

RAPPORT

Invulling rookwerendheid volgens NEN 6075 met sprinkler en ventilatie

Bijlagenboek

Klant: VSI Verenigde Sprinkler Industrie

Referentie: BI6166-RHD-ZZ-XX-RP-FC-0002

Status: Definitief/03

Datum: 12 oktober 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Netherlands
Industry & Buildings

+31 88 348 90 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Invulling rookwerendheid volgens NEN 6075 met sprinkler en ventilatie

Sub titel: Bijlagenboek
Referentie: BI6166-RHD-ZZ-XX-RP-FC-0002
Status: 03/Definitief
Datum: 12 oktober 2023
Projectnaam: Onderzoek sprinkler NEN 6075
Projectnummer: BI6166
Auteur(s): Mirre Veerman, Peter Boll

Opgesteld door: Mirre Veerman

Gecontroleerd door: Peter Boll, Daan Jansen

Datum: 12 oktober 23

Classificatie

Open

Informatie en data uit dit document mag met verwijzing gebruikt worden ter onderbouwing van de rookwerendheid volgens de NEN 6075 indien voldaan wordt aan het toepassingsgebied en randvoorwaarden van dit onderzoek. Projectsamenhang moet door bevoegd gezag beoordeeld worden of voldaan wordt aan de eisen van NEN6075 en/ of er sprake is van gelijkwaardigheid. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Bijlagen

- A1 Achtergrondwaarden NEN 6075 en VIPA-studie
- A2 Resultaten Modellen haalbaarheidsstudie
- A3 Resultaten Modellen G1: Oppervlakte ruimten
- A4 Resultaten Modellen G2: Hoogte ruimte
- A5 Resultaten Modellen G3: Brandgroeisnelheid
- A6 Resultaten Modellen G4: Type brandhaard
- A7 Resultaten Modellen G5: Windinvloeden
- A8 Resultaten Modellen G6: Minimale ventilatie
- A9 Resultaten Modellen G7: Lekverliezen
- A10 Resultaten Modellen G8: Locatie brandhaard
- A11 Vergelijking resultaten gevoeligheidsstudies

A1 Achtergrondwaarden NEN 6075 en VIPA-studie

De NEN 6075 stelt de eis dat een maximaal lekverlies (in m³/h) mag optreden bij verschillende drukverschillen over een component. Voor een ventilatierooster geldt bijvoorbeeld een maximaal lekverlies van 20 m³/h bij 10 Pa en bij 25 Pa bij koude rook (20 °C) en ook bij 10, 25 en 50 Pa warme rook (200 °C).

Waarom 10, 25 en 50 Pa gekozen is, wordt niet vermeldt in de norm. Mogelijk is dat er pas vanaf 10 Pa gemeten wordt omdat de automatische brandmelder ook tijd nodig heeft om te activeren. Verder zal bij een brand de druk in de brandruimte oplopen. Na een bepaalde tijd de standaard brandkromme zal de druk in de brandruimte (van onbekende dimensies) 25 en 50 Pa worden.

De kleinsde waarde (drukverschil) waarbij componenten in een rookscheiding getest moeten worden cf. NEN 6075, is 10 Pa. Daarom wordt als doel gesteld dat het maximale drukverschil tussen de brandruimte en aangrenzende ruimte onder de 10 Pa moet blijven zodat de drijvende kracht achter de rookverspreiding wordt beperkt.

Bij activering van een sprinklerinstallatie wordt de brandhaard in omvang beheerst en vuurlast in de omgeving wordt nat gemaakt waardoor de brandhaard niet verder kan uitbreiden¹. Een bijkomend effect is echter dat water op het vuur leidt tot het ontstaan van (meer) waterdamp en rook. Hierdoor kan geconcludeerd worden dat een sprinklerinstallatie goed een alternatieve invulling kan zijn voor het beperken van ontwikkeling van brand, maar niet direct kan bijdragen aan het beperken van rookverspreiding.

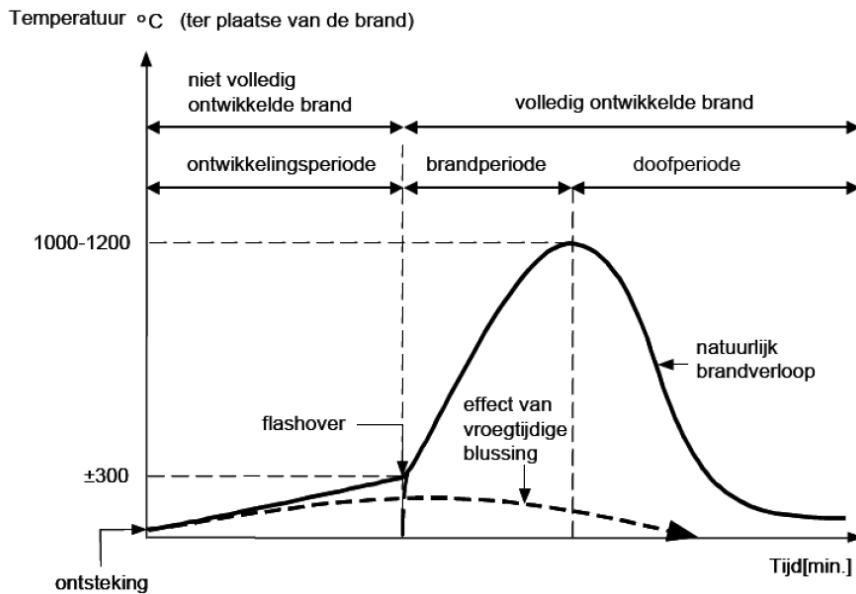
Om aan te tonen dat constructies voldoende rookwerend zijn moet het lekverlies worden vastgesteld bij specifieke drukverschillen bij een bepaalde temperatuur. Een component dat aan koude rookwerendheid (Sa) moet voldoen, mag niet te veel lekverlies hebben bij een druk van 10 en 25 Pa, getest op 20°C. Voor warme rook (S200) geldt 10, 25 en 50 Pa bij 200°C.

Warme rook

Een sprinklerinstallatie heeft als voornaamste effect het beperken van de uitbreiding van brand (beperkte omvang van de brandhaard) omvang en het koelen van de ruimte. Doordat de brandomvang beperkt blijft, wordt de resulterende rookproductie ook beperkt. Tevens wordt de brand/ rook ook gekoeld door de sprinkler.

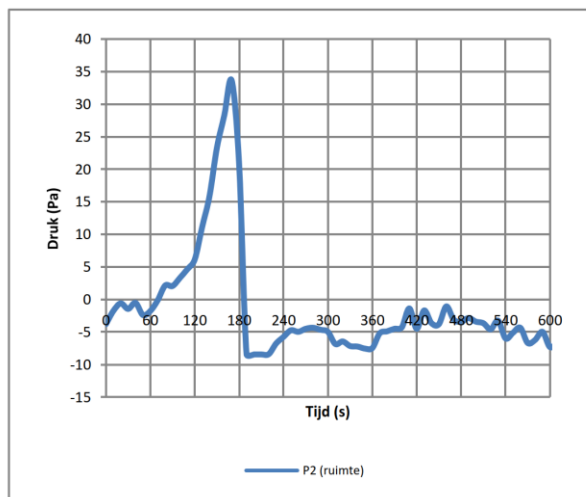
Uit onderzoek van het NIPV (Onderbrandmeester/ brandmeester Repressie keuze (Nibra 2001)) blijkt dat de temperatuur in een ruimte met een gesprinklerde brand maximaal 200 °C wordt, zie Figuur A1. Een normale sprinklerinstallatie wordt geactiveerd door het breken van het glaasje in de sprinklerkop. De activeringstemperatuur is gewoonlijk 57 of 68 °C. Dat de temperatuur in een vertrek met een actieve sprinkler beperkt is blijkt ook uit vele praktijktesten. De rooklaagtemperatuur zal iets hoger oplopen dan de activatietemperatuur van de sprinkler, maar zal lang geen 200 °C bereiken. Daarom is het niet relevant om daar de eisen geldend voor warme rook te kijken.

¹ In sommige gevallen blust de sprinkler de brand.

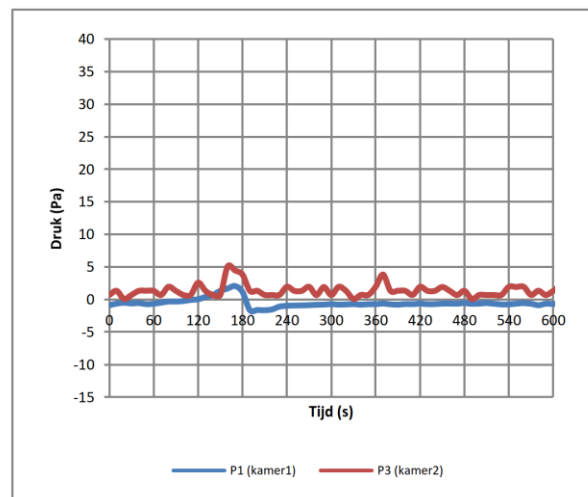


Figuur A1 Grafische voorspelling van brandverloop, bron: Nibra 2001

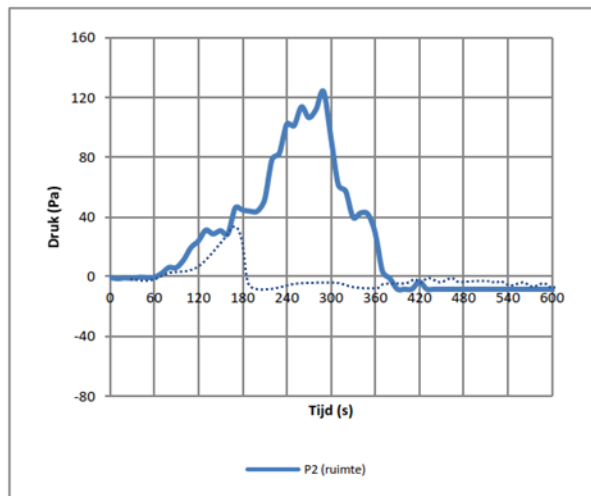
Een tweede gevolg van het beheersen van de brand is dat de druk in de brandruimte minder zal stijgen dan een ongesprinklerde brand. De beperkte temperatuurstijging leidt tot een beperkte drukopbouw, bij voldoende lekkage tussen ruimtes. Daarmee is niet te verwachten dat er een drukverschil van meer dan 50 Pa op zal treden. Dit is te vergelijken met de resultaten uit de VIPA-studies, zie Figuur A2. Deze studies zijn uitgevoerd door Exova Warringtonfire Gent en de universiteit Gent. De VIPA-studies zijn praktijkstudies en CFD-studies. Onderstaande resultaten zijn overgenomen van de praktijkstudie 'proef 4bis' (gesprinklerde brand).



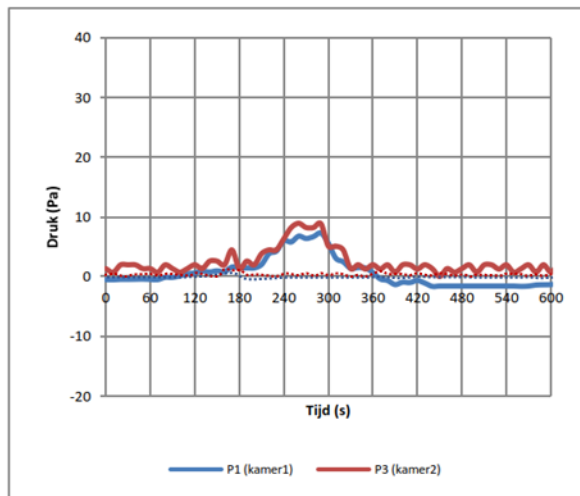
Druk in de gemeenschappelijke ruimte
brandruimte



Druk in de kamers
aangrenzende ruimte



*Druk in de gemeenschappelijke ruimte
brandruimte*



*Druk in de kamers
aangrenzende ruimte*

Figuur A2 Boven: resultaten drukopnemers gespreinklerde brand. Onder: resultaten drukopnemers ongespreinklerde brand, ingetekend met stippellijn met sprinkler. Bron: EWFG/UG, 2016

Koude rook

Voor koude rook geldt dat een maximaal lekverlies aanwezig mag zijn over rookwerende wanden (R_a). De toegepaste componenten moeten daarbij voldoen aan S_a wat betekent dat er een beperkt lekverlies mag zijn bij een drukverschil van 10 Pa en 25 Pa. Zoals al te zien is in Figuur A2 kan er in de praktijk een groter drukverschil dan 10 Pa ontstaan, en zelfs kortstondig meer dan 25 Pa ($34-3 = 31$ Pa). Echter is ook goed te zien dat de drukopbouw, en daarmee de drukverschillen, in de gespreinklerde ruimte aanzienlijk worden beperkt door de aanwezigheid van de sprinkler. Zonder sprinkler loopt de druk op tot ruim 120 Pa in de brandruimte.

Dit onderzoek richt zich daarom met name op het voorkomen dat het drukverschil (ΔP) groter wordt dan 10 Pa. Deze overschrijding houdt ca. 60 seconde aan. De overschrijding van de 25 Pa drukverschil duurt ca. 30 seconde. Er wordt in het onderzoek gefocust op het effect van verschillende typen sprinklers in combinatie met het afvoeren van de overdruk in de brandruimte.

