de beschrijving van het ontstaan van brand in het toestel niet gekwantificeerd is, en de schatting van het aantal branden is niet onderbouwd, sluit de onderliggende documentatie, met name het aantal gevallen van faalmodi voor B3M die op die van B3L lijken sluiten de mogelijkheid van brandgevaar niet bij voorbaat uit.

Gevaar blootstelling aan hoge concentraties CO (paragrafen 7.4.2 -7.4.7)

b) Beoordeling in het Rapport en het oordeel van DNV GL over de onderbouwing

Op blz. 33 begint het Rapport een omschrijving van de condities die nodig zijn om een verhoogde CO-emissie naar de leefruimte van een woning te verkrijgen. De elementen van belang in de keten van een lek van verbrandingsgassen naar CO in de leefruimte zijn:

i) Het recirculeren van de gelekte verbrandingsgassen in de luchttoevoer van de brander, waardoor door verlaging van het zuurstofgehalte van de verbrandingslucht de CO-fractie in de verbrandingsgassen tot ontoelaatbare waarden toenemen (paragraaf 7.4.2).

ii) De druk in de mantel van het toestel ten opzichte van de druk in de ruimte waarin het toestel is opgesteld. Als de druk in de mantel lager is dan die van de opstellingsruimte is er geen mogelijkheid voor het ontsnappen van CO-houdende verbrandingsgassen in de woning (paragraaf 7.4.3). Echter, als door de wind de druk in de woning lager is dan die in de mantel van de ketel, kan er verbrandingsgassen door kieren en spleten in de mantel lekken in de woning (paragraaf 7.4.6). Ook mechanische ventilatie kan een dergelijk effect veroorzaken (paragraaf 7.4.7)

Onder i)

Rapport: Bij punt E, blz. 34, geeft het Rapport aan dat verhoging van de CO-gehalte door het recirculeren van verbrandingsgassen "…een onbeheersbaar progressief proces" is. Deze constatering wordt niet in het Rapport onderbouwd. Bij punt F en Beoordeling 13 concludeert het Rapport dat op basis van berekeningen een fractie van meer dan 10.000 ppm (1%) CO in de gassen in de mantel kan bestaan, en dat "voor elke deskundige is dit onaanvaardbaar".

DNV GL: Dat het bijmengen van verbrandingsgassen het zuurstofgehalte vermindert, en daarmee ook de mate van "luchtovermaat" in de brander, is een verbrandingstechnisch feit. Hoeveel verbrandingsgassen er met de schone verbrandingslucht bijmengt wordt bepaald door de grootte van het lek en bepaalt de mate van "recirculatie" van deze zuurstofarme gassen, en daardoor de toename van CO in de verbrandingsgassen. Als te veel verbrandingsgassen met de lucht bijmengen, kan dit inderdaad leiden tot zuurstoftekort (Taxonomie punt H, blz. 33/34). Hoe de CO-fractie in de verbrandingsgassen als functie van luchtovermaat varieert wordt in de bijlage schematisch weergegeven.

Het Rapport geeft echter geen argumenten waarom bij een beperkte en constante stroom van gelekte verbrandingsgassen dit proces onbeheersbaar of progressief zal zijn. De samenstelling van de verbrandingsgassen zal zich instellen op een nieuw 'stationaire' toestand voor de situatie waarin er extra CO_2, stikstof en waterdamp, en minder zuurstof in de verbrandingslucht zijn. Deze "rookgasrecirculatie" is een beproefde methode voor het verlagen van de uitstoot van NO_x van verbrandingsapparatuur [8] zonder aanvullende maatregelen om het proces in de hand te houden. Er zijn ook keuringseisen [9] voor dit soort toestellen waarbij zij opzettelijk met 10% recirculatie van verbrandingsgassen getest worden. Het toestel dient onder deze omstandigheden nog adequaat (met voorgeschreven emissies) te

functioneren. Dit wordt ook aangehaald door Bosch [10]. We beoordelen de aanname van onbeheersbaar proces als niet correct.

