

## **Bijlage**

### **Aanvullende informatie betreffende toepassing van katalytische naverbranding bij houtkachels**

#### **Temperatuur houtrook bij een conventionele en/of een moderne (Ecodesign) houtkachel**

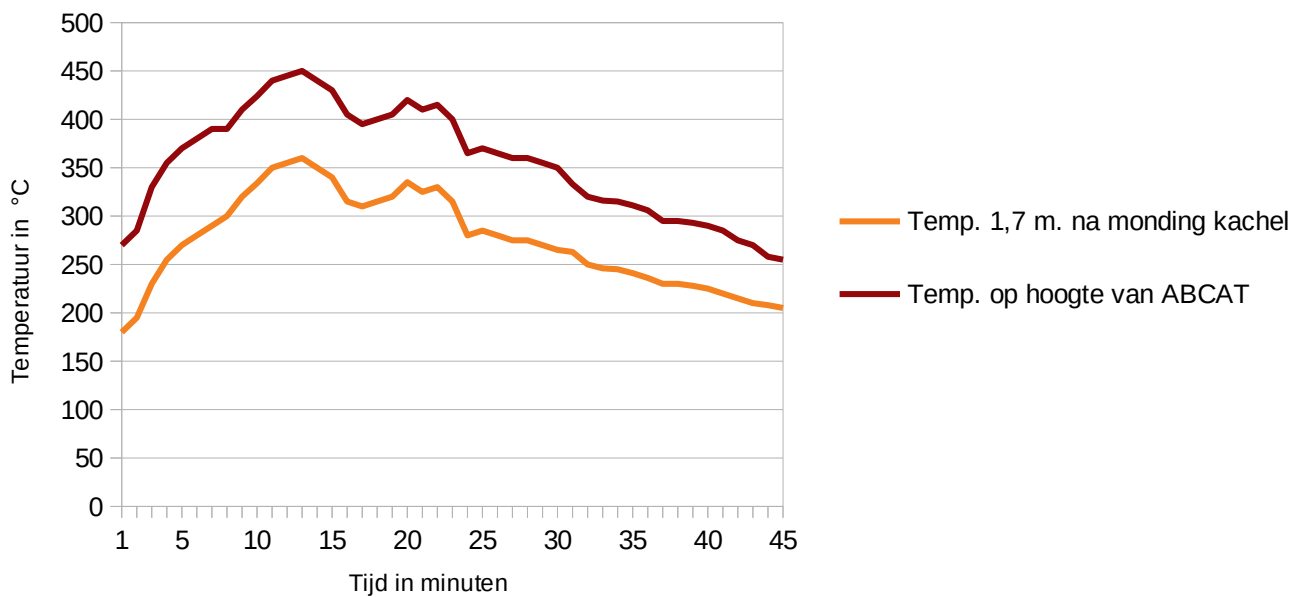
De in keuringsrapporten opgenomen temperatuur van de houtrook na een houtkachel betreft een gemiddelde temperatuur. Deze temperatuur wordt berekend over een aantal stoken met een duur van elk circa 45 minuten, van ontvlammen van hout tot de uitbrand. Volgens de keuringsnorm EN13240 wordt deze temperatuur in het hart van de rookgasafvoerpijp gemeten, in een niet geïsoleerde pijp, op een hoogte van 1,7 meter na de kachel. Ten opzichte van de temperatuur bij de monding van de kachel is de houtrook dan al 80-120°C afgekoeld ten gevolge van warmteoverdracht aan de wand van de pijp en straling en convectie rondom de buitenkant van de pijp.

De katalysator wordt in een toestel geplaatst, of in het geval van een ABCAT direct na de monding van de kachel op circa 15 cm hoogte. In dat gebied heersen temperaturen die doorgaans tot ver boven de 300°C en de “ontbrandingstemperaturen van katalysatoren” uitstijgen. Enkele verbindingen zoals methaan vereisen een temperatuur die in een katalysator bij een houtkachel weinig zullen voorkomen. Gegevens van keuringen van kachels en testen met katalysatoren laten zien dat het criterium temperatuur bij geen van de kachelmodellen kritisch te noemen is. Met andere woorden, toepassing van katalytische naverbranding is doorgaans ook bij een Ecodesign 2022 houtkachel geen enkel probleem.

Katalytische oxidatie van onvolledig verbrande verbindingen in houtrook vraagt tijd, zuurstof, een katalytisch actief medium maar bovenal temperatuur. De optimale rookgastemperatuur voor het kraken en katalytisch naverbranden van de meest hardnekkige, veelal sterk geurende, PAK's is vanaf circa 300°C. Voor vele andere verbindingen, zoals voor cyclische aromatische koolwaterstofverbindingen waaronder benzeen, volstaat een lagere temperatuur. De naverbranding is vlamloos en verloopt exotherm. Dit betekent dat er warmte vrijkomt waarbij de katalysatortemperatuur vanaf een starttemperatuur sterk op kan lopen. Daarbij wordt de activiteit en het omzettingsrendement sterk verhoogd. De temperatuur waarbij een katalysator “aanspringt” is voor iedere verbinding anders.

