



BRANDWEER

Brandweeracademie

Advies vliegvuur vreugdevuren



Instituut Fysieke Veiligheid
Brandweeracademie
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
www.ifv.nl
info@ifv.nl
026 355 24 00

Colofon

Instituut Fysieke Veiligheid (2020). *Advies vliegvuur vreugdevuren*. Arnhem: IFV.

Opdrachtgever: Brandweer Haaglanden
Contactpersoon: Tonnie Wold
Titel: Advies vliegvuur vreugdevuren
Datum: 23 november 2020
Status: Definitief
Versie: 1.0
Auteurs: Ruud van Liempd
Projectleider: Hans Hazebroek
Review: Ricardo Weewer
Eindverantwoordelijk: Ricardo Weewer

Inhoud

	Inleiding	4
1	Onderzoeksmethode	6
2	Het voorspellen van de effecten van vliegvuur	7
3	Conclusie	10
	Literatuurlijst	11

Inleiding

Tijdens de jaarwisseling 2018-2019 hebben er zoals gebruikelijk een tweetal grote vreugdevuren gebrand op het strand bij Scheveningen en Duindorp. Enige tijd na het aansteken van beide vuurstapels bleek er sprake te zijn van veel vlieg vuur, waardoor omstanders en nabije woonwijken in een gevaarlijke situatie terechtkwamen. De Onderzoeksraad voor Veiligheid heeft vervolgens onderzoek verricht naar het vlieg vuur, de vuurstapel en naar de organisatie van dit jaarlijkse evenement.

Voor de jaarwisseling van 2019-2020 wilden de organisatoren opnieuw een vreugdevuur organiseren. Vanwege de gevaarlijke situatie die zich een jaar eerder had voorgedaan, ontstond bij Brandweer Haaglanden de behoefte haar eigen advies aan de gemeente ten aanzien van de veiligheid van dergelijke vreugdevuren wetenschappelijk te laten reviewen. Hierop heeft de Brandweeracademie van het IFV op verzoek van Brandweer Haaglanden het conceptadvies gereviewd¹.

In tegenstelling tot in Nederland is er in het buitenland – mede in verband met natuurbranden waarbij vlieg vuur een relatief veel voorkomend verschijnsel is – de afgelopen jaren uitgebreid onderzoek verricht dit fenomeen. Op dat onderzoek en op het onderzoek dat de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OvV) in 2019 had verricht naar het vlieg vuur, de vuurstapel en naar de organisatie van de jaarlijkse vreugdevuren, is de bovengenoemde review van het conceptadvies gebaseerd. In die review is over vlieg vuur al het volgende opgenomen:

Analyserend is op het ontstaan van vlieg vuur een groot aantal factoren van toepassing die op zichzelf niet of nauwelijks beïnvloedbaar zijn. Windsterkte en -richting, maar ook inversielagen bijvoorbeeld zijn niet te beïnvloeden en kunnen plots wijzigen. De enige factor die wél beïnvloedbaar kan zijn is de bron van vlieg vuur: als deze bron 'uitgeschakeld' kan worden als er een gevaarlijke situatie ontstaat, zal automatisch ook het vlieg vuur sterk afnemen of volledig verdwijnen.

Om goed gefundeerde uitspraken te kunnen doen over de voorspelbaarheid van vlieg vuur bij grotere vuurstapels is er echter (meer) kennis noodzakelijk dan wat hierboven is geciteerd. Vlieg vuur is immers nog steeds een relatief ongrijpbaar fenomeen, zodat het voor de brandweer moeilijk is om te kunnen onderbouwen bij welke omvang en samenstelling van een brandstapel de veiligheid van omstanders te allen tijde gegarandeerd kan worden.

Hoewel er tijdens de jaarwisseling van 2019-2020 uiteindelijk geen vreugdevuur is georganiseerd, is er wel het voornemen in Duindorp en Scheveningen om dit in de toekomst weer te doen. Indien er hiervoor een evenementenvergunning wordt aangevraagd, zal Brandweer Haaglanden hierover weer een advies moeten uitbrengen én voorbereidingen moeten treffen voor het eigen optreden. Vanuit deze taakstelling en verantwoordelijkheid heeft Brandweer Haaglanden behoefte aan een beter begrip van de mate van voorspelbaarheid van vlieg vuur. Daarom heeft zij de Brandweeracademie gevraagd om hier

¹ Review conceptadvies vreugdevuren d.d. 21 oktober 2019.

nader onderzoek naar te doen, waarvan het voorliggende rapport het resultaat is. Het onderzoek concentreert zich op de volgende vraag:

In hoeverre kunnen het ontstaan, de omvang en de verspreiding van vliegvuur bij een grotere vuurstapel dan 10x10x10 meter worden voorspeld?