Het Rapport geeft ook geen onderbouwing voor hoe 10.000 ppm CO in de mantel van het toestel tot stand komt; deze conclusie is derhalve niet na te gaan. Dat "elke deskundige" zo'n waarde ontoelaatbaar zal vinden is ook niet na te gaan, al zou het juist zijn. Voor het beoordelen van de aard en omvang van de mogelijkheid dat de situatie van lekkage van verbrandingsgassen in het toestel tot een risico voor blootstelling aan hoge CO-concentraties leidt, is inzicht vereist in zowel de feitelijke CO-fracties die voor kunnen komen als in welke consequenties deze fracties hebben voor de leefruimte. Door het uitvoeren van een blootstelingsstudies, waarbij ook de circulatie van lucht in de opstellingsruimte/woning wordt meegenomen, kan de actuele concentratie van CO in de woning worden bepaald. Inzicht in het ontstane risico wordt vervolgens aangeduid door de actuele lokale concentraties te vergelijken met de normen voor deze blootstelling.

<u>Onder ii)</u>

Rapport: Het Rapport geeft aan dat onder bepaalde omstandigheden, zoals stevig wind of mechanische ventilatie, de druk in de ruimte waarin het toestel is opgesteld lager kan zijn dan de druk in de mantel, waardoor CO-houdende verbrandingsgassen in de leefruimte kunnen lekken. Dit is in tegenstelling met de documentatie [2, 11] van Bosch, alsook bij het onderzoek dat door Kiwa is uitgevoerd, waarin men ervan uit gaat dat alle verbrandingsgassen die in de mantel lekken meegezogen worden door de lucht en daardoor niet in de leefruimte terechtkomen. In Beoordeling 15 meldt het Rapport dat de onderzoekers ramen "… op basis van wat we thans weten,…en komen op meerdere doden per jaar als gevolg van deze gebrekkige CV ketels."

DNV GL: Het argument dat door wind of mechanische ventilatie de druk in de opstellingsruimte lager kan zijn dan in de mantel lijkt door de in het Rapport aangehaalde literatuur onderbouwd te zijn. Het Rapport geeft echter niet aan hoeveel CO-houdende verbrandingsgassen daadwerkelijk uit de kieren en spleten van het toestel kunnen lekken. Hierdoor is o.i. een gedegen schatting van de verhoogde risico's problematisch. Wat Beoordeling 15 betreft, is de onderbouwing, i.e., de aannames en berekeningsmethode die gebaseerd zijn "op wat we thans weten", niet in het Rapport vermeld; derhalve is deze raming niet te beoordelen.

c) Discussie:

De verandering in CO-gehalte van de verbrandingsgassen (en wat in de mantel terecht kan komen) met variërende mate van verbrandingsgasrecirculatie is relatief eenvoudig experimenteel te bepalen, door het variëren van de mate van recirculatie bij verschillende luchtovermaat. Ook is het in deze experimentele opzet mogelijk om de recirculatie van hete verbrandingsgassen te simuleren (er wordt in het Rapport terecht aangegeven dat de verbrandingsgassen heet zijn). Hierbij dient men rekening te houden met het feit dat de gemeten emissies in de uitlaat worden verdund door menging met de verbrandingslucht in de mantel. Ruw geschat is bij 10% recirculatie de CO-fractie een factor 10 verdund door de lucht in de mantel. Daarnaast dient de hoeveelheid lekkende verbrandingsgassen, die de mate van 'recirculatie' bepalen, bij de verschillende mankementen worden gekwantificeerd. Dergelijke informatie is nodig om de verschillende asserties te onderbouwen. De combinatie van de mate van gerecirculeerde lekkage en de metingen van CO-emissie vs. mate van recirculatie geeft de grootte van de CO-fractie in de mantel van het toestel.

Bij de beoordeling van de resultaten van een dergelijk experiment moet ook rekening worden gehouden met de mogelijke spreiding van ingestelde luchtovermaat in het veld.