Onderstaand treft u een grafiek aan van een karakteristiek temperatuurverloop van een stook. Deze grafiek is gebaseerd op circa 40 stoken volgens EN13240 met verschillende modellen vrijstaande Ecodesign houtkachels uitgevoerd door SGS Arnhem (Pauw 2020). De grafiek met realtime temperatuurmetingen laat zien dat de werkelijke gemiddelde temperatuur gemeten direct na de monding van een houtkachel in werkelijkheid tot 100°C hoger ligt.

## Voorbeeld temperatuurverloop houtrook bij genormeerde keuring kachel, van bijleggen hout tot uitbrand



Veldwaarnemingen gedurende vele jaren tijdens stookscans door Ecolink Solutions bij stokers van talloze kachelmodellen bevestigen dit beeld. Door de bank genomen stookt een particulier niet volgens norm en veelal boven het gekeurde vermogen waarbij flink hogere temperaturen worden bereikt dan de temperatuur die bij de typekeuring wordt opgegeven.

### Effect katalysator op condenseerbaar fijn stof en PAK's

In het literatuurverslag "(Kosten)effectiviteit en toepasbaarheid maatregelen particuliere houtstook" (Bureau Blauw, 2021) wordt gesteld: "Voor metalen katalysatoren is het niet bekend of deze ook condenseerbaar aerosol afvangen". Een katalysator welke onderdeel uitmaakt van een houtkachel, ingebouwd of nageschakeld, oxideert gasvormige verbindingen en verlaagt daarmee het risico dat deze condenseren tot aerosol. Wat niet meer in de houtrook zit kan immers ook niet meer condenseren.

Voor het afvangen van aerosolen die na afkoeling van houtrook uit de schoorsteenmonding in de atmosfeer zijn gevormd, zoals waterdruppels, is ons geen technische oplossing bekend. Een katalysator wordt nooit ergens in de atmosfeer na de schoorsteenmonding geplaatst en zal de vorming van aerosolen wel tegengaan maar inderdaad geen aerosolen afvangen, zoals wordt gesuggereerd.

Tevens wordt in het literatuurverslag gesteld dat een katalysator alleen kleine moleculen omzet. Houtrook kan honderden verschillende eenvoudige en complexe verbindingen in de vorm van afzonderlijke moleculen of samengestelde deeltjes bevatten. Deze onderdelen kunnen "klein" of "groot" zijn. De relatie tussen molecuul massa en molecuulgrootte is niet lineair dus daarmee valt de afmeting niet nauwkeurig te definiëren. De molecuultheorie zegt ons: hoe hoger de temperatuur van een gas, hoe groter de afstand tussen moleculen, hoe kleiner de aantrekkingskracht tussen moleculen (Vanderwaalskracht) en hoe kleiner de vaste stofdeeltjes. Dat zou betekenen dat zelfs een "relatief groot" langketig molecuul van een polycyclische aromatische koolwaterstof (PAK) bij de heersende houtrook temperaturen relatief klein blijft doordat deze niet "samen klontert" tot vaste stofdeeltjes met een grotere afmeting. In het literatuurverslag geeft Bureau Blauw dan ook terecht aan dat PAK's worden omgezet door een katalysator.

Beantwoording van de vraag bij welke configuratie PAK's "te groot" zouden zijn voor een katalysator valt buiten het kader van het literatuurverslag.

Bureau Blauw stelt in haar literatuurverslag dat condenseerbaar fijn stof bestaat uit grote moleculen en concludeert dat een katalysator geen invloed heeft op condenseerbaar fijn stof. Condenseerbaar (fijn) stof is een agglomeratie van afzonderlijke deeltjes die onder invloed van condensatie van gasvormige verbindingen -ook wel "klontering"- ontstaat, zoals aerosolen of roet op een kern van minerale as. De vraag is of "grote" moleculen ook tot deze categorie moet worden gerekend.

Onderzoek (Bruns et al, 2016) laat zien dat 80% van het condenseerbaar fijn stof ontstaat door condensatie van benzeen, fenol, benzeendiol en naftaleen, al dan niet op een deeltje vaste stof zoals minerale as. Volgens het literatuurverslag van Buro Blauw is benzeen daarmee een groot molecuul, anders zou er een effect zijn op condenseerbaar fijn stof. Op basis van zowel haar molecuulmassa als haar afmeting kan benzeen echter worden beschouwd als een klein molecuul. Daarnaast behoort naftaleen, met een beduidend grotere molecuulmassa en -afmeting, tot de groep van PAK's waarvan terecht wordt gesteld dat deze worden omgezet.