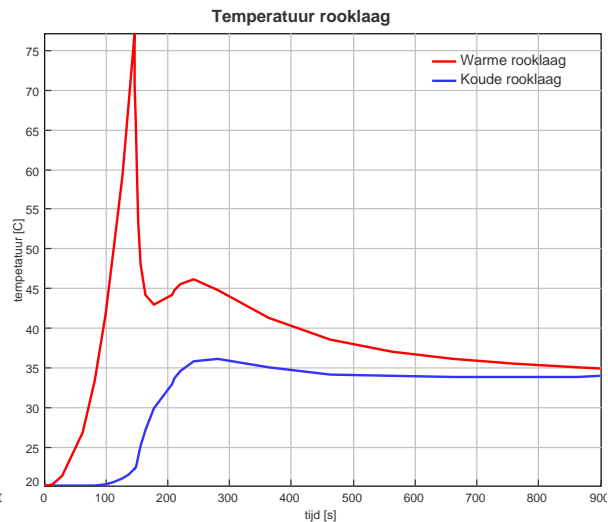
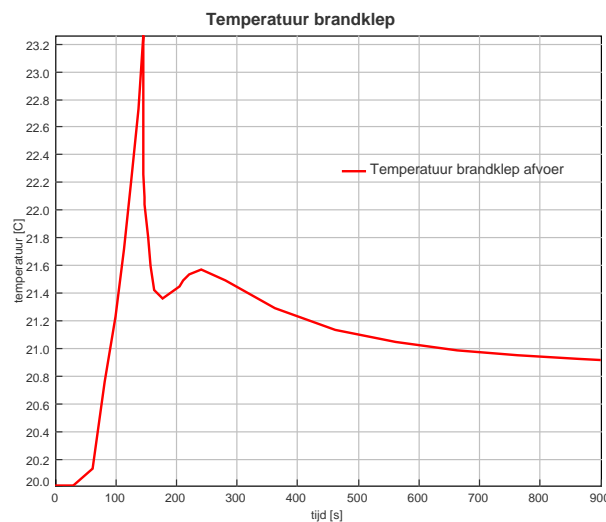
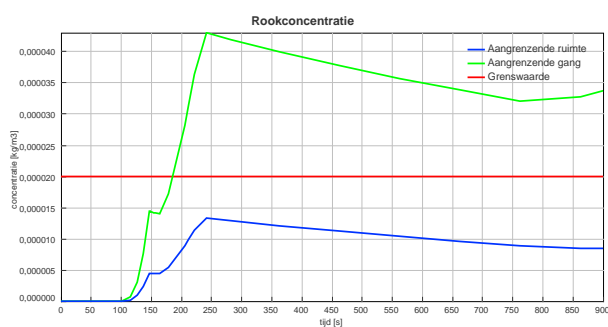
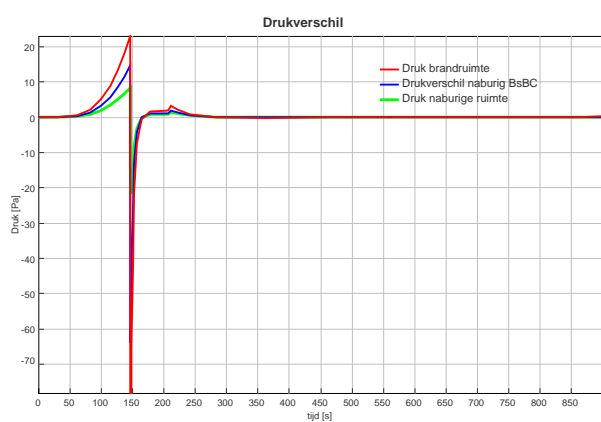
A2 Resultaten Modellen haalbaarheidsstudie

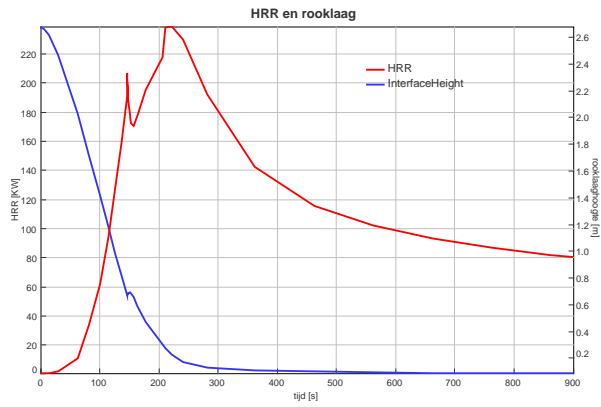
A2.1 Resultaten Model H2: 68 °C sprinkler

De druk van 10 Pa wordt voor een tijd van ca. 30 s overschreden en loopt op tot ca 14 Pa.

De rooklaagtemperatuur stijgt tot ca. 77 °C. Na activatie van de sprinkler is een sterke afname waarneembaar. De koude zone wordt na activatie sprinkler stabiel, en wordt ca 34 °C. De temperatuur nabij de brandklep stijgt tot 23 °C.

De rookconcentratie in de naburige ruimte loopt op tot ca. $1,35 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$, onder de maximaal gestelde waarden van $2,0 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$. Echter is de rookconcentratie in de gang wel hoger dan de toegestane waarde, namelijk ca. $4,2 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$.



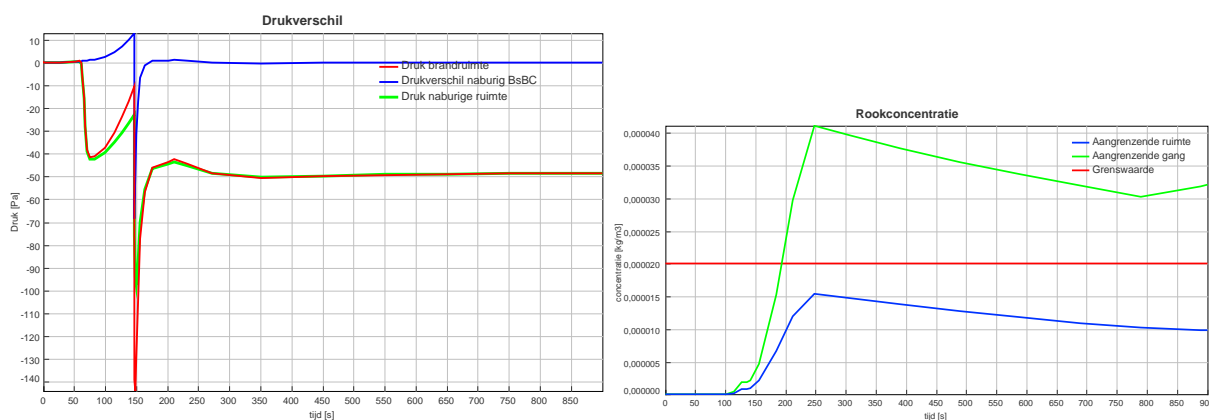


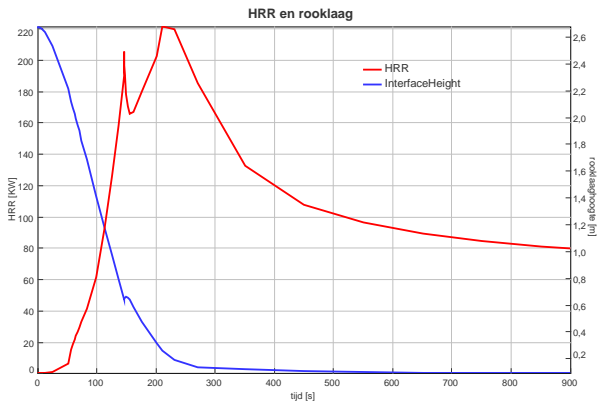
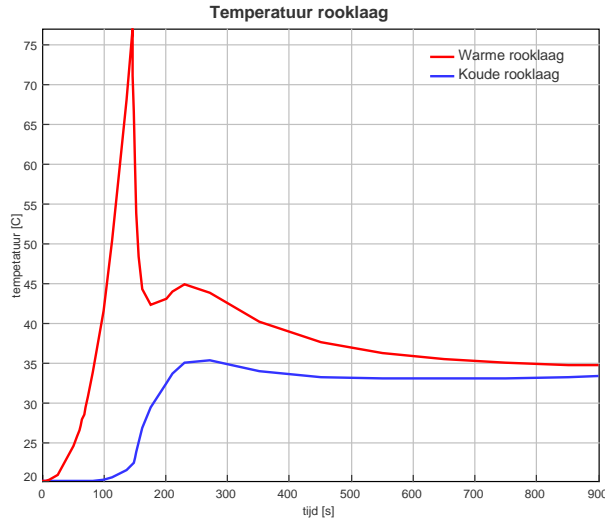
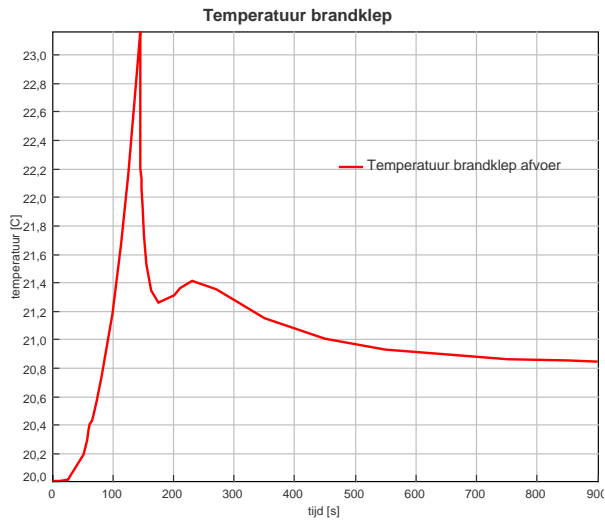
A2.2 Resultaten Model H3: 68 °C sprinkler en onbalans ventilatie

Voor dit model wordt de invloed van de ventilatie onderzocht. De variatie vergeleken met H2 is het in onbalans brengen van de ventilatie. Het scenario is als volgt: Bij start brand is de capaciteit van de toe- en afvoerventilatie 175 m³/h per kamer. Na 1 minuut wordt de brandmelder in de brandruimte geactiveerd. Het alarm stuurt het luchtbehandelingssysteem. De afvoer wordt opgetoerd tot +10%, tot 192,5 m³/h (er is doorgaans 10% overcapaciteit voor de afvoerinstallatie aanwezig). De toevoer wordt afgetoerd naar 100 m³/h.

In onderstaande figuren zijn de resultaten weergegeven. Zichtbaar is dat het drukverschil van 10 Pa voor ca. 5 s overschreden wordt. Er is duidelijk een verbetering waarneembaar in de resultaten ten opzichte van scenario H2, maar ook met onbalans in de ventilatie wordt niet direct voldaan aan het toetscriterium dat het drukverschil niet groter mag worden dan 10 Pa. De verbetering t.o.v. model H2 is beperkt, omdat de druk sterk daalt in zowel de brandruimte als aangrenzende ruimte. Het drukverschil is daardoor bijna gelijk.

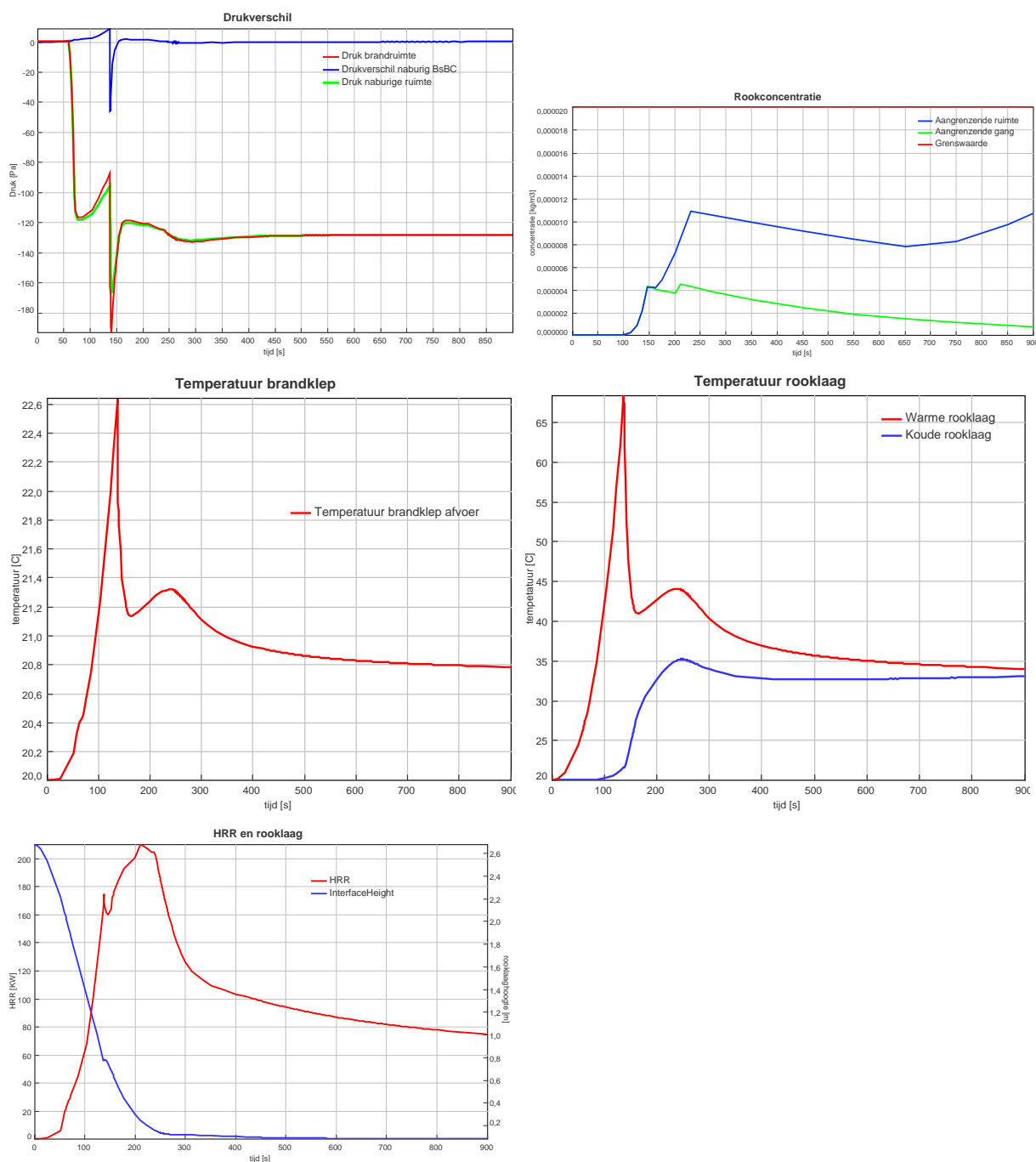
De rooklaagtemperatuur neemt toe tot activatie sprinkler (tot ca. 77 °C). Na activatie sprinkler is een sterke afname waarneembaar. De koude zone wordt na activatie sprinkler stabiel, en wordt ca 33 °C. De temperatuur nabij de brandklep (in de 60 minuten scheiding) loopt maar minimaal op, tot 23 °C. De rookconcentratie in de naburige ruimte loopt op tot ca. 1,1 x 10⁻⁵ kg/m³ en in de gang tot 0,4 x 10⁻⁵ kg/m³ onder de maximaal gestelde waarden van 2,0 x 10⁻⁵ kg/m³. Door het aftoeren van de toevoer en optoeren van de afvoer, is het effect bij rookverspreiding groter in de gang. Dit heeft te maken met dat er zich grote lekverliezen in de wanden van de gang bevinden (deuren) en daardoor meer verse lucht via andere ruimtes aangezogen kan worden.





A2.3 Resultaten Model H4: 68 °C sprinkler en afschakelen toevoerventilatie

In de resultaten is te zien dat het drukverschil van 10 Pa niet wordt overschreden. De rooklaagtemperatuur neemt toe tot activatie sprinkler (tot ca. 68 °C). Na activatie sprinkler is een sterke afname waarneembaar. De koude zone wordt na activatie sprinkler stabiel, en wordt ca 33 °C. De temperatuur nabij de brandklep (in de 60 minuten scheiding) loopt maar minimaal op, tot 23 °C. De rookconcentratie in de naburige ruimte loopt op tot ca. $1,1 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$, onder de maximaal gestelde waarden van $2,0 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$.