Bij het analyseren van het risico dat CO-houdende gassen uit het toestel lekken is een belangrijke vraag in hoeverre de (grootte van de) lekkage uit de mantel gewaarborgd is, hetzij in normen voor toestelconstructie hetzij in eigen (onderbouwde) voorschriften van de fabrikanten. Als dit niet het geval is, dan zal het kwantificeren van de door het Rapport genoemde lekkages door kieren en spleten belangrijk input zijn voor een blootstellingsstudie zoals boven is genoemd.

d) Conclusies t.a.v. CO-blootstelling

Verhoogde CO-emissies ten gevolge van lekkages (hier n.a.v. het buigen van het topprofiel) kunnen inderdaad door het recirculeren van verbrandingsgassen worden veroorzaakt. Het Rapport geeft geen onderbouwing voor de conclusies omtrent de grootte van de resulterende CO-concentratie in de verbrandingsgassen noch voor het effect van de resulterende CO-concentraties in de leefruimte. Echter, de voorliggende documentatie van de fabrikant geeft geen uitsluitsel voor wat betreft de grootte van de stijging van de CO-concentratie in het toestel ten gevolge van lekkages door faalmodi die gerelateerd zijn aan het buigen van het topprofiel.

Conclusies

Het Rapport bespreekt de aard, omvang en gevolgen van drie mankementen:

- Het niet goed monteren van de branderkap op de verbrandingskamer ten gevolge van het niet goed plaatsen van de daarvoor bedoelde klemmen,
- Gebreken m.b.t. de afdichting tussen branderkap en verbrandingskamer, en
- Vervorming van de bovenzijde van de verbrandingskamer.

Concluderend beoordelen wij dat er mogelijk grond is voor een aantal in het Rapport genoemde beoordelingen van de effectiviteit van de genomen maatregelen; daarentegen vinden wij dat veel van de conclusies van het Rapport met betrekking tot de gevolgen van de verschillende mankementen, niet gekwantificeerd of niet onderbouwd zijn. Tevens zijn een aantal risicofactoren die door, of naar aanleiding van, het Rapport en de aanvullende documenten aan de orde worden gesteld, o.i. in deze documenten niet voldoende gekwantificeerd/gekarakteriseerd om het risico voor de eindgebruiker uit te sluiten. Deze factoren zijn:

- De mate waarin het toepassen van borgpennen om het goed sluiten van de B3M branderkap waarborgt,
- De mate waarin de branderafdichting voor het type B3M ook vervangen wordt door een verbeterd ontwerp,
- De mate van vervorming van onderdelen van type B3M die tot falen leiden bij de verschillende faalmodi,
- De hoeveelheid, samenstelling en temperatuur van de gelekte (verbrandings)gassen die bij de verschillende faalmodi vrijkomen,
- De mogelijkheid dat deze lekkages tot brand kunnen leiden,
- De verhoging van CO-concentratie in de verbrandingsgassen door recirculatie van gelekte verbrandingsgassen, en
- De grootte van de lekkage van CO-houdende gassen uit de toestelmantel bij onderdruk in de woning.

Referenties

[1] "Authority Information", Bosch-document d.d. 29-01-2009; verkregen van NVWA.

[2] "nVWA update as agreed on meeting 28-06-2016", Bosch document d.d. 14-07-2016; verkregen van NVWA.

[3] Onderzoeksrapport, Bosch-document TD14 03 00013 d.d. 06-03-2017; verkregen van NVWA.

[4] Onderzoeksrapport, Bosch-document TD16 02 00165 d.d. 24-02-2016; WOB-document 1.5 (uit Wob-verzoek 17-0547).

[5] Business Application voor melding aan NVWA, "Attached Document for Section 4 "Details of Hazard" januari 2017; WOB-document 27.3

[6] "B3* Appliance Test Final Report and Statement", Bosch rapport 6720322218.005 d.d. 1-11-2011; verkregen van NVWA.