In deze rapportage vindt u het antwoord op deze onderzoeksvraag.

1 Onderzoeksmethode

De onderzoeksvraag is beantwoord op basis van een literatuuronderzoek. In de literatuur is gezocht in hoeverre te voorspellen is of er ongewenste effecten door vliegvuur optreden bij een vuurstapel groter dan 10x10x10 meter.

Er is conform de afspraken in de offerte gezocht in de onderstaande bronnen.

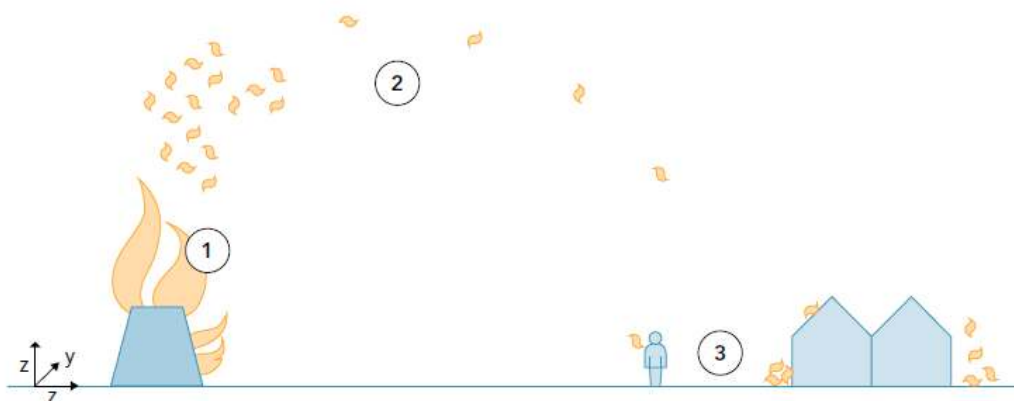
- > De Efectis-rapportage over de vreugdevuren in Scheveningen.
- > Het rapport van de Onderzoeksraad voor Veiligheid en de onderliggende literatuur.
- > Development of a New Approach to Characterize Firebrand Showers During Wildland-Urban Interface (WUI) Fires: A Step Towards High-Fidelity Measurements in Three Dimensions.
- > Investigation of firebrand generation from an experimental fire: Development of a reliable data collection methodology (uit: *Fire Safety Journal*).
- > Andere rapportages van de Wildland-urban interface fire group van NIST (National Institute of Standards and Technology).
- > Relevante onderzoeken van de U.S. Forest Service, zie: <https://www.fs.usda.gov/treesearch/>.

Voorts zijn incidentevaluaties bestudeerd van branden waarbij vliegvuur is opgetreden. Dit betreft onder andere de brand in de 'Bonte Wever' in Slagharen en een brand in Kapelle (Zeeland) waar een grote hoeveelheid fruitkisten is verbrand. Helaas boden deze incidentevaluaties te weinig informatie om een inhoudelijke analyse van vliegvuur op te kunnen stellen. Deze incidentevaluaties zijn daarom niet verder meegenomen in het onderzoek.

2 Het voorspellen van de effecten van vliegvuur

Bij het voorspellen van de effecten van vliegvuur zijn drie onderdelen van belang (zie figuur 2.1):

1. Het ontstaan van vliegvuur. Welke factoren bepalen het ontstaan, de mate en de vorm waarin vliegvuurdeeltjes ontstaan?
2. De verspreiding van vliegvuurdeeltjes. Tot hoever reiken vliegvuurdeeltjes die ongewenste effecten kunnen veroorzaken?
3. De schadelijkheid van vliegvuurdeeltjes. In hoeverre veroorzaakt het vliegvuur ongewenste effecten zoals secundaire branden in gebouwen of schade aan of rondom gebouwen, secundaire branden in vegetatie, of schade aan personen / ontbranden kleding personen?



Figuur 2.1 Drie relevante onderdelen voor het voorspellen van vliegvuur (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2019)

De relevante gegevens uit onderzoeken voor deze drie onderdelen worden hieronder toegelicht. Vervolgens wordt een conclusie op basis van de drie onderdelen ontstaan, verspreiding en schadelijkheid van vliegvuur gegeven. Er wordt afgesloten met een beschouwing van de mogelijkheid tot nader onderzoek.