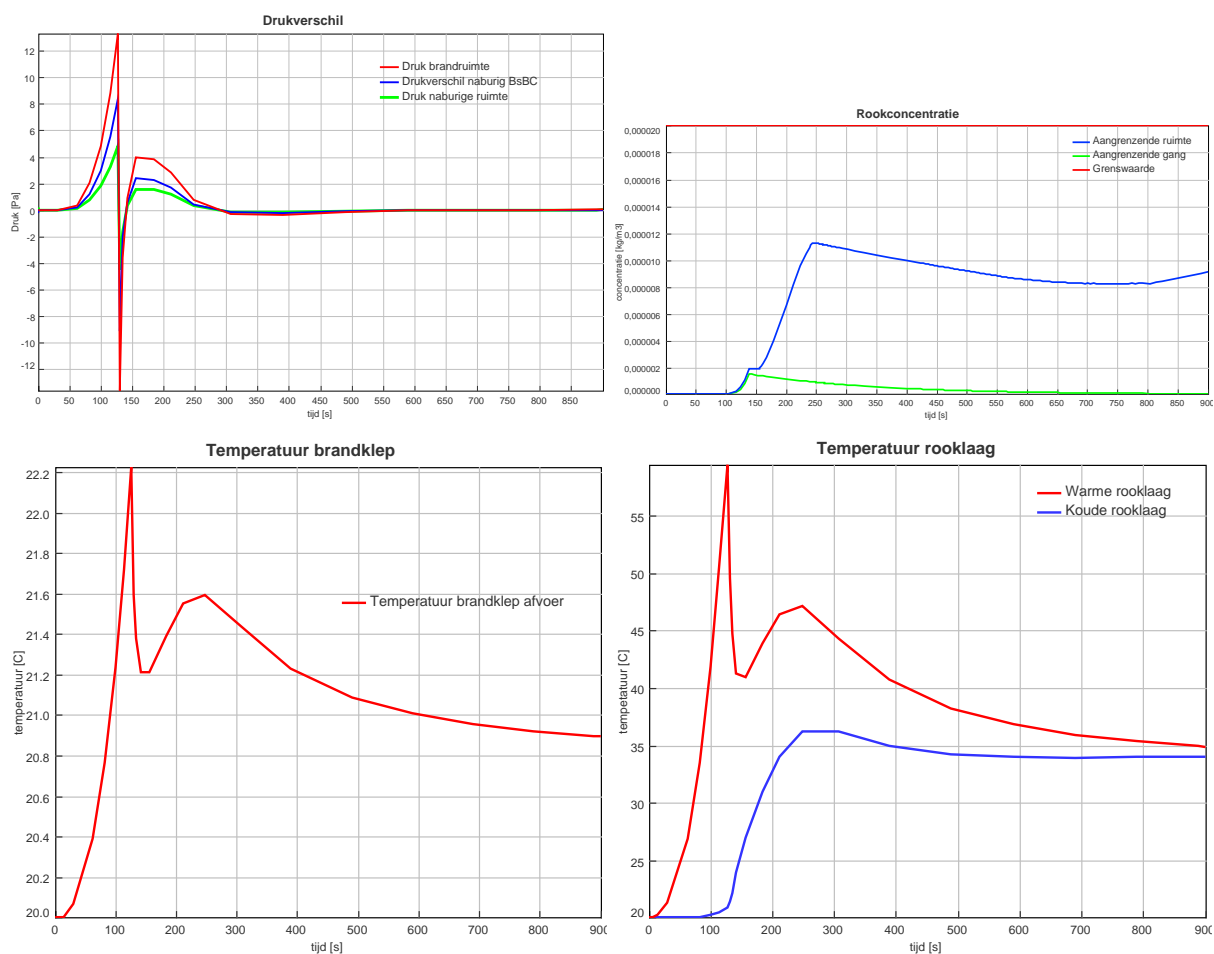


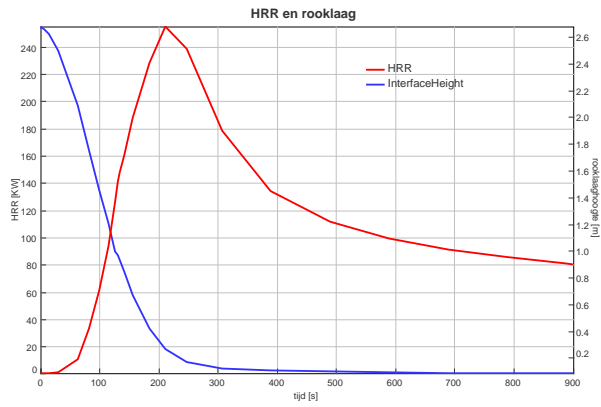
A2.4 Resultaten Model H5: 57 °C sprinkler

Met toepassen van een 57 °C sprinkler, wordt direct aan het criterium voor beperking drukverschil voldaan: het drukverschil is ca. 8 Pa.

De rooklaagtemperatuur neemt toe tot activatie sprinkler (tot ca. 59 °C). Na activatie sprinkler is een sterke afname waarneembaar. De koude zone wordt na activatie sprinkler stabiel, en wordt ca 34 °C. De temperatuur nabij de brandklep loopt maar minimaal op tot 22 °C.

De rookconcentratie in de naburige ruimte loopt op tot ca. $1,55 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$, onder de maximaal gestelde waarden van $2,0 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$. In de gang wordt deze waarde wel overschreden: ca. $4,0 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$.





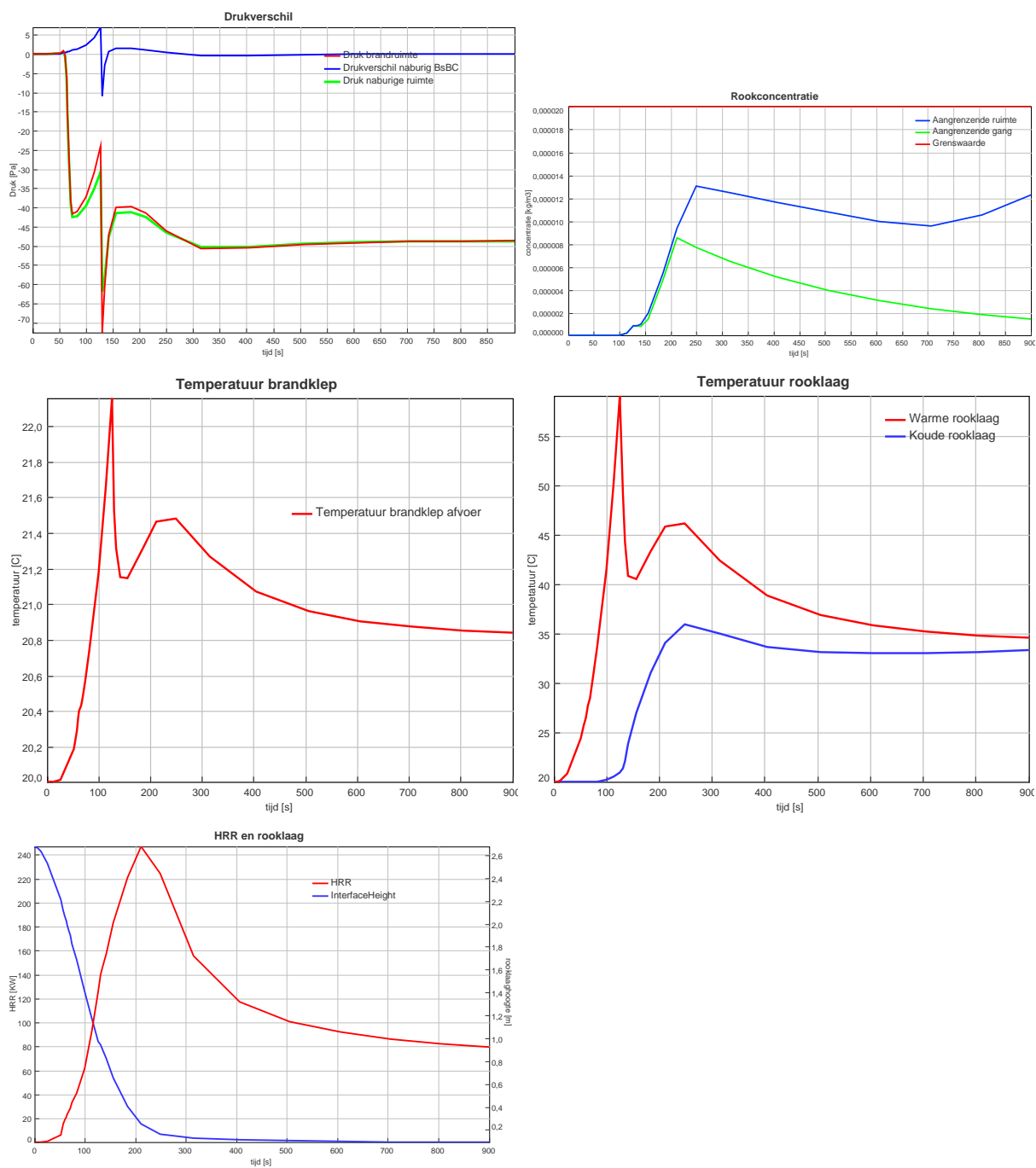
A2.5 Resultaten Model H6: 57 °C sprinkler en onbalans ventilatie

Het drukverschil van 10 Pa niet wordt overschreden

De rooklaagtemperatuur neemt toe tot activatie sprinkler (tot ca. 58 °C). Na activatie sprinkler is een sterke afname waarneembaar. De koude zone wordt na activatie sprinkler stabiel, en wordt ca 33 °C.

De temperatuur nabij de brandklep (in de 60 minuten scheiding) loopt maar minimaal op, tot 22 °C.

De rookconcentratie in de naburige ruimte loopt op tot ca. $1,3 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$, onder de maximaal gestelde waarden van $2,0 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$.



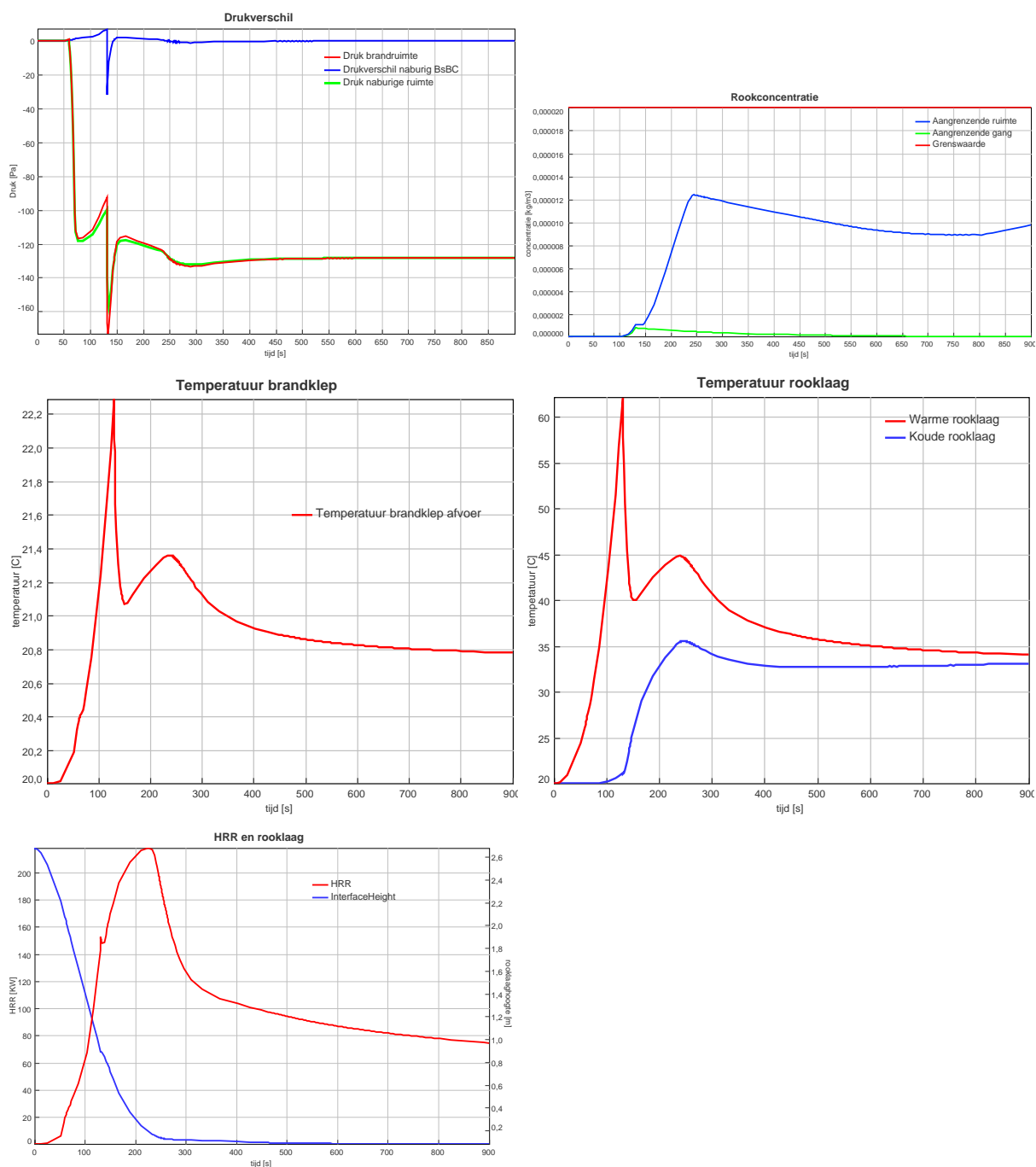
A2.6 Resultaten Model H7: 57 °C sprinkler en afschakelen toevoerventilatie

Het drukverschil van 10 Pa niet wordt overschreden.