[7] "B3M-L explanation", Bosch-document d.d. 20-12-2016; verkregen van NVWA.

[8] S. Turns, "Introduction to Combustion" McGraw-Hill, Inc. 1996.

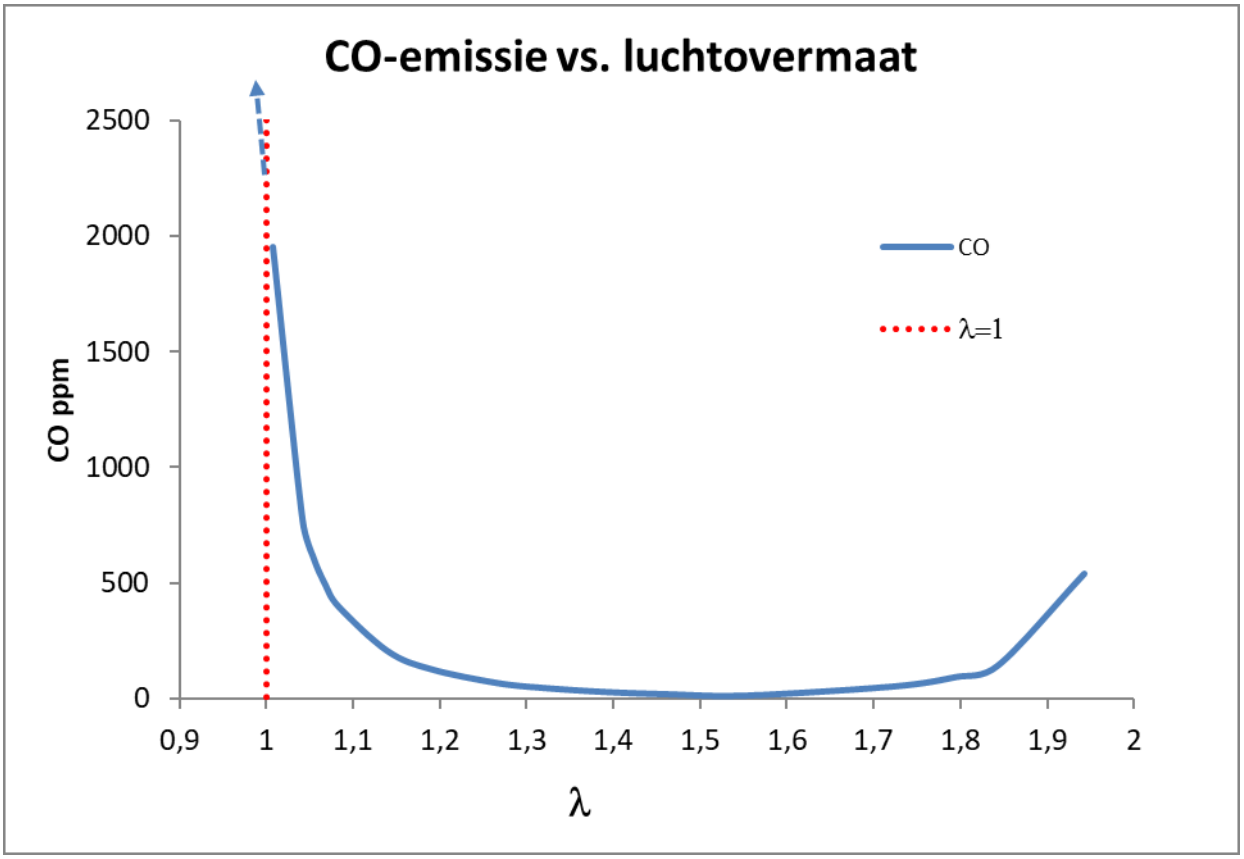
[9] Europees Norm "Gas-fired central heating boilers" EN 15502 d.d. 2016.

[10] Email wisseling tussen NVWA en Bosch omtrent "Vraag B3L versus B3M", 13- en 21-12 2016; verkregen van NVWA.