Ontstaan van vliegvuur

In 1969 werd al onderzoek uitgevoerd naar vliegvuurdeeltjes (IIT Research Institute, 1969). Tijdens dit onderzoek zijn experimenten gedaan naar het ontstaan van vliegvuur bij verschillende brandende dakconstructies onder verschillende omstandigheden. Er is geconcludeerd dat het ontstaan van vliegvuur sterk afhankelijk is van de interne drukverschillen in het vuur. Door deze drukverschillen kunnen deeltjes losraken en mee omhoog gevoerd worden met de stijgende warme lucht van de brand. De interne drukverschillen worden versterkt door een hoge brandvermogensdichtheid en een hoge windsnelheid. Er kon geen grens aangegeven worden wanneer er geen vliegvuur meer ontstond. Ook zonder wind was er sprake van vliegvuur bij deze experimenten.

Meer recentelijk is er ook onderzoek gedaan naar het ontstaan van vlieg vuur, zowel op experimentele schaal als op werkelijke schaal (Suzuki & Manzello, 2019; Thomas et al., 2017). Nog steeds kan echter niet eenduidig voorspeld worden hoeveel vlieg vuur van welke afmetingen onder welke omstandigheden ontstaat (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2019). De literatuur geeft geen inzicht in de vorm en grootte van vlieg vuurdeeltjes die te verwachten zijn bij een vuurstapel van pallets (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2019). Wat betreft een (kleine) vuurstapel van andere brandstof zoals kerstbomen is meer kennis beschikbaar over het ontstaan van vlieg vuur bij de verbranding (Manzello, Maranghides, & Mell, 2007; Manzello et al., 2009). Kwantitatieve data voor een vuurstapel van 10x10x10 meter of groter opgebouwd uit kerstbomen ontbreken echter ook.

Verspreiden van vlieg vuur

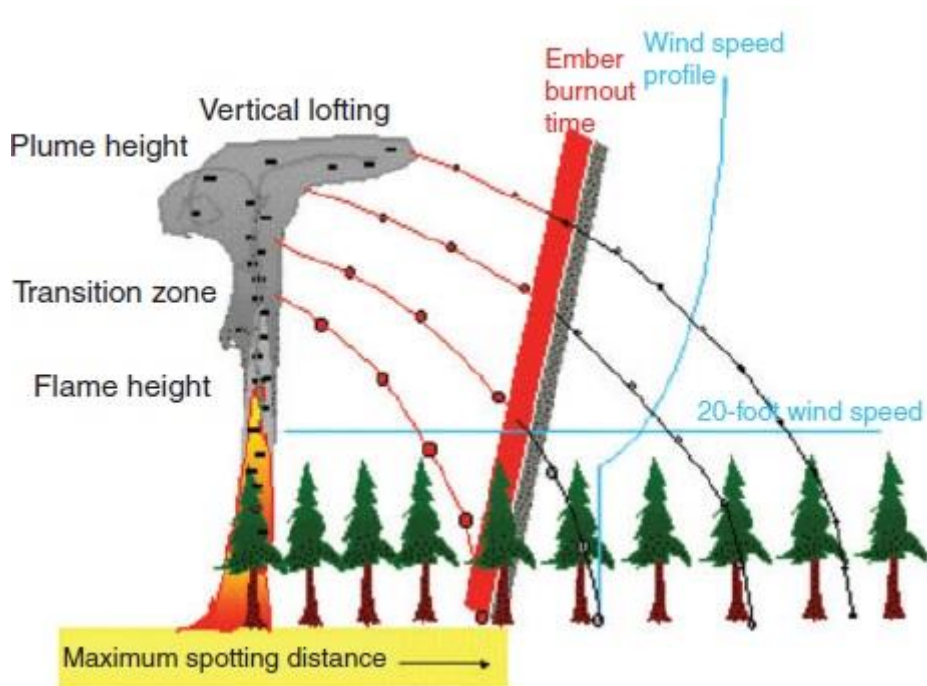
De wijze waarop vlieg vuurdeeltjes zich verspreiden, is sterk afhankelijk van de wind en de convectiekolom van de brand. Deze twee fenomenen interacteren ook met elkaar (Koo, Pagni, Weise, & Woycheese, 2010). De convectiekolom zorgt voor de opwaartse kracht die de vlieg vuurdeeltjes mee omhoog neemt. De wind zorgt voor de zijwaartse kracht die de vlieg vuurdeeltjes horizontaal verplaatst. De wind is echter ook van invloed op de convectiekolom zelf en ook op het ontstaan van vlieg vuurdeeltjes.