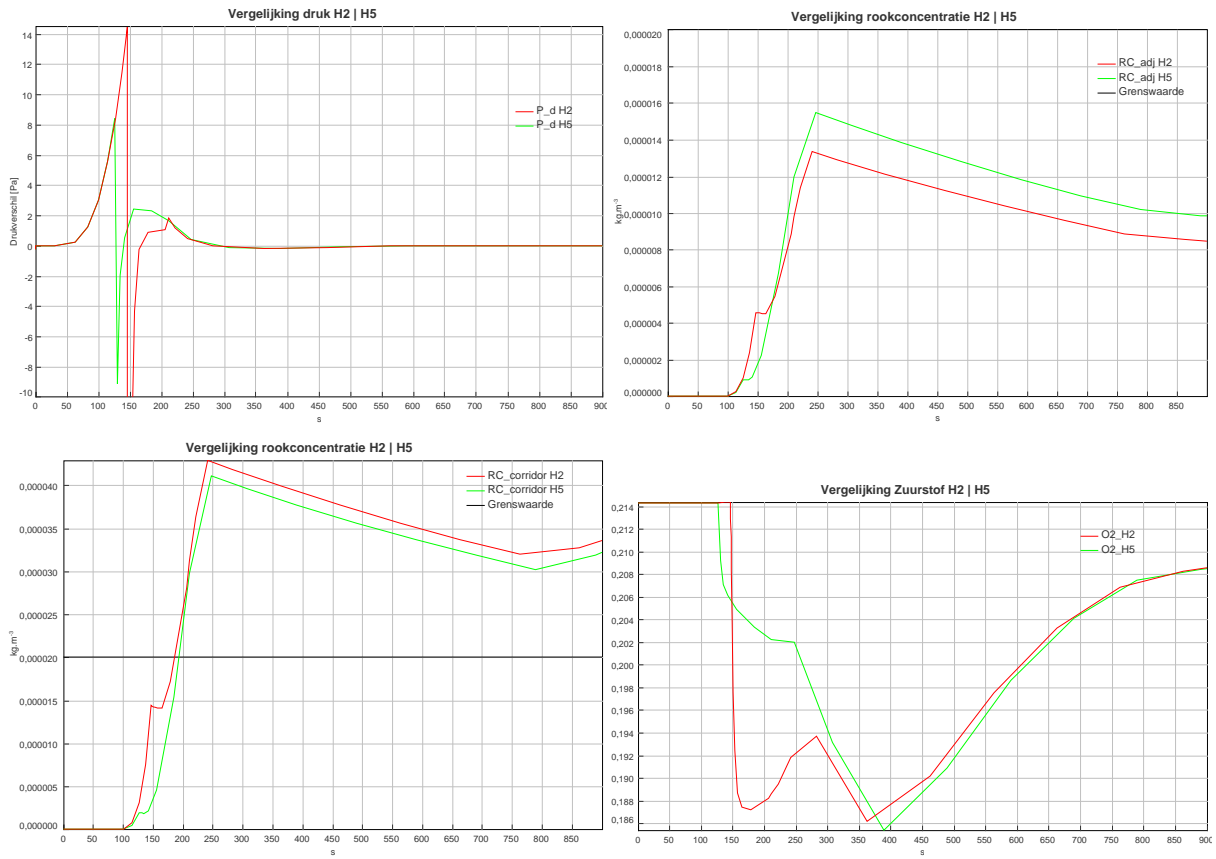
De rooklaagtemperatuur neemt toe tot activatie sprinkler (tot ca. 62 °C). Na activatie sprinkler is een sterke afname waarneembaar. De koude zone wordt na activatie sprinkler stabiel, en wordt ca 33 °C.

De temperatuur nabij de brandklep (in de 60 minuten scheiding) loopt maar minimaal op, tot 22 °C.

De rookconcentratie in de naburige ruimte loopt op tot ca. $1,25 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$, onder de maximaal gestelde waarden van $2,0 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$.



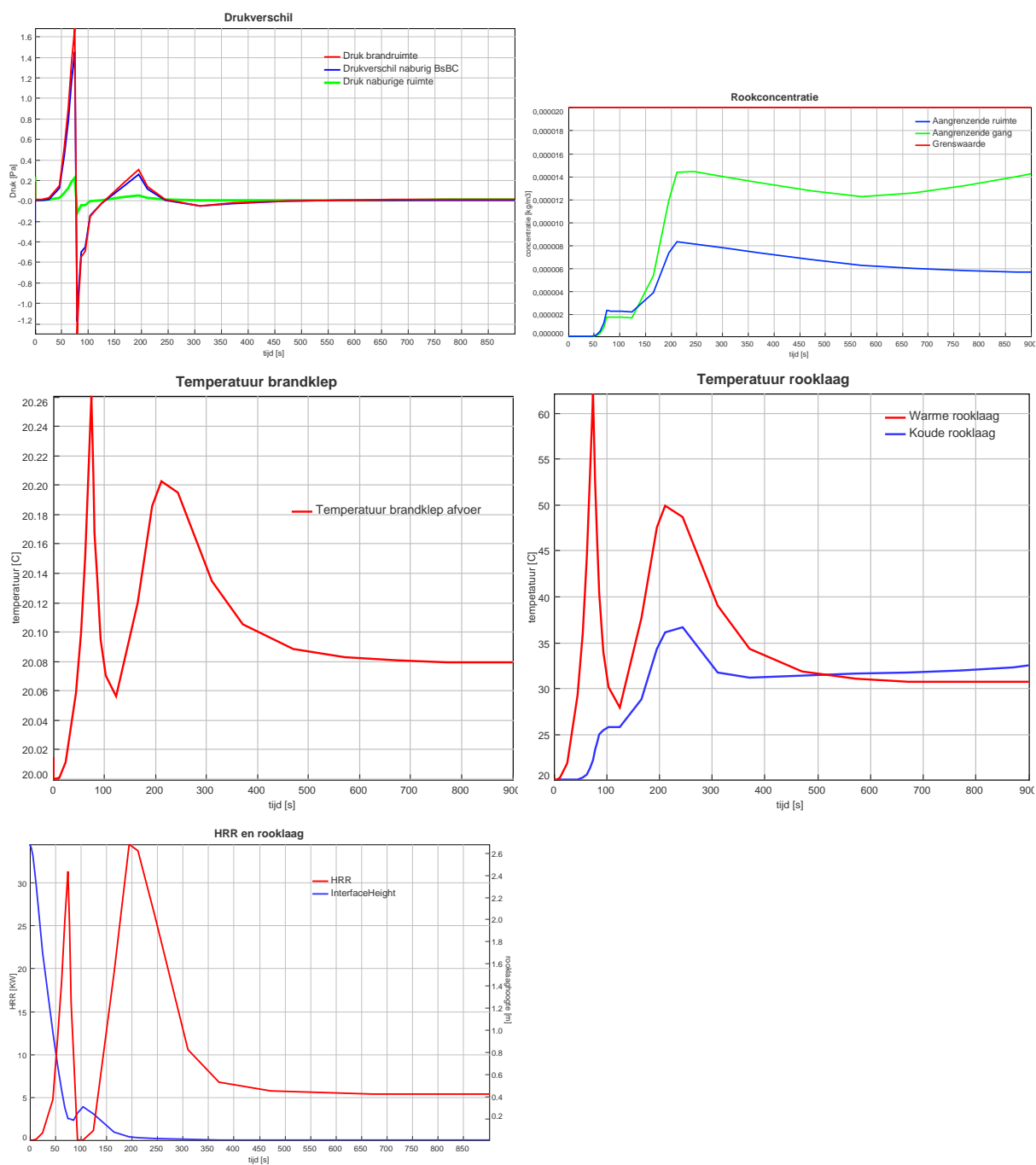
A2.7 Vergelijking resultaten H2 en H5



A3 Resultaten Modellen G1: Oppervlakte ruimten

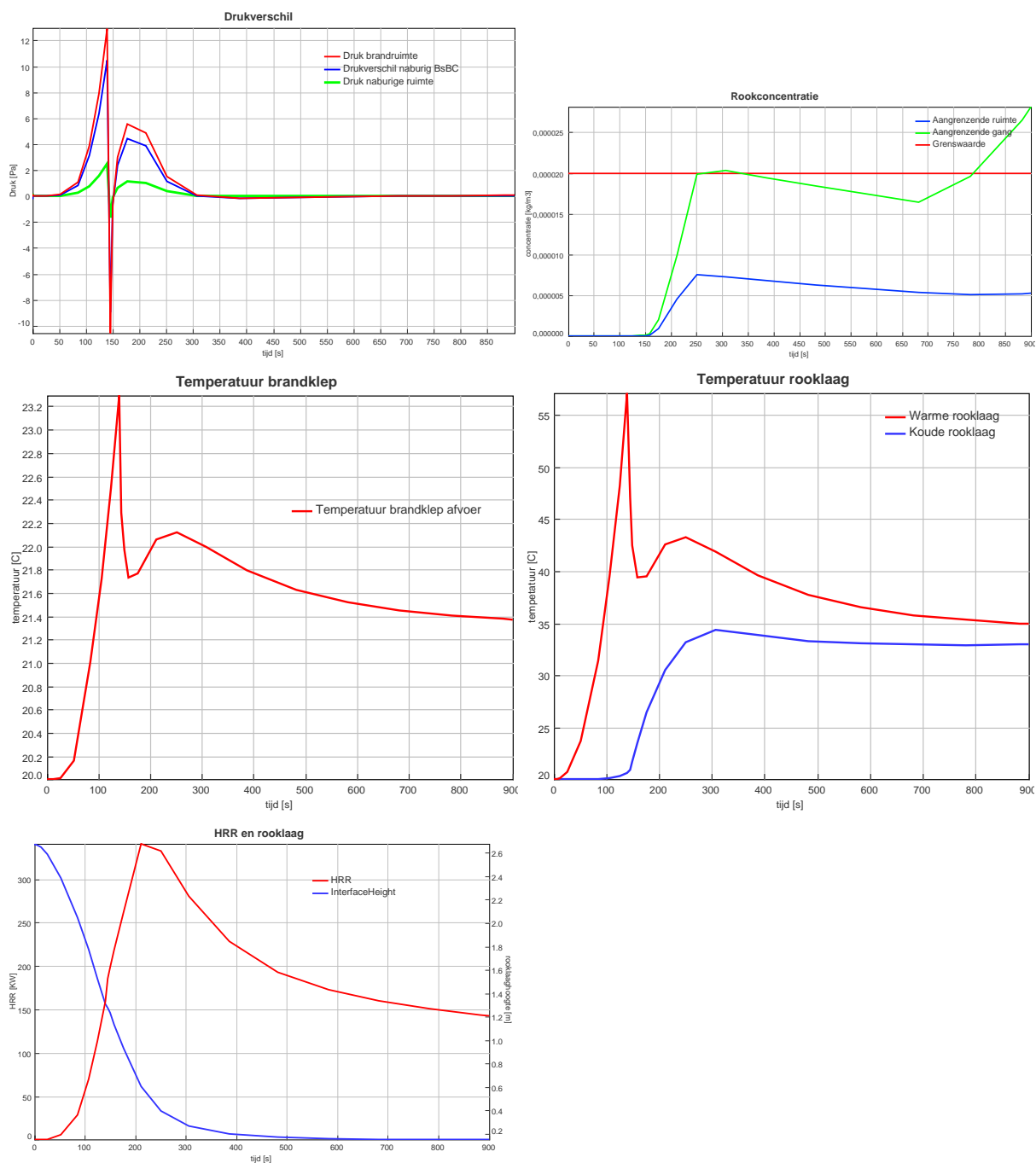
A3.1 Resultaten Model G1-1: kleine ruimte

In de kleine ruimte wordt door de snelle activatie van de sprinkler stijgt de druk amper in de ruimte (<2Pa), dus het verschil is nihil. Die snelle activatie van de sprinkler zorgt ook voor minder rookverspreiding naar aangrenzende ruimten. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 62 °C en nabij de brandklep 20 °C.



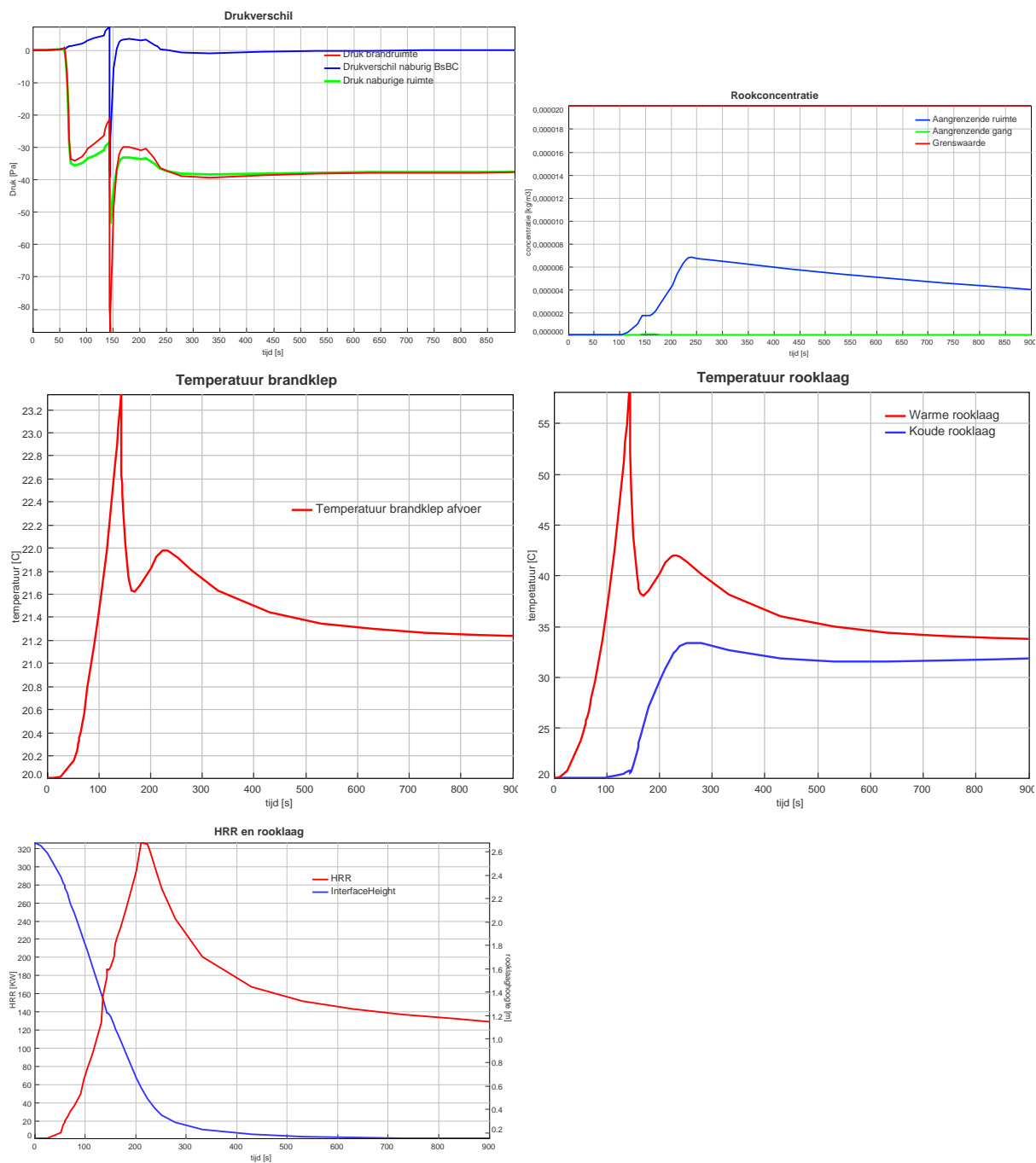
A3.2 Resultaten Model G1-2: grote ruimte

In de grote ruimte duurt activatie van de sprinkler langer waardoor er meer druk wordt opgebouwd. Het drukverschil van 10 Pa wordt net overschreden (12 Pa). De rookverspreiding naar aangrenzende ruimten is lager dan de grenswaarde, maar naar de gang wordt deze waarde net overschreden. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 23 °C.