[11] Onderzoeksrapport, Bosch-document TD160200150 d.d. 15-02-2016; verkregen van NVWA.

Variatie in CO-fractie in de verbrandingsgassen als functie van luchtovermaat bij volledig voorgemengde CV-ketels (zoals de Nefit Topline)

Figuur 1, hieronder, illustreert de variatie in CO-emissie, d.w.z. de CO-fractie van de verbrandingsgassen in de rookgasafvoer, met variërend luchtovermaat (λ). De doorgetrokken lijn geeft metingen weer in het DNV GL-laboratorium aan een volledig voorgemengde HR-ketel van dezelfde klasse als de betreffende Nefit-ketels.



Figuur 1. Weergave van CO-emissie als functie van luchtovermaat (λ) in volledig voorgemengde ketels.

De figuur illustreert de typische 'badkuipvorm' van de CO-emissies voor deze toestellen. Vaak worden de toestellen afgesteld in het gebied van λ=1,2-1,3. Als de luchtovermaat lager wordt, richting λ=1, waar het gas en de lucht in de 'stoichiometrische verhouding[5]' zijn, neemt de CO-emissie toe door de afnemende hoeveelheid zuurstof. Bij hogere luchtovermaat (in deze figuur beginnend bij λ=1,6) neemt de CO-emissie toe door beginnende vlamlift[6]. De vorm en diepte van deze 'badkuip' varieert sterk en is afhankelijk van het ontwerp en constructie van brander, verbrandingskamer en warmtewisselaar, de branderbelasting, homogeniteit van het gasluchtmengsel en de staat van onderhoud van het toestel. De

[5] De 'stoichiometrische verhouding' is wanneer er precies genoeg lucht is om het gas volledig te verbranden.

[6] De hogere luchtovermaat verlaagt de zogenaamde verbrandingssnelheid van de vlam; hierdoor begint de vlam aan de rand van de brander los te raken ("lift"). In deze situatie kan onverbrand gasluchtmengsel 'langs de vlam' heen stromen, waardoor de brandstof in de grenslaag tussen de hete vlamgassen en de relatief koude wanden in CO omgezet wordt. Omdat deze CO relatief koud is, kan het moeilijk in CO_2 omgezet worden en draagt daarom bij aan de emissie. Zie Van der Meij, et al., Proc. Combust. Inst. Vol. 25, 1994, pp. 243-250.

minimum CO-emissie in de badkuip kan variëren van enkele tot enkele honderden ppm. In de Handleiding van Nefit[7] wordt gesteld dat bij Inbedrijfsstelling de CO-emissie lager dan 400 ppm dient te zijn. Bij daadwerkelijk zuurstoftekort ($\lambda<1$) stijgt de CO-fractie zeer snel, aangegeven door de pijl in het figuur, en zijn procenten CO in de verbrandingsgassen mogelijk.

De essentie van de invloed van het recirculeren van verbrandingsgassen is dat de luchtovermaat in het toestel verschuift van de afgestelde waarde λ=1,2-1,3 in de richting van λ=1, met een toename in CO-fractie zoals in Figuur 1 is geïllustreerd. Wat de resulterende CO-fractie in de verbrandingsgassen is, hangt af van de hoeveelheid verbrandingsgas die met het lucht gemengd wordt. Omdat bij recirculatie van verbrandingsgassen de samenstelling van het lucht verandert, wordt verwacht dat de gemeten verandering in CO-fractie wat anders zal verlopen dan in het figuur wordt aangegeven.

Een herhaling van de reeks experimenten die de in Figuur 1 weergegeven resultaten heeft opgeleverd, waarbij een variërende hoeveelheid rookgassen wordt teruggeleid naar de verbrandingsluchttoevoer van de ketel, geeft uitsluitsel over het feitelijke verband tussen CO-fractie in de rookgassen en de mate van rookgasrecirculatie.

[7] Installatie-instructie Hoog Rendement Gaswantketel Nefit TopLine Compact HRC; uitgave 01/2007, blz. 47.