



**Bijlage: Notitie “Inzet van V-STACKS/ NNM voor rekenen aan lokale houtstook”**

MIL-2021-0046

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
www.rivm.nl

T 030 274 9111  
info@rivm.nl

**Aanleiding**

Het ministerie van IenW heeft enkele vragen over het modelleren van de effecten van houtstook aan het RIVM gesteld. In deze notitie wordt ingegaan op de vragen en overwegingen bij de antwoorden.

Centrale vraag van het ministerie van IenW

Is V-STACKS/ NNM geschikt om in een concrete houtstook situatie te berekenen wat de geur of CO concentraties zijn? Waarom wel of niet? Het gaat dus niet om het aanwijzen van een bron, maar het aangeven hoeveel overlast (in de vorm van geur of componenten) de kachel veroorzaakt bij burens/omgeving.

Vervolg vragen

- Welke aanpassingen zijn nodig om het model geschikt te maken? Wat is er verder nodig? (zijn emissiefactoren beschikbaar, validatie van de rekenmodule, ect).
- Welke elementen uit het voorstel van STAB, en/of Hans Erbrink en Buro Blauw zijn haalbaar/uitvoerbaar? Wat zijn de beperkingen, onzekerheden en voor- en nadelen?
- Beveelt RIVM V-Stacks/NNM wel of niet aan om houtstook overlast in een concrete situatie te berekenen en beoordelen? Indien NNM niet geschikt is, zijn er dan andere modellen bruikbaar (of bekend uit buitenland)?
- Voor wat betreft theorie of de rekenmethode: SRM3 / NNM. Is de methode geschikt voor de gevraagde berekeningen? Voldoen onderdelen van de rekenmethode zoals de gebouwmodule of meteorologie aan het gevraagde?
- Voor de implementaties: is een aanpassing of variant van V-Stacks mogelijk voor de berekening van geurhinder van houtstook-bronnen. En is een aanpassing of variant van ISL3a of Geomilieu mogelijk voor wat betreft de berekening van de bijdrage aan de concentratie van de diverse componenten?
- En is de methode en implementatie geschikt/geschikt te maken voor het berekenen van de diverse componenten: fijnstof (PM10, PM2,5 en ultrafijnstof), VOS, PAK en CO?

### **Samenvatting antwoorden**

In het algemeen is de familie van Gaussische rekenmodellen voor luchtkwaliteit, waar SRM3/NNM toe behoort, slechts (zeer) beperkt geschikt voor het op korte afstand rekenen aan complexe geometrieën en situaties.

Het is niet ondenkbaar dat onder specifieke omstandigheden die aansluiten bij het toepassingsbereik, zoals relatief aaneengesloten platte daken zonder obstakels van belang, en zonder gaten tussen de huizen/daken, in combinatie met voldoende nauwkeurig bekende emissies en lokale meteo, een Gaussisch pluimmodel een zekere (beperkte) benadering kan geven van de concentraties in de directe omgeving. Of en in welke mate en omstandigheden dit het geval is, zou moeten worden onderzocht. Op basis van alle overwegingen wordt de kans dat in het algemeen zinvolle resultaten kunnen worden behaald als (zeer) beperkt ingeschat.

Complexe numerieke rekenmodellen ("Computational Fluid Dynamics", "Direct Numerical Simulation" of "Large Eddy Simulation") zijn in principe veel beter geschikt voor het rekenen aan de geschetste situaties. Alle meer complexe modeltechnieken zijn (zeer) rekenintensief en vereisen specialistische expertise en veel meer en gedetailleerdere informatie om de berekeningen uit te voeren. Voor specifieke studies is het overigens ook een optie om windtunnelonderzoek te laten verrichten. Mits goed uitgevoerd, kunnen in een windtunnel de details van stroming nabij, tussen en rondom niet-blokvormige objecten goed worden gesimuleerd.