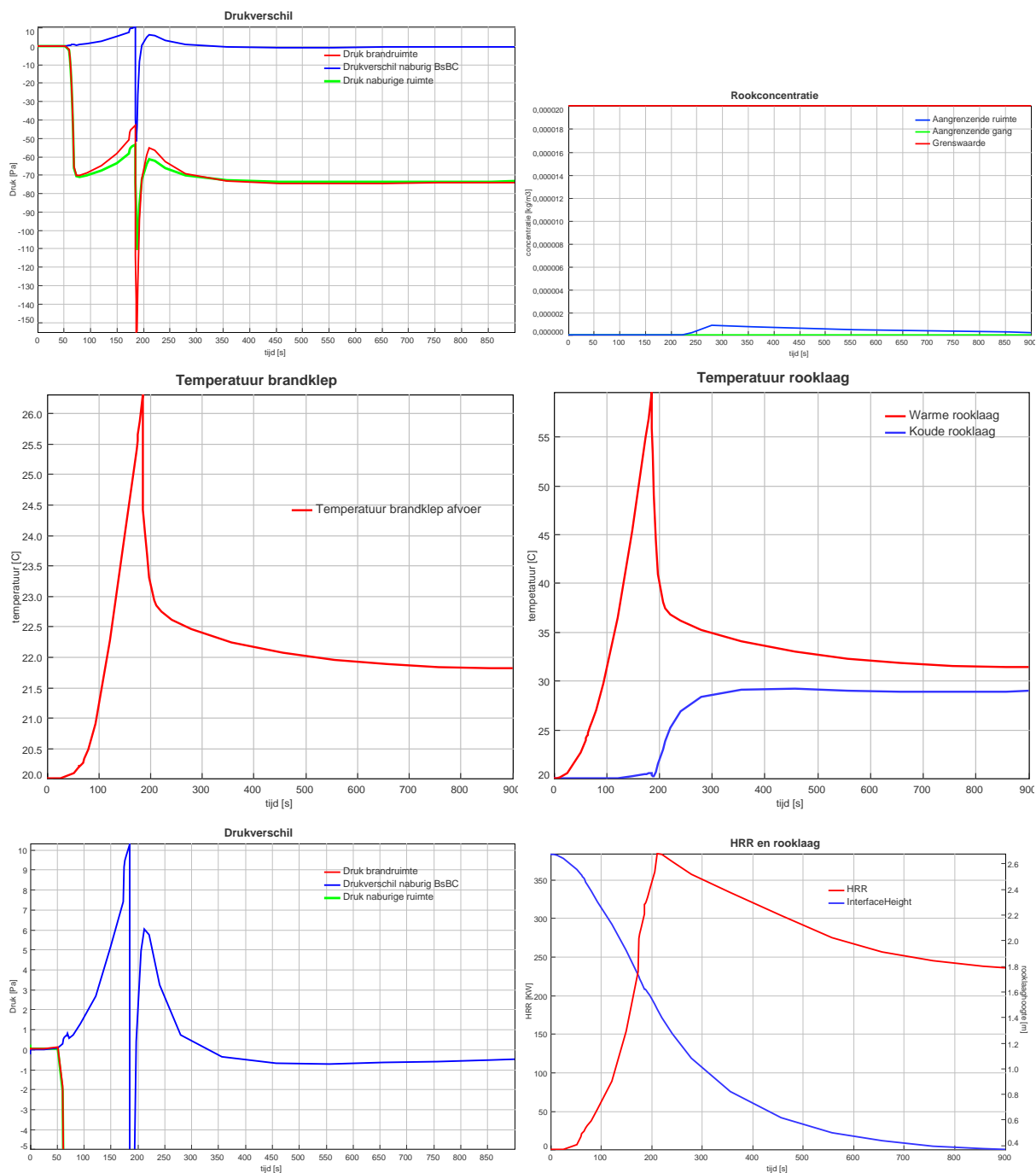
A3.3 Resultaten Model G1-2v: grote ruimte en afschakelen toevoerventilatie

Model G1-2 voldoet niet aan het toetscriterium van 10 Pa, en criterium rookverspreiding naar de gang, is deze variant ook onderzocht waarbij de ventilatie wordt afgeschakeld. Aan het drukcriterium wordt bij deze variant wel voldaan; het drukverschil is ca. 8 Pa. Er is nauwelijks rookverspreiding naar de gang aanwezig.



A3.4 Resultaten Model G1-3v: grootste ruimte en afschakelen toevoerventilatie

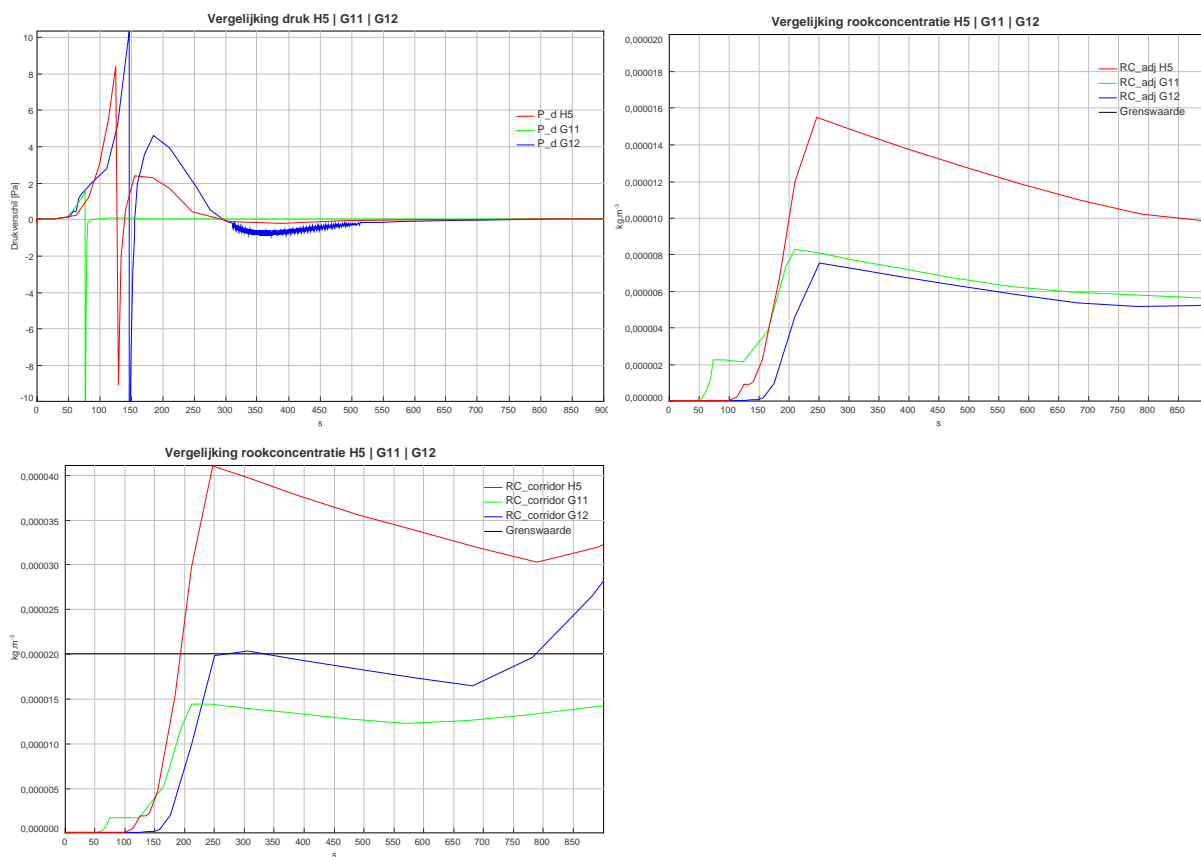
De ruimte is vergroot naar 10 m x 10 m. Bij deze afmeting wordt het toetscriterium van maximaal 10 Pa overschreden. De rookverspreiding naar aangrenzende ruimten en gang is echter zeer beperkt en blijft ruim onder de grenswaarde. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 59 °C en nabij de brandklep 26 °C.



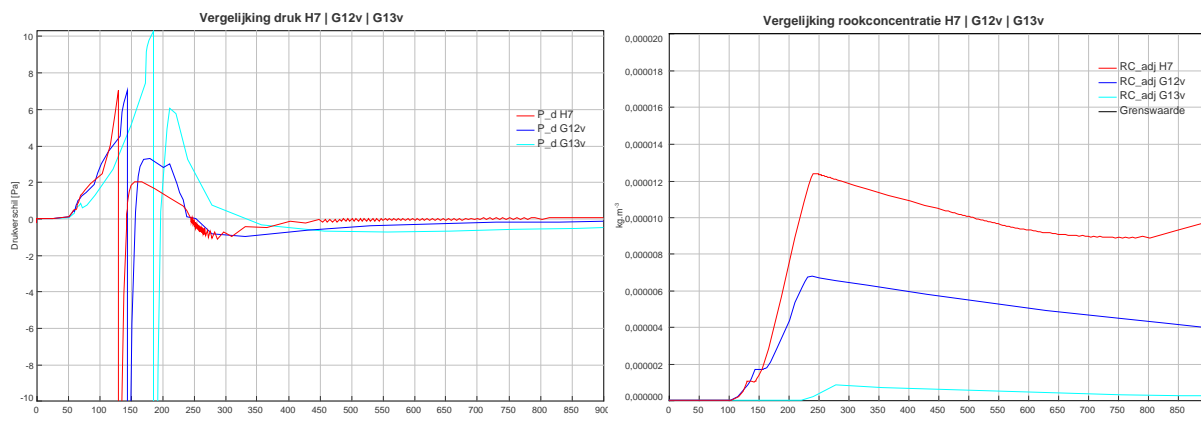
A3.5 Vergelijking resultaten modellen G1 aan haalbaarheidsstudie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen) en H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaten. Bij de resultaten vergelijk H5 wordt de druk(verschil), rookverspreiding naar aangrenzende ruimte en rookverspreiding naar gang weergegeven. Bij vergelijking met H7, wordt alleen druk(verschil) en rookverspreiding naar aangrenzende ruimte weergegeven. Dit omdat er nauwelijks rookverspreiding naar de gang optreedt.

A3.5.1 H5 en G1-* ingeschakelde toevoerventilatie



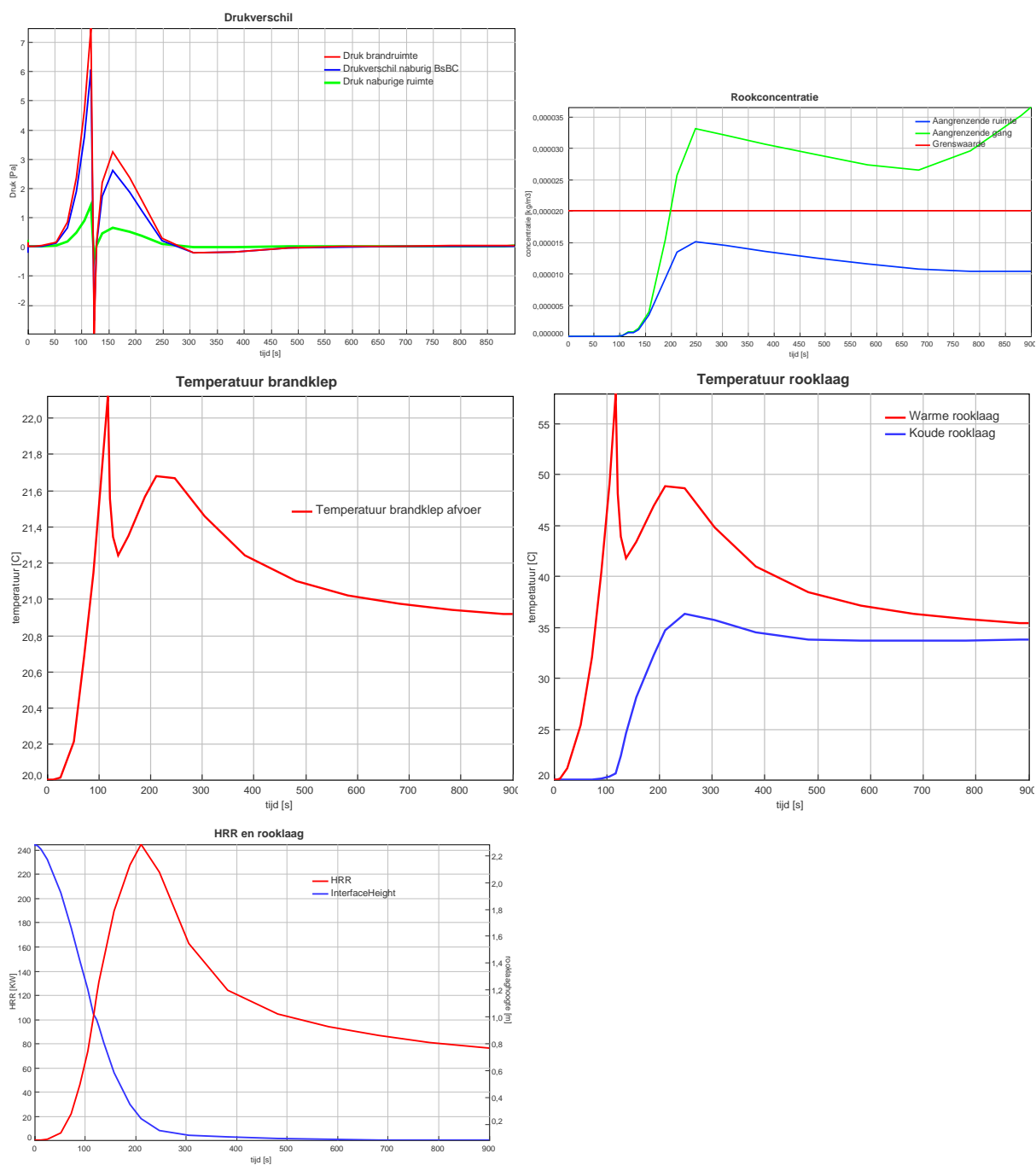
A3.5.2 H7 en G1-*v met afschakelen toevoerventilatie



A4 Resultaten Modellen G2: Hoogte ruimte

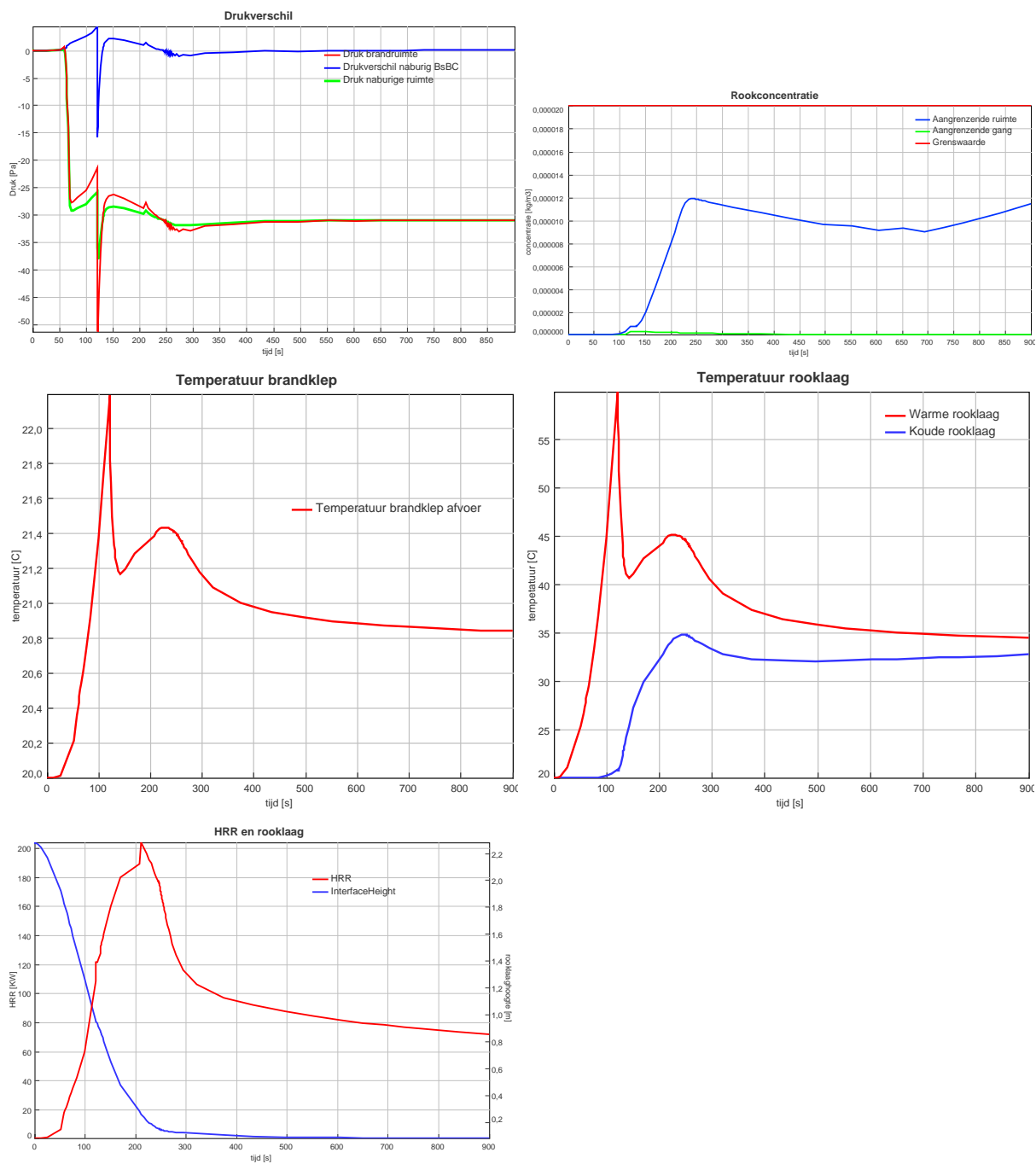
A4.1 Resultaten Model G2-1: hoogte 2,3 m

In de lagere ruimte activeert de sprinkler sneller en wordt er minder druk opgebouwd. Er wordt voldaan aan het drukcriterium met een drukverschil van 6 Pa en de gestelde grens m.b.t. rookverspreiding wordt niet overschreden voor de naburige ruimte. Echter wordt deze grenswaarde in de gang wel overschreden. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 22 °C.



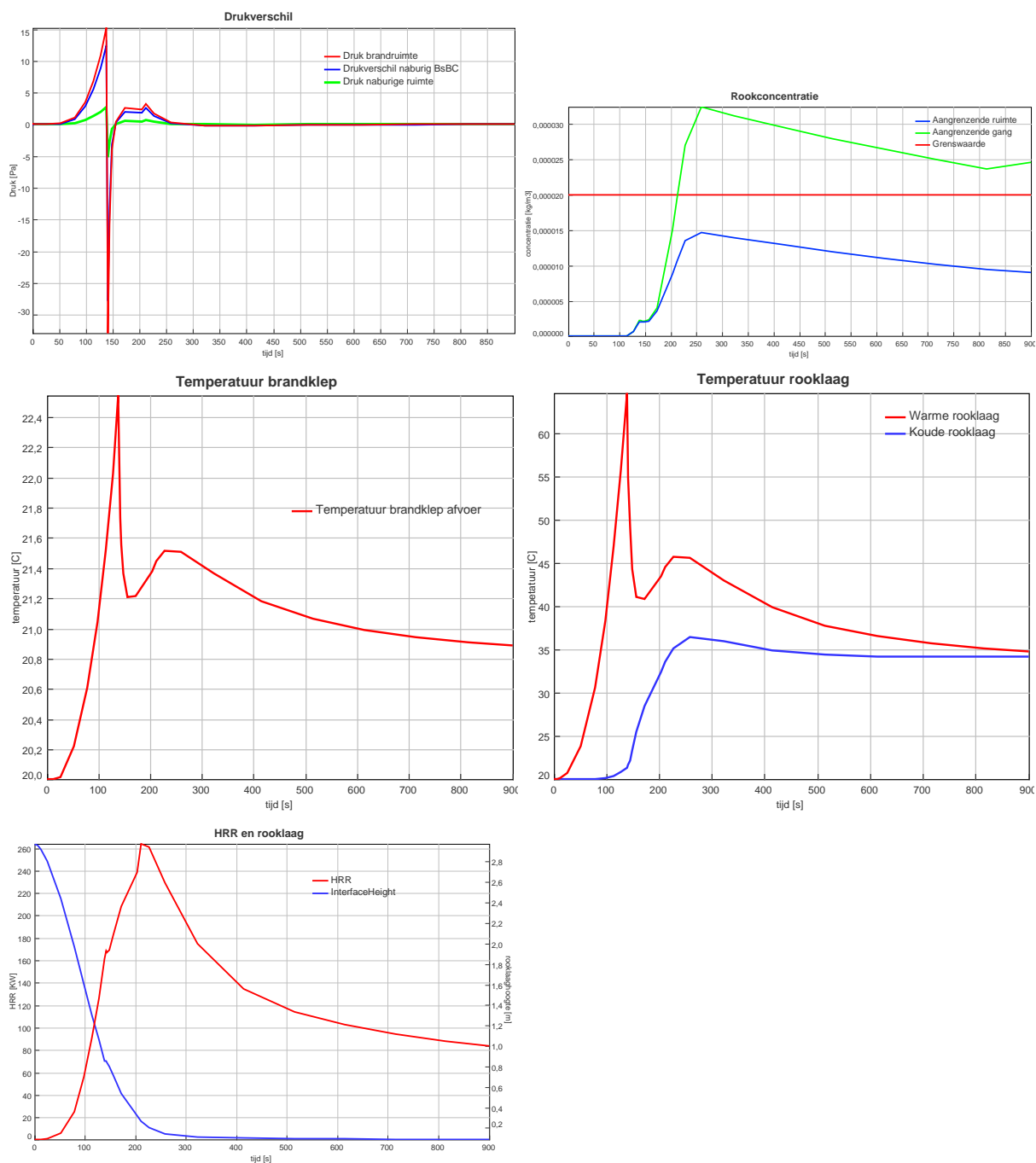
A4.2 Resultaten Model G2-1v: hoogte 2,3 m en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft de rookconcentratie onder het maximum en loopt op tot ca. 4 Pa.



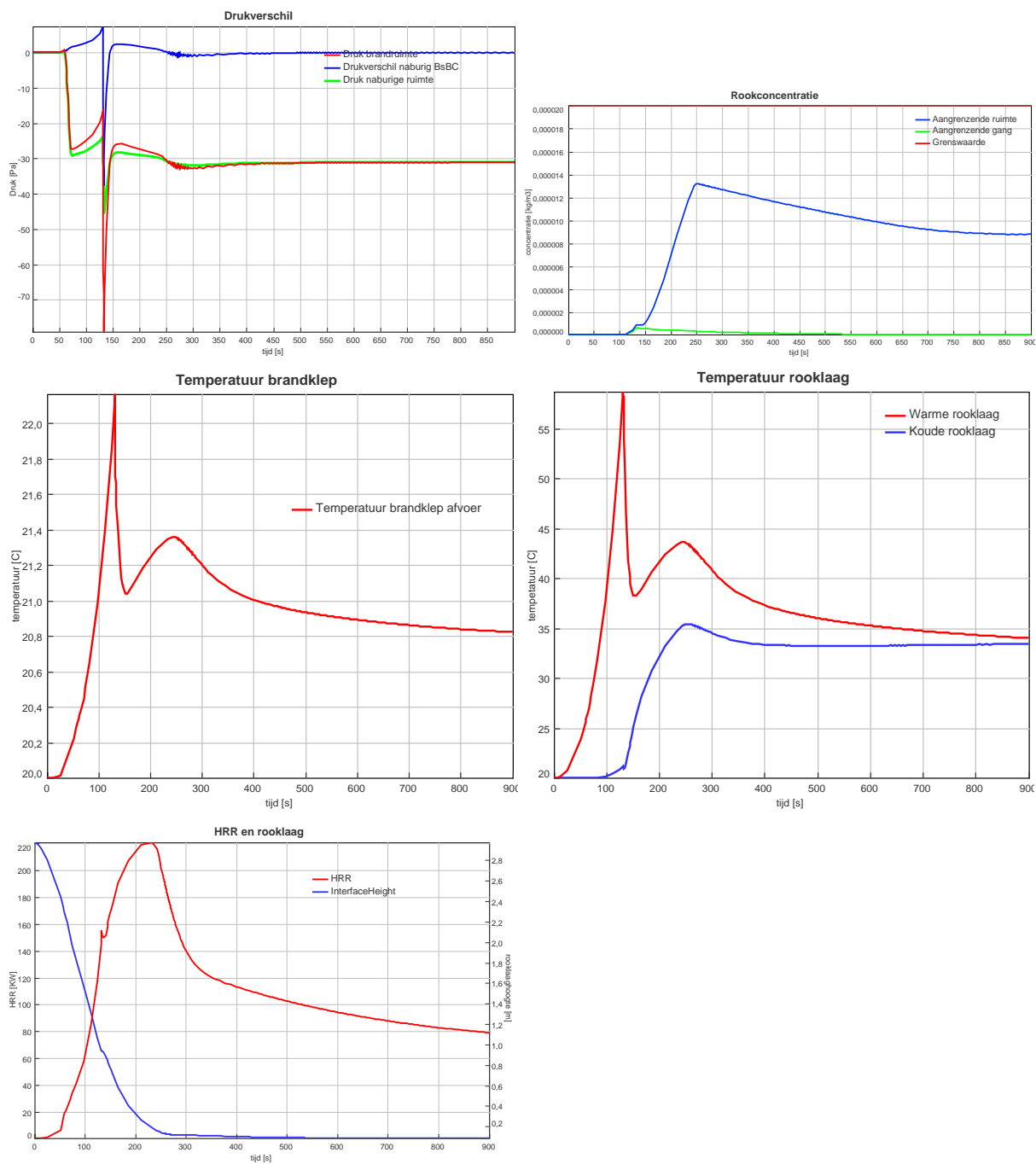
A4.3 Resultaten Model G2-2: hoogte 3,0 m

In de iets hogere ruimte activeert de sprinkler ook iets later. Daardoor wordt er net niet voldaan aan het drukcriterium en rookverspreiding in de gang; het drukverschil wordt ca. 12 Pa en rookverspreiding naar gang ca. $3,2 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. $64 \text{ }^\circ\text{C}$ en nabij de brandklep $22 \text{ }^\circ\text{C}$.



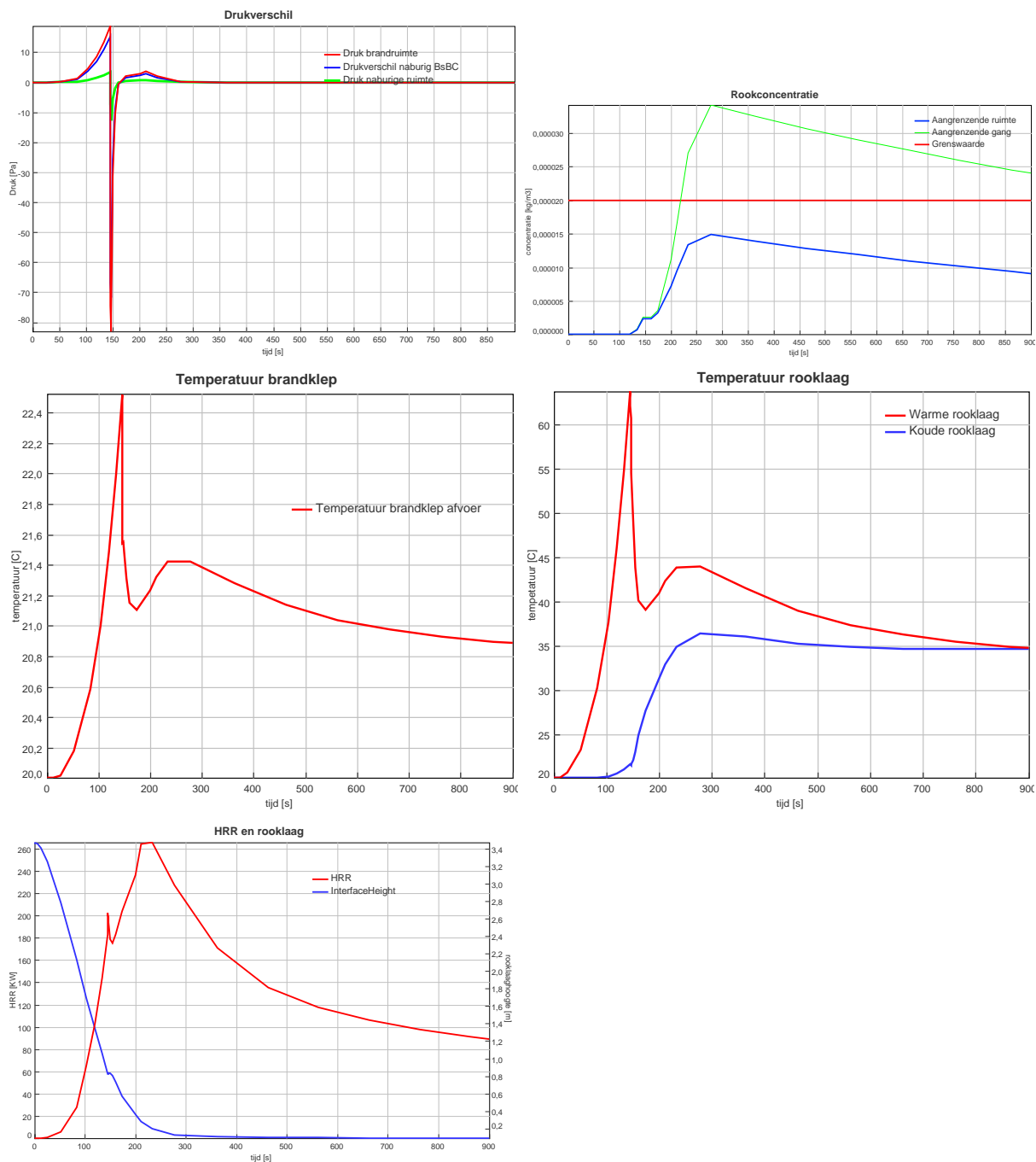
A4.4 Resultaten Model G2-2v: hoogte 3,0 m en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft drukverschil en rookverspreiding onder het maximum. Het drukverschil loopt op tot ca. 7 Pa.