Hedayati heeft uitgebreid getest en in beeld gebracht hoe vlieg vuurdeeltjes zich verspreiden (Hedayati, 2018). Hij weet de afstanden waarover vlieg vuurdeeltjes zich verspreiden betrouwbaar te voorspellen voor brandende constructies van houten wanden. Het vertalen van de resultaten van dit onderzoek naar een vuurstapel van houten pallets met een afmeting van meer dan 10x10x10 meter is echter niet mogelijk. Het brandvermogen van een vuurstapel van houten pallets is eerder geschat op 500 – 2000 MW² (review conceptadvies vreugdevuren d.d. 24 oktober 2019). Dit geeft een brandvermogensdichtheid van 5 – 20 MW/m² – vele malen groter dan de brandvermogensdichtheden die er vermoedelijk in het onderzoek van Hedayati zijn opgetreden. De verspreiding van vlieg vuur is verder afhankelijk van de vorm van de deeltjes (Rahul Wadhvani, Duncan Sutherland, 2016). De vorm en grootte van de deeltjes zijn niet bekend bij brand in een vuurstapel van houten pallets.

Schadelijkheid van vlieg vuur

Vlieg vuurdeeltjes zijn pas schadelijk vlieg vuur wanneer ze schade aanrichten. Op het moment dat de vlieg vuurdeeltjes zijn opgebrand, zijn ze niet meer schadelijk (zie figuur 2.2). De grootte en de vorm van de deeltjes zijn van invloed op hun vlucht en 'burnout time' (Koo et al., 2010). De grootte en de vorm van de deeltjes die ontstaan bij een vuurstapel van houten pallets is niet bekend.

² Ter illustratie: volgens de basisprincipes brandbestrijding zijn voor het bestrijden van dit brandvermogen 50 – 200 stralen lage druk nodig. Meer achtergrond bij het benodigde koelende vermogen is te vinden in het rapport *Review conceptadvies vreugdevuren*, d.d. 24 oktober 2019.



Figuur 2.2 Verspreiding van vliegvuur en 'burnout time' (Bron: Koo et al., 2010)

Vliegvuur kan schadelijk zijn door het veroorzaken van:

- > schade aan gebouwen of objecten
- > secundaire branden in gebouwen, objecten of vegetatie
- > persoonlijk letsel. Dit kan direct gebeuren (brandwonden door de vliegvuurdeeltjes) of indirect (brandwonden doordat bijvoorbeeld kleding ontbrandt).

Het bestaande onderzoek naar de effecten van vliegvuur richt zich hoofdzakelijk op secundaire branden in gebouwen of vegetatie. Over schade aan gebouwen of objecten en persoonlijk letsel door vliegvuur is weinig bekend uit onderzoek (Onderzoeksraad voor Veiligheid, 2019). Er is wél veel bekend over het effect van warmte op personen en de invloed daarvan op bijvoorbeeld de huid (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2003). Als gegevens over de vliegvuurdeeltjes (afmetingen, temperatuur etc.) die op mensen terechtkomen bekend zouden zijn, kan bij benadering berekend worden wat de effecten van die deeltjes op personen zijn. Die gegevens over de deeltjes zijn bij een verbranding van pallets echter niet bekend.

De kans op secundaire branden aan gebouwen neemt toe op plekken waar vliegvuurdeeltjes zich op kunnen hopen of waar gedurende langere tijd meer deeltjes op één plek terechtkomen. Kritieke plekken waar de kans groter is dat bij ophoping van vliegvuurdeeltjes secundaire branden in gebouwen ontstaan zijn (NIST, 2011):

- > openingen in het gebouw, zoals bijvoorbeeld het rooster van een luchtkanaal
- > onder dakpannen die niet goed zijn afgesloten aan de onderzijde
- > een brandbare buitenzijde van een gebouw.

De mate waarin secundaire branden ontstaan, is hierdoor ook variabel. Dat betekent dat de kans op een te optimistisch of pessimistische inschatting van de hoeveelheid secundaire branden die ontstaat groot is.

3 Conclusie

Al decennialang vindt er onderzoek plaats naar vlieg vuur. Er is zowel experimenteel onderzoek gedaan als onderzoek naar praktijkincidenten waarbij vlieg vuur zich heeft voorgedaan.