### **Het NNM / SRM3**

Om de basisvraag “Is V-STACKS/ NNM geschikt om in een concrete houtstook-situatie te berekenen wat de geur of CO concentraties zijn?” te beantwoorden is het goed om eerst stil te staan bij de achtergrond van het Nieuw Nationaal Model<sup>1</sup> (NNM), formeel<sup>2</sup> ook bekend als “Standaard Reken Methode 3” (SRM3). Verschillende modellen, zoals ISL3a en V-Stacks zijn (deels versimpelde) klonen van NNM/SRM3. Het luchtkwaliteitsmodel in GeoMilieu<sup>3</sup> is feitelijk een implementatie van SRM3. Oftewel, alle genoemde modellen zijn varianten/klonen van hetzelfde Gaussische verspreidingsmodel. De Gaussische verspreidingsmodellen worden al lang en uitgebreid gebruikt om de verspreiding van emissies te modelleren. In Nederland behoren SRM2 en SRM3 tot deze familie. Bekende buitenlandse voorbeelden zijn het Engelse ADMS model<sup>4</sup> en het Amerikaanse AERMOD<sup>5</sup>.

#### Gaussische pluimmodellen

Zoals gezegd behoort de rekenmethode SRM3 tot de familie van de zogenaamde “Gaussische pluimmodellen”. Een schematische weergave van de pluim bij een emissies uit een schoorsteen wordt in figuur 1 gegeven. De verontreiniging wordt in een Gaussisch model weergegeven als een gladde conus in de richting van de windstroming, met in het centrum de hoogste concentraties en naar buiten toe afnemende concentraties. De snelheid waarmee de pluim breder en hoger wordt, en de concentraties dus verdunnen, is afhankelijk van de omgeving van de bron, de afstand tot de bron en de atmosferische omstandigheden, lokaal en in de omgeving.

---

<sup>1</sup> <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/koppeling/nieuw-nationaal/>

<sup>2</sup> <https://wetten.overheid.nl/BWBR0022817/2021-04-03>

<sup>3</sup> <https://dgmrsoftware.nl/producten/geluid-en-luchtkwaliteit/geomilieu/>

<sup>4</sup> <https://www.cerc.co.uk/environmental-software/ADMS-model.html>

<sup>5</sup> <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models>

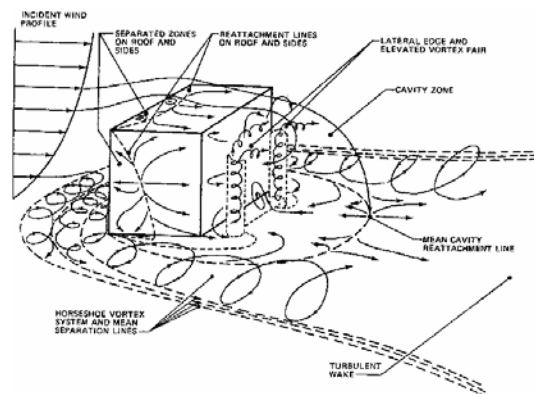
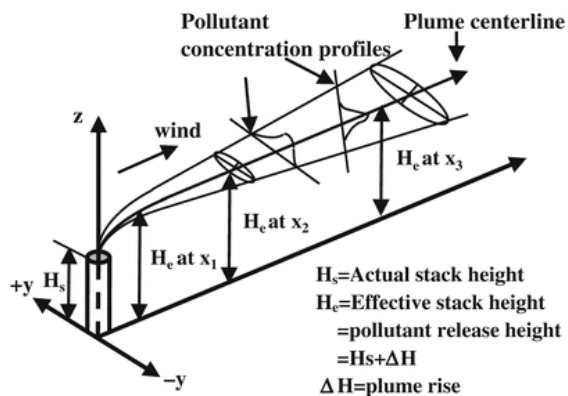


Figure 1: Flow around a building (cube)

Figuur 1, Links: Schematisch verloop van concentraties in een pluim volgens het Gaussisch pluimmodel

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gaussian\\_Plume\\_\(SVG\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gaussian_Plume_(SVG).svg)).

Rechts: Omstroming van een blokvormig obstakel<sup>6</sup>.