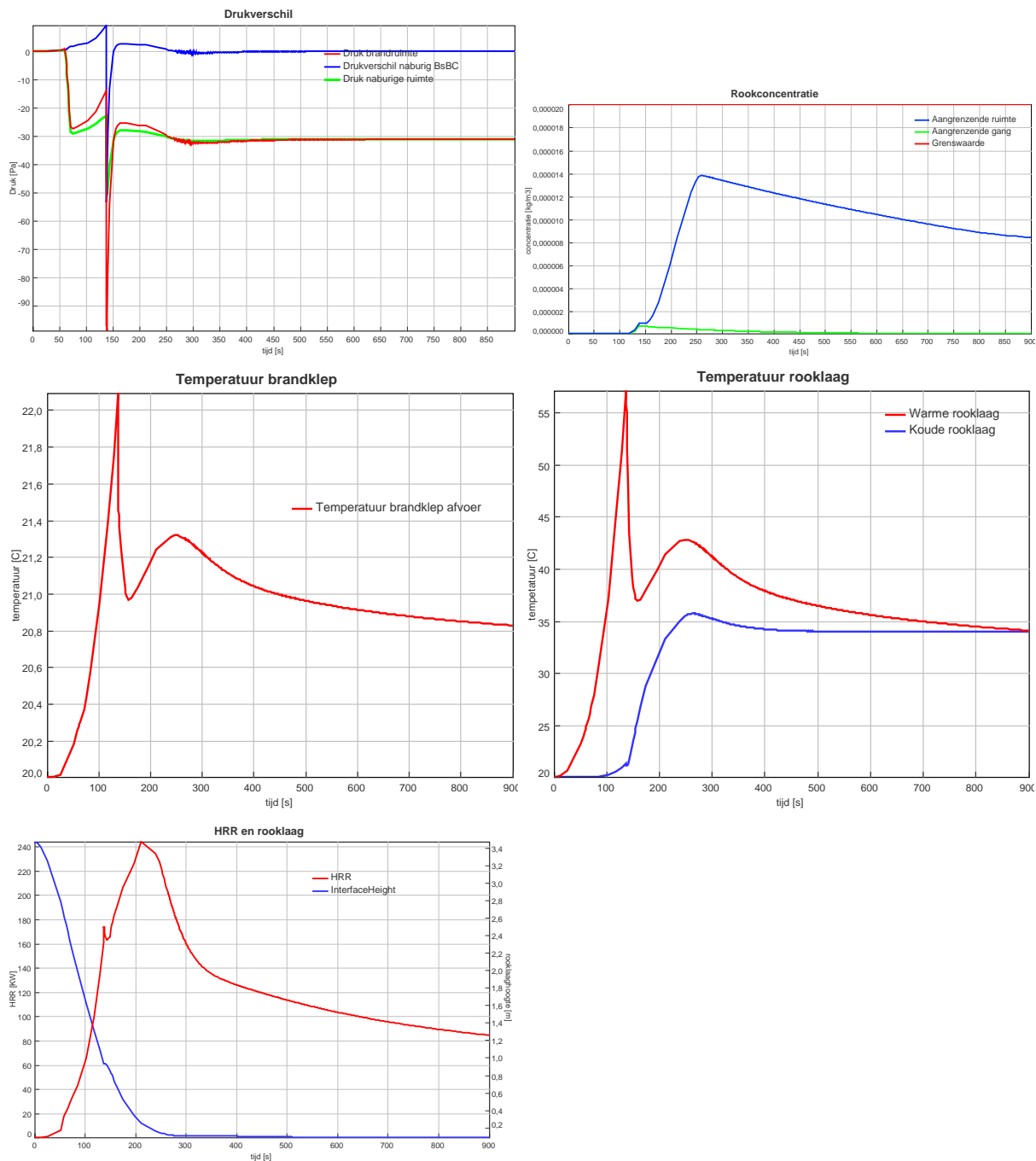
A4.5 Resultaten Model G2-3: hoogte 3,5 m

Omdat het drukverschil in model G2-2 al wordt overschreden en in dit model de ruimte nog hoger is (dus de sprinkler ook hoger in de ruimte hangt), wordt geen verdere toelichting gegeven voor G2-3.



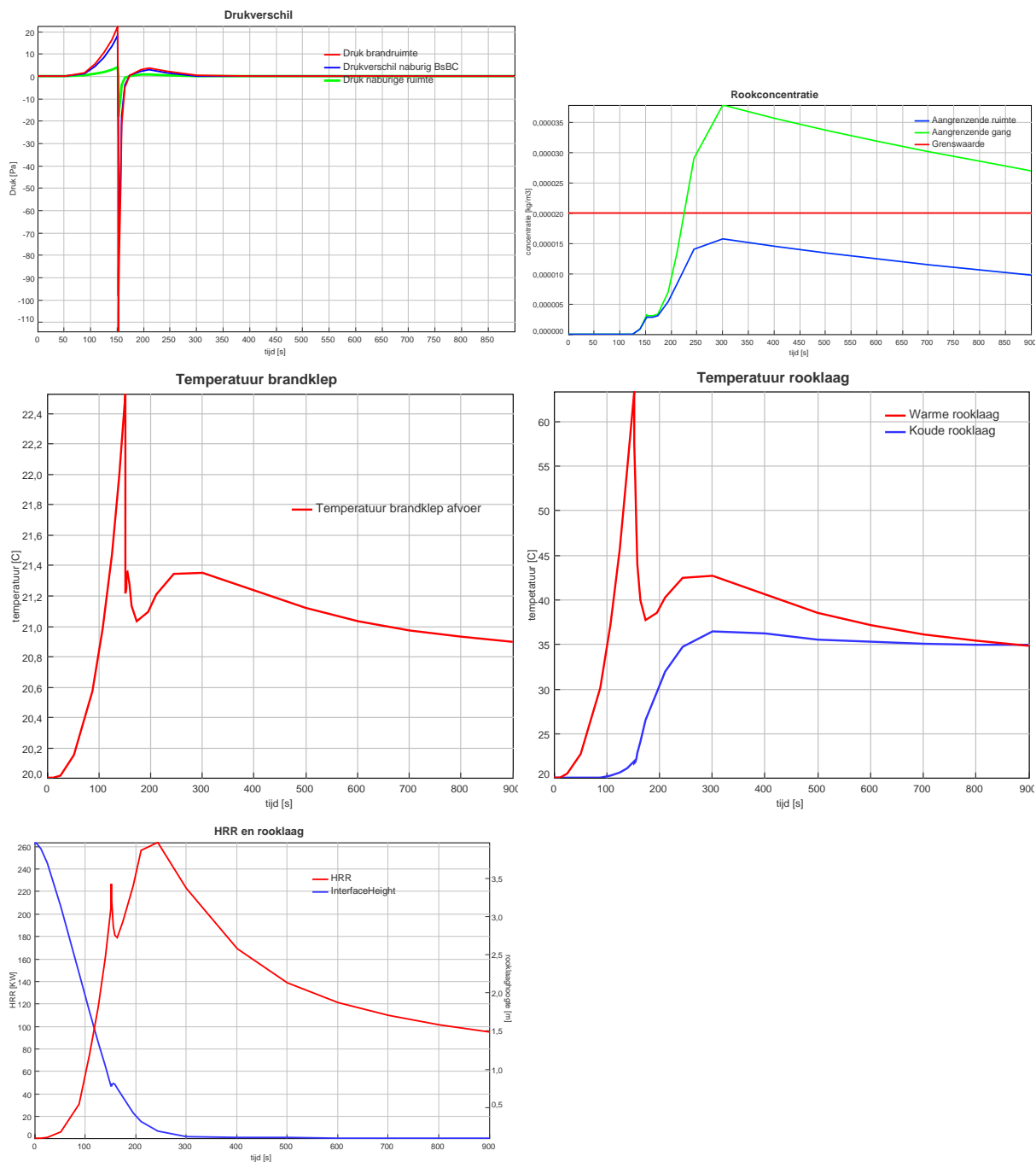
A4.6 Resultaten Model G2-3v: hoogte 3,5 m en afschakelen toevoerventilatie

In de 3,5 m hoge ruimte, toevoer afgeschakeld, wordt voldaan aan het drukcriterium; het drukverschil wordt ca. 9 Pa. De gestelde grens m.b.t. rookverspreiding wordt ook niet overschreden. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 22 °C.



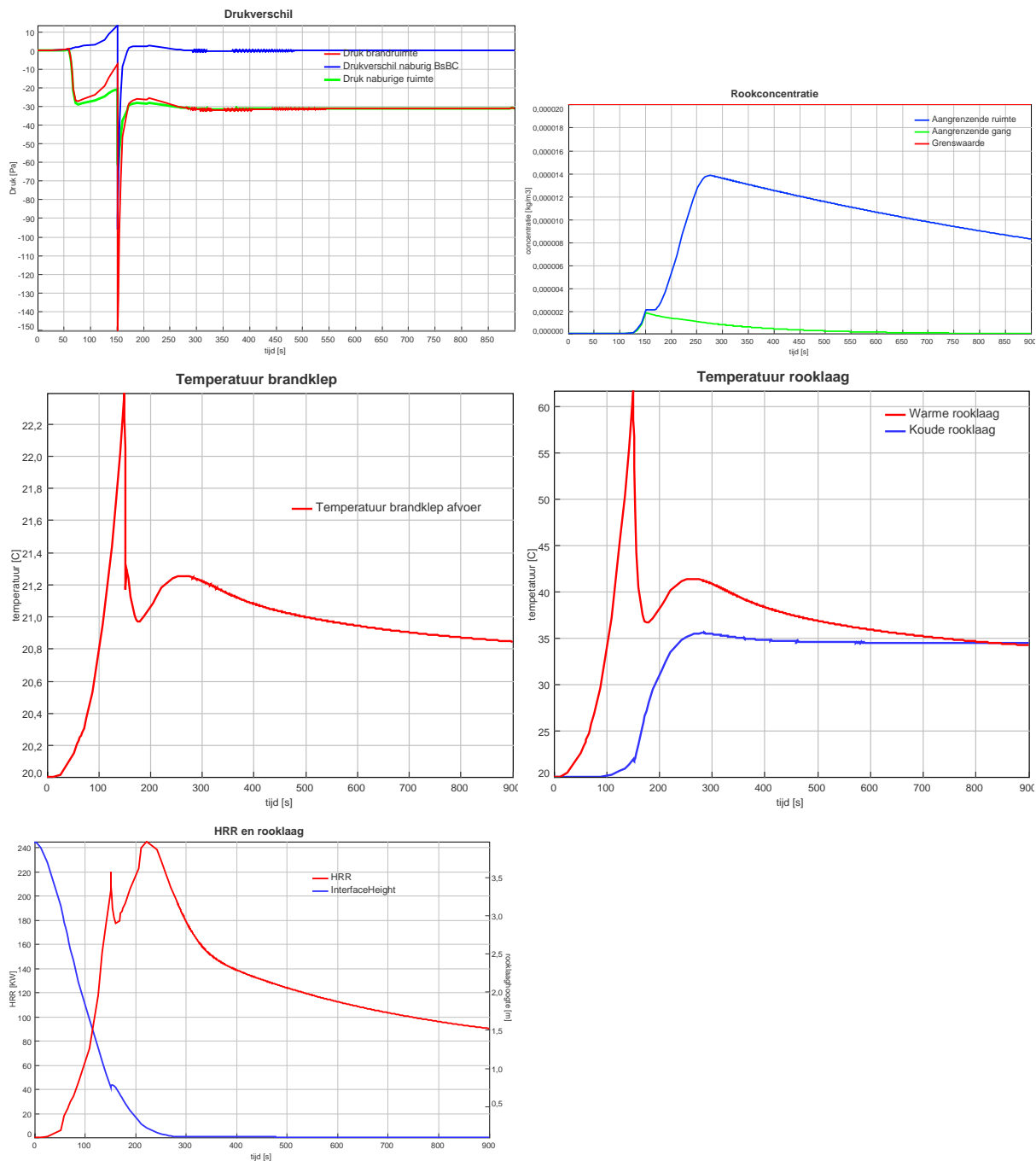
A4.7 Resultaten Model G2-4: hoogte 4,0 m

Omdat het drukverschil in model G2-2 al wordt overschreden en in dit model de ruimte nog hoger is (dus de sprinkler ook hoger in de ruimte hangt), wordt geen verdere toelichting gegeven voor G2-3.