De ABCAT, als voorbeeld van een katalysator, maakt gebruik van platina en palladium als katalytisch actieve edelmetalen, alsmede van het actieve ijzer, nikkel en molybdeen in het dragermateriaal. Daarmee wordt de concentratie van talloze verbindingen uit de groep van >500 verschillende chemische verbindingen verlaagd door middel van katalytische oxidatie. Daarnaast worden vaste deeltjes afgevangen in de ABCAT door mechanische filtering. De reducerende werking van de ABCAT is vastgesteld voor koolstof totaal (in de gangbare normen niet helemaal juist  $C_xH_y$  genoemd), CO en stof totaal (>PM 1). Bij een keuring van een houtkachel worden  $C_{tot}$ , CO en  $NO_x$  door continue metingen bepaald. Stof totaal wordt gravimetrisch bepaald gedurende 30 minuten van een stook van 45 minuten.

### **Katalytische naverbranding en houtrook overlast**

De ABCAT is in staat de geurbelasting van houtrook zover te verminderen dat de geur niet meer herleidbaar is tot de kenmerkende geur van een houtvuur. Uit eigen waarnemingen via monsternamen bij een stook hebben we een sterke reductie gezien van onder meer naftaleen. Dit is een PAK met een zeer sterke prikkelende geur.

Katalytische naverbranding draagt bij aan de vermindering van blootstellingsrisico's voor gezondheid en milieu. Los van discussies over de exacte bijdragen in procenten voor afzonderlijke componenten in houtrook is de ervaring uit de kachelbranche dat het concept en gebruik van een katalysator bij de stoker al bijdraagt aan een verhoogde bewustwording van de potentiële effecten op de omgeving. Temeer omdat de marketing, de verdeling en de installatie van de katalysator gepaard gaat met instructies om meer bewust, met meer kennis en inzicht, zo verantwoord als mogelijk te stoken.

Het RIVM stelt in een literatuurstudie: *"Hout stoken in open haarden en houtkachels is in Nederland de meest genoemde bron van geuroverlast in de leefomgeving. Ook kan er angst bestaan voor de gevolgen van houtrook voor de gezondheid. Bij de verbranding van hout in kachels en haarden komen verschillende chemische stoffen vrij, zoals fijn stof, koolmonoxide, verschillende vluchtige organische stoffen en PAK's (polycyclische aromatische koolwaterstoffen). Op basis van beschikbaar onderzoek is echter niet goed in te schatten in hoeverre deze uitstoot gezondheidseffecten kan veroorzaken. Dit komt onder meer vanwege de grote variatie in samenstelling en dat is gekoppeld aan type kachel of haard, brandstof en stookgedrag. De uitkomsten van verschillende onderzoeken naar het effect van het stoken van hout op de gezondheid zijn divers."*

De ABCAT is effectief bij de vermindering van de componenten die bovenstaand door het RIVM worden genoemd (o.a. RRF keuringsrapport 2018, VITO studie BBT 2020, Pauw 2020). De effectiviteit is aangetoond voor katalysatoren die geïntegreerd zijn in kachels of inmiddels in binnen- en buitenland op grote schaal nageschakeld met een ABCAT worden toegepast op zowel conventionele als moderne Ecodesign 2022 houtkachels. Het is evident dat met verantwoord stoken -met kennis van zaken, inzicht en omgevingsbewustzijn-, in performante toestellen met adequate houtrookafvoeren en een nabehandeling van houtrook het grootste effect kan worden bereikt bij een emissiereductie.

### **Stroomverbruik katalysator**

Het literatuurverslag van Bureau Blauw vermeldt dat katalysatoren niet zouden bijdragen aan klimaatdoelstellingen omdat deze elektriciteit zouden gebruiken en het energieverbruik zouden verhogen. Dit is onjuist. Katalysatoren hebben geen stekker, worden niet aangesloten op een externe stroomvoorziening en verbruiken geen elektrische energie. De energie wordt in de vorm van warmte onttrokken aan de rookgassen en opgewekt middels zogenaamde exotherme reacties.

### **Geraadpleegde literatuur**

Buro Blauw, Rapport BL2021.10398.01-V01, April 2021. (Kosten)effectiviteit en toepasbaarheid maatregelen particuliere houtstook.

Bruns et al, 2015. Atmospheric Chemistry and Physics Characterization of primary and secondary wood combustion products generated under different burner loads

Bruns et al, 2016. Identification of significant precursor gases of secondary organic aerosols from residential wood combustion.

Departement Omgeving en AGORIA Vlaanderen, 2018. Green Deal Huishoudelijke Houtverwarming.

RIVM, Rapport 609300027/2011. Gezondheidseffecten van houtrook.

RRF Oberhausen, Kurzbericht Prüfergebnisse SB18-4837. ABCAT RVS Holzrauchfilter mit Katalysator.

VITO et al, 2020. Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor huishoudelijke houtverwarming.

Wijbrand Pauw, 2020. Tijdschrift Lucht nummer 3 2020. Niet de houtkachel verbieden, maar beter leren stoken.