### Obstakels in de stroming

De gladde concentratieverdeling in een Gaussische pluim gaat alleen op zolang de pluim niet op obstakels stuit. Zodra luchtstroming op een vierkant obstakel stuit ontstaan in het algemeen complexe stromingspatronen. Ingeval van stroming rond een kubus zijn de patronen goed bekend, zie figuur 1 (rechts) voor een schematische weergave. Aan alle kanten van de kubus ontstaan luchtwervelingen, die elkaar ook weer beïnvloeden. Het is duidelijk dat de stroming, na interactie met het obstakel, niet meer de simpele (analytische) vorm heeft van een relatief simpele Gaussische pluim. De verschillende Gaussische verspreidingsmodellen proberen op verschillende meer of minder complexe manieren te corrigeren voor het effect van obstakels op de stroming. Deze correcties zijn vooral belangrijk als obstakels zich dicht bij de emissiebron bevinden en worden steeds minder belangrijk voor toenemende afstand van de bron. Bij toenemende afstand van de bron kan de invloed van alle obstakels op het stromingsveld langzaam als aerodynamische ruwheid worden beschreven.

<sup>6</sup> Claudine Metral, Gilles Falquet, Kostas Karatzas, "Ontologies for the Integration of Air Quality Models and 3D City Models", <https://arxiv.org/pdf/1201.6511.pdf>, 2008

Voor het NNM is in het verleden een zogenaamde gebouwmodule<sup>7</sup> ontwikkeld. De handleiding/handreiking van het model zegt hierover<sup>8</sup>:

“Rekenmodel Stacks bevat de mogelijkheid om per bron 1 zuiver blokvormig gebouw gedetailleerd in te voeren. In de verspreidingsberekening wordt dan voor die bron het effect op de verspreiding van het gebouw meegenomen.”

Bij latere verdere onderzoeken<sup>9</sup> aan de gebouwmodule is, onder andere, gebleken dat de module moeite heeft met het beschrijven van stroming bij niet blokvormige gebouwen en obstakels, denk aan schuine daken. In hoofdstuk 10 van het “Parse boekje”, de beschrijving<sup>10</sup> van het NNM, wordt al opgemerkt dat

“Onderzoek naar een methode voor verspreidingsberekeningen van emissies uit een bron in complex bebouwd (stedelijk, industrieel) gebied is dringend gewenst.”

In een van de handreikingen van het NNM wordt nader ingegaan op de reikwijdte van de toepassing van de gebouwmodule<sup>11</sup>. Hier wordt aangegeven dat de gebouwmodule in beginsel uitgaat van één gebouw in een ongestoorde omgeving. In enkele gevallen zijn benaderingen mogelijk, bijvoorbeeld door een groep gebouwen als een enkel gebouw te behandelen. Bij een situatie van vele losse gebouwen, zoals op een bedrijventerrein, stelt de handreiking: “In deze gevallen kunnen concentraties op leefniveau in de nabijheid van bedrijven niet goed bepaald worden. Dat komt omdat er noch van een vrije aanstroming bovenwinds, noch van een ontwikkeling van een lijwervel sprake meer is.”. In de praktijk wordt houtrook op allerlei plekken op (schuine) daken (of ernaast) geëmitteerd, staan er dakkapellen op de daken en zijn er allerlei openingen tussen (rijen) huizen. Een zoektocht van beelden op het internet laat heel veel variaties in de omstandigheden rond schoorstenen

---

<sup>7</sup> [https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/koppeling/nieuw-nationaal/handreiking-nieuw/handreiking-nieuw-0/5\\_2\\_omschrijving/](https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/koppeling/nieuw-nationaal/handreiking-nieuw/handreiking-nieuw-0/5_2_omschrijving/)

<sup>8</sup> <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/geur/model-v-stacks/achtergronden-stacksmodellen/>

<sup>9</sup> C. Potma (FlowMotion), S. van den Akker (Peutz), S. van Ratering (TNO), J.J. Erbrink, E. Kokmeijer en L. Verhees (DNV KEMA), "Herijking gebouwroutine: een analyse, validatie en voorstellen tot verbetering", Arnhem, 17 september 2012, 74101268-CES/ECS 12-7432

<sup>10</sup> <https://www.infomil.nl/publish/pages/67563/pb17.pdf>

<sup>11</sup> <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/beoordelen/koppeling/nieuw-nationaal/handreiking-nieuw/handreiking-nieuw-0/10-3-keuze-invoer/5-3-5-reikwijdte/>

zien. Al deze praktische situaties wijken af van het strakke analytische beeld van een Gaussische pluim. In het algemeen moet ook worden opgepast met de toepassing van Gaussische modellen op zeer korte afstanden<sup>12</sup>. Expliciete kalibratie/validatie is dan noodzakelijk. Of, en in hoeverre, de praktische omstandigheden bij houtstook binnen het toepassingsbereik van een Gaussisch pluimmodel, deels in combinatie met de gebouwmodule, vallen, is in het algemeen dan ook niet duidelijk.