A4.8 Resultaten Model G2-4v: hoogte 4,0 m en afschakelen toevoerventilatie

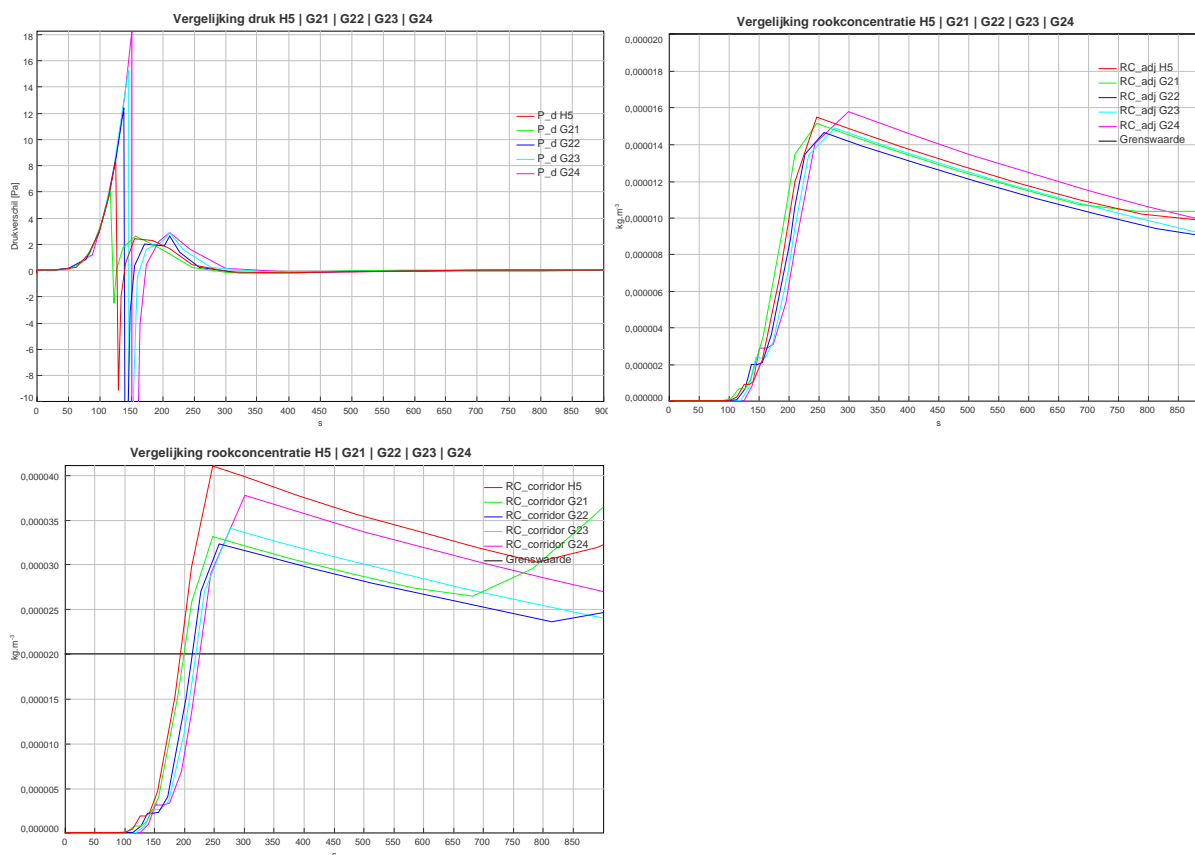
Er niet voldaan aan het drukcriterium. In de 4 m hoge ruimte, met toevoer afgeschakeld, wordt niet voldaan aan het drukcriterium; het drukverschil wordt ca. 13 Pa. Aan het toetscriterium rookverspreiding wordt wel voldaan.



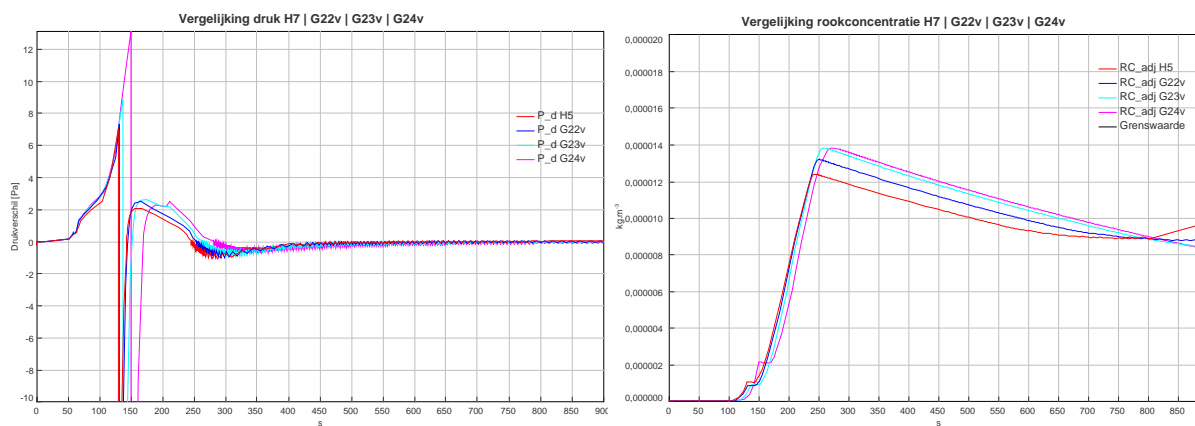
A4.9 Vergelijking resultaten modellen G2 aan haalbaarheidsstudie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen) en H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaten.

A4.9.1 H5 en G2-* ingeschakelde toevoerventilatie



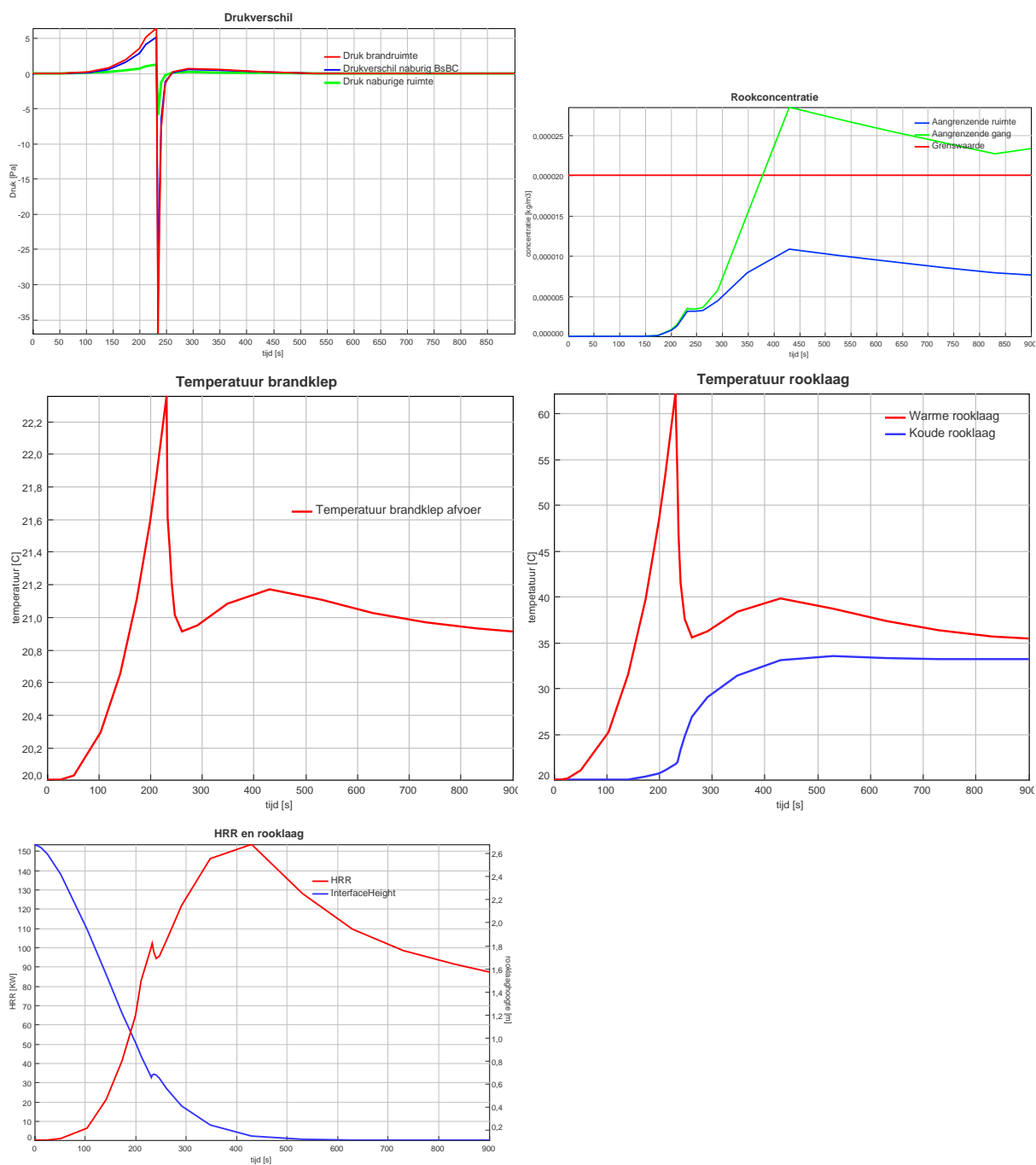
A4.9.2 H7 en G2-*v met afschakelen toevoerventilatie



A5 Resultaten Modellen G3: Brandgroeisnelheid

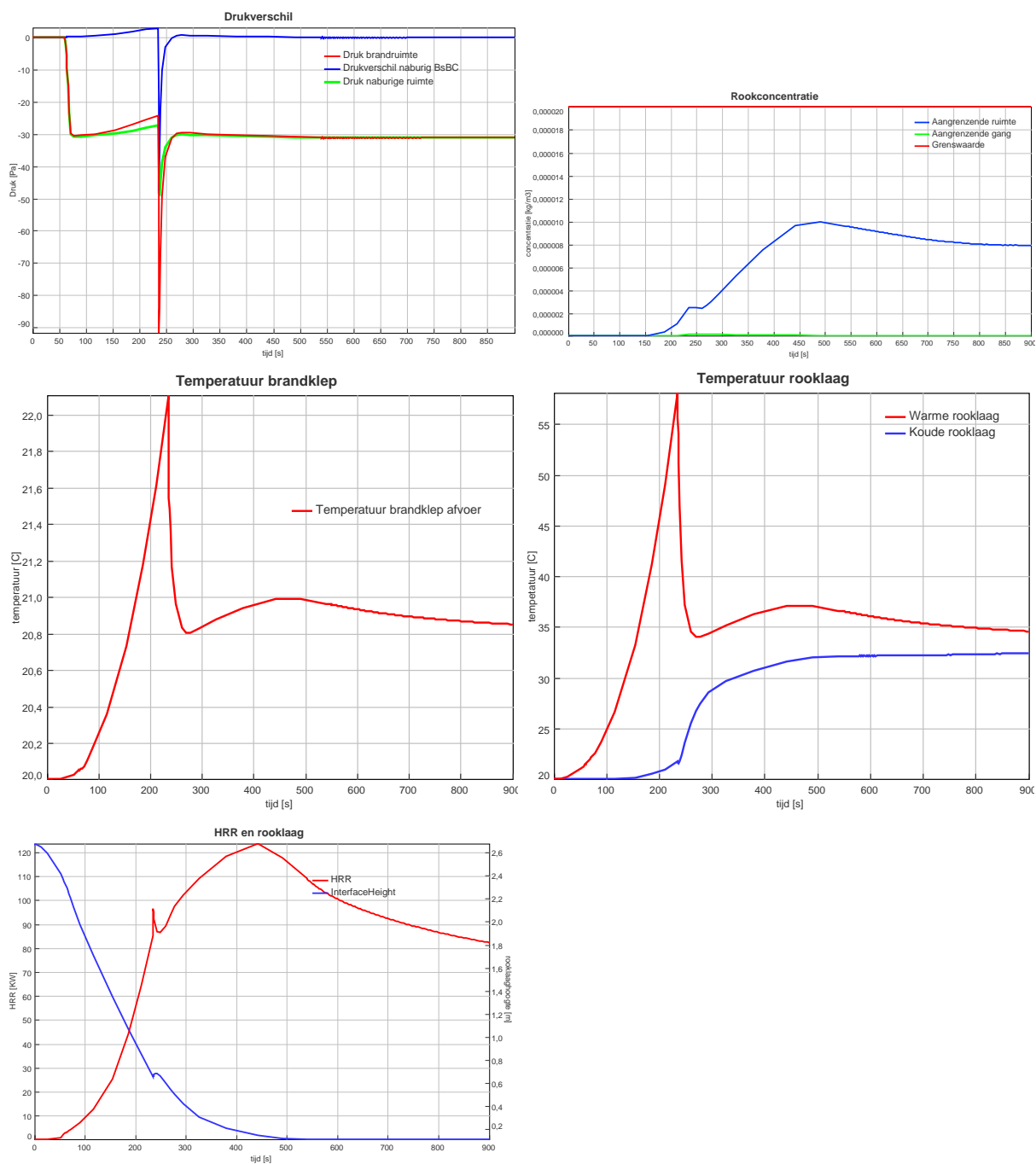
A5.1 Resultaten Model G3-1: langzame brandgroei

Bij een langzame brandgroeisnelheid activeert de sprinkler later, maar is de totale HRR veel lager dan bij een gemiddelde brandgroeisnelheid. Dit zorgt voor minder drukopbouw en minder rookverspreiding naar aangrenzende ruimten; aan beide criteria wordt voldaan. Echter is er wel te veel rookverspreiding naar de gang. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 62 °C en nabij de brandklep 22 °C.



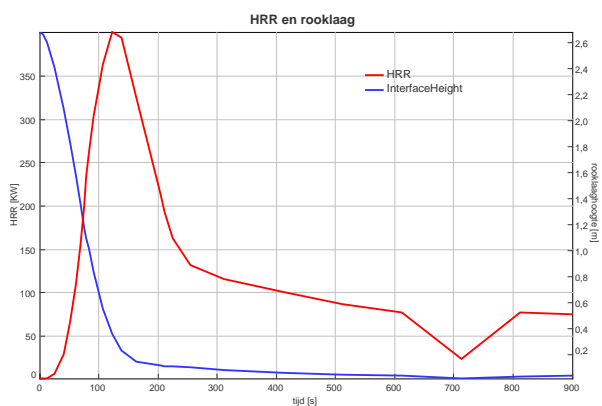
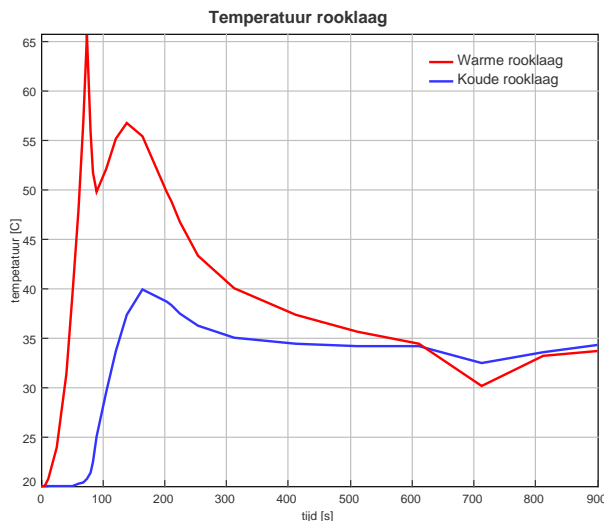
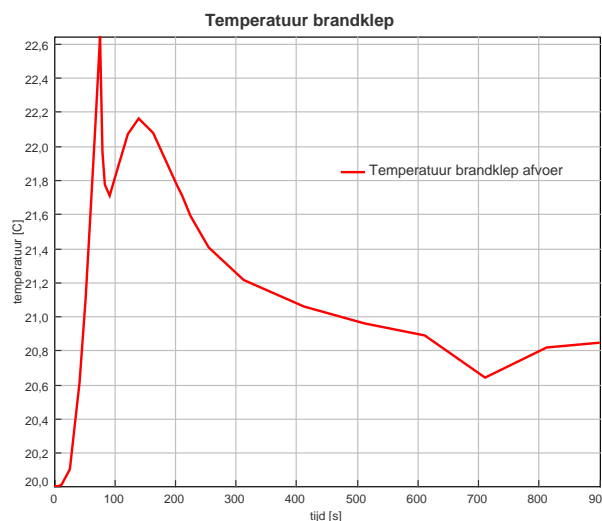