Er is vooral onderzoek gedaan naar vlieg vuur bij natuurbranden. Een vuurstapel van 10x10x10 meter bestaande uit pallets wijkt sterk af van een natuurbrand of van gebouwdelen die onderzocht zijn met het oog op de effecten van vlieg vuur. Zo zijn er bijvoorbeeld verschillen in soort en structuur van het materiaal dat brandt, de brandvermogensdichtheid en het brandvermogen. Dit maakt dat het voorspellen van vlieg vuur specifiek voor een vuurstapel groter dan 10x10x10 meter bestaande uit pallets extra onzekerheid met zich meebrengt. Overigens is deze extra onzekerheid er ook – zoals eerder aangegeven in de review conceptadvies vreugdevuren – bij een vuurstapel van 10x10x10 meter.

Er kan daarom geconcludeerd worden dat het voldoende betrouwbaar voorspellen van vlieg vuur op dit moment nog vrijwel onmogelijk is. Vlieg vuur is van veel verschillende factoren afhankelijk die elk hun eigen onzekerheid kennen. Al deze onzekerheden samen maken dat de totale onzekerheid te groot is om een uitspraak te kunnen doen over het optreden van schadelijk vlieg vuur.

Mogelijkheid tot nader onderzoek

Een literatuurstudie kan geen antwoord leveren op de vraag hoe vlieg vuur beter ingeschat of voorspeld kan worden. Modelling en simulatie zijn niet mogelijk, doordat er nog geen betrouwbaar model beschikbaar is. Dit ondanks dat er al decennialang onderzoek gedaan wordt naar vlieg vuur. Een optie die dan overblijft is het uitvoeren van experimenteel onderzoek. Testen op laboratoriumschaal zijn mogelijk (en reeds uitgevoerd voor andere brandstoffen dan pallets), maar laten zich lastig vertalen naar een situatie op werkelijke schaal. De brandvermogensdichtheid is bij testen op laboratoriumschaal namelijk flink anders dan in werkelijkheid, en juist de brandvermogensdichtheid zorgt mede voor de interne krachten in het vuur waardoor de vlieg vuurdeeltjes ontstaan. Op basis van laboratoriumtesten voorspellen hoeveel en wat voor soort vlieg vuurdeeltjes ontstaan is werkelijkheid, is daarom niet betrouwbaar. Hiervoor zou validatie op basis van testen op werkelijke schaal plaats moeten vinden.

Literatuurlijst

- Hedayati, F. (2018). *Generation and Characterization of Firebrands from Selected Structural Fuels*. Charlotte: University of North Carolina. Retrieved from <https://librarylink.uncc.edu/login?url=https://search.proquest.com/docview/2036863709?accountid=14605>.
- IIT Research Institute. (1969). *Experimental study of firebrand generation*. Chicago.
- Koo, E., Pagni, P. J., Weise, D. R., & Woycheese, J. P. (2010). Firebrands and spotting ignition in large-scale fires. *International Journal of Wildland Fire*, 19(7), 818–843. <https://doi.org/10.1071/WF07119>.
- Manzello, S. L., Maranghides, A., & Mell, W. E. (2007). Firebrand generation from burning vegetation. *International Journal of Wildland Fire*, 16(4), 458–462. <https://doi.org/10.1071/WF06079>.
- Manzello, S. L., Maranghides, A., Shields, J. R., Mell, W. E., Hayashi, Y., & Nii, D. (2009). Mass and size distribution of firebrands generated from burning Korean pine (*Pinus koraiensis*) trees. *Fire and Materials*, (33), 21–31. <https://doi.org/10.1002/fam.977>.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2003). Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen Deel 1A : Effecten van brand op personen.
- NIST. (2011). *Summary of Full-scale Experiments to Determine Vulnerabilities of Building Components to Ignition by Firebrand Showers*. NIST Special Publication 1126. Scotts Valley: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid. (2019). *Vliegvuur op Scheveningen*. Den Haag.
- Rahul Wadhvani, Duncan Sutherland, K. M. (2016). *Scattering & Transport of Firebrand: Effect of Firebrand Shapes*. AFAC Conference, Brisbane.
- Suzuki, S., & Manzello, S. L. (2019). Investigating effect of wind speeds on structural firebrand generation in laboratory scale experiments. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 130, 135–140. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.10.045>.
- Thomas, J. C., Mueller, E. V., Santamaria, S., Gallagher, M., El Houssami, M., Filkov, A., ... Simeoni, A. (2017). Investigation of firebrand generation from an experimental fire: Development of a reliable data collection methodology. *Fire Safety Journal*, 91(February), 864–871. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.04.002>.
- Veiligheidsregio Zeeland. (2017) *Zeer grote brand Kapelle 23 maart 2017 - Operationeel optreden brandweer*.