### Emissies

De emissie van een bron moet voor een berekening van de concentraties bekend zijn. In de praktijk variëren de emissies van houtstook sterk met het exacte kachel/haard type, het gebruikte soort hout en zijn ze ook sterk afhankelijk van de mate waarin "optimaal" wordt gestookt<sup>13</sup>. Het verschil tussen volledige en slechte verbranding kan makkelijk een factor zeven bedragen. In geval van overlast is het verder de vraag wat en hoe er precies wordt gestookt. Voor de berekeningen van de grootschalige concentraties in Nederland worden de emissiegegevens uit de Emissieregistratie<sup>14</sup> als invoer gebruikt, hierbij worden de condenseerbare gassen ook in rekening gebracht<sup>15</sup>. Op nationale schaal zijn dat de best beschikbare gegevens. Voor individuele houtkachels is de onzekerheid echter groot. Oftewel, de hoeveelheid emissie van een houtkachel zal vaak slecht tot niet bekend zijn. Overigens gaat het niet alleen om de hoeveelheid stof die uit een schoorsteen komt, maar ook om de temperatuur en emissiesnelheid waarmee dat gebeurt.

### Meteorologie

Een bijkomend probleem is dat voor de richting van de pluim vanaf de schoorsteen en de mate van verdunning, de meteorologie ter plaatse van de pluim bekend moet zijn. Globale meteorologische gegevens voor het gebied volstaan niet aangezien de wind bij stroming rond obstakels (de huizen en andere structuren in de wijk) van richting, snelheid en turbulentie constant zal veranderen. Een enkele berekening gaat waarschijnlijk dan ook niet volstaan. Een bijkomend probleem is dat de meeste overlast van houtstook optreedt in situaties waarbij er nauwelijks sprake is van stroming in de atmosfeer, de emissies blijven als het ware

---

<sup>12</sup> Analytical Evaluation of Dispersion of Exhaust from Rooftop Stacks on Buildings, <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/pubirsst/r-576.pdf>

<sup>13</sup> <https://stab.nl/wp-content/uploads/2019/11/STAB-Kennisdocument-Houtstook-september-2019.pdf>

<sup>14</sup> <http://www.emissieregistratie.nl>

<sup>15</sup> R. Hoogerbrugge et al., Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland Rapportage 2021, RIVM-rapport 2021-0068

hangen. Dit zijn situaties waarin Gaussische modellen vaak moeite hebben de processen in de atmosfeer te beschrijven<sup>16</sup>.

#### Geur en chemie in de pluim

Een uitspraak over geur is verder extra lastig omdat het niet om de concentraties van een concrete stof gaat. Voor een uitspraak over CO concentraties is het ook noodzakelijk om de chemie van de verbranding volledig en correct in de berekening mee te nemen.

#### **Overwegingen toepasbaarheid Gaussisch pluimmodel bij houtstook**

In de praktijk zijn voor een willekeurige schoorsteen in een willekeurige woonwijk de emissies noch de in de tijd variërende emissiekenmerken, noch de hyper-lokale geometrie, noch de feitelijke actuele continu variërende meteorologie op een willekeurig moment goed bekend. De resultaten van een berekening met een Gaussisch pluimmodel hebben dan ook een zeer grote onzekerheid. Let op: dit voor zover het model principieel al op de specifieke situatie toepasbaar is en de numerieke resultaten enige zeggingskracht hebben.

Het is niet ondenkbaar dat onder specifieke omstandigheden die aansluiten bij het toepassingsbereik, zoals relatief aaneengesloten platte daken zonder obstakels van belang, en zonder gaten tussen de huizen/daken, in combinatie met voldoende nauwkeurig bekende emissies en lokale meteo, een Gaussisch pluimmodel een zekere (beperkte) benadering kan geven van de concentraties in de directe omgeving. Of en in welke mate en omstandigheden dit het geval is, zou moeten worden onderzocht. Hierbij kunnen wellicht schematische situaties worden afgebakend waarin de resultaten van een Gaussisch pluimmodel enige zeggingskracht hebben. De betreffende omstandigheden en onzekerheden dienen dan helder en robuust te worden gedefinieerd en ook uitgebreid te worden gevalideerd. Zodra de structuur van de huizen, daken en obstakels iets meer complex wordt, is het concept van een Gaussisch pluimmodel steeds minder van toepassing en kan aan de resultaten naar verwachting weinig waarde worden toegekend. Op basis van alle overwegingen wordt de kans dat in het algemeen zinvolle resultaten kunnen worden behaald als (zeer) beperkt ingeschat.

---

<sup>16</sup> Dispersion of particulate matter (PM2.5) from wood combustion for residential heating: Optimisation of mitigation actions based on large-eddy simulations, Tobias Wolf, Lasse H. Pettersson, Igor Esau, Nansen Environmental and Remote Sensing Center, Norway, <https://doi.org/10.5194/acp-2021-81> Preprint.

## Andere rekenmethoden

Door de opzet van een Gaussisch pluimmodel is het niet mogelijk om een dergelijk model principieel geschikt te maken voor het rekenen aan meerdere obstakels of aan situaties met ruimte tussen objecten. De wiskundige basisformulering biedt daar geen opties voor. Andersoortige modellen zijn beter geschikt om de stroming tussen en rondom obstakels zinvol door te rekenen. Het gaat hierbij om stromingsmodellen op basis van, bijvoorbeeld, "Computational Fluid Dynamic"<sup>17</sup> (CFD), waarbij de Navier-Stokes vergelijkingen met verschillende benaderingen worden opgelost, technieken als "Direct Numerical Simulation"<sup>18</sup> die de stroming in groter detail modelleert of een tussenvorm als "Large Eddy Simulation"<sup>19</sup>. In een COST actie zijn de resultaten van een windtunnelmeting in stedelijk gebied vergeleken met modelresultaten van Gaussische, Lagrange en CFD/LES modellen<sup>20</sup>. Toenemende complexiteit van de modellen resulteerde in deze studie in een betere overeenkomst tussen windtunnel en modelwaarden.

Alle meer complexe technieken zijn (zeer) rekenintensief en vereisen specialistische expertise en veel meer en gedetailleerdere informatie om de berekeningen uit te voeren. Afgezien van enkele (academische) studies ligt inzet van dergelijke complexe modellen voor de analyse van houtstook-emissies dan ook niet voor de hand. Een voorbeeld van een numerieke studie aan de bebouwde omgeving is de vergelijking tussen complexe modellen en experimenten beschreven door Blocken *et al.*<sup>21</sup>. Een andere studie aan de complexe stedelijke omgeving is die van Hertwig *et al.*<sup>22</sup>. De studie laat zien dat geavanceerde CFD/LES technieken het beste in staat zijn om de complexe stromingspatronen te reproduceren.

Voor specifieke studies is het overigens ook een optie om windtunnelonderzoek te laten verrichten. Mits goed uitgevoerd, kunnen in

---

<sup>17</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Computational\\_fluid\\_dynamics](https://en.wikipedia.org/wiki/Computational_fluid_dynamics)

<sup>18</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Direct\\_numerical\\_simulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Direct_numerical_simulation)

<sup>19</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Large\\_eddy\\_simulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Large_eddy_simulation)

<sup>20</sup> Baumann-Stanzer K *et al.*, EVALUATION OF LOCAL-SCALE MODELS FOR ACCIDENTAL RELEASES IN BUILT ENVIRONMENTS – RESULTS OF THE "MICHELSTADT EXERCISE" IN COST ACTION ES1006, 16th HARMO conference, 8-11 September 2014, Varna, Bulgaria

<sup>21</sup> <https://www.semanticscholar.org/paper/Numerical-evaluation-of-pollutant-dispersion-in-the-Blocken-Stathopoulos/54298383f7722bd1c41ccc3b9eb32b01fa0ba565>

<sup>22</sup> Denise Hertwig, Lionel Soulhac, Vladimír Fuka, Torsten Auerswald, Matteo Carpentieri, et al.. Evaluation of fast atmospheric dispersion models in a regular street network. *Environmental Fluid Mechanics*, Springer Verlag, 2018, 10.1007/s10652-018-9587-7 . hal-01761232



een windtunnel de details van stroming nabij, tussen en rondom niet-blokvormige objecten goed worden gesimuleerd<sup>9</sup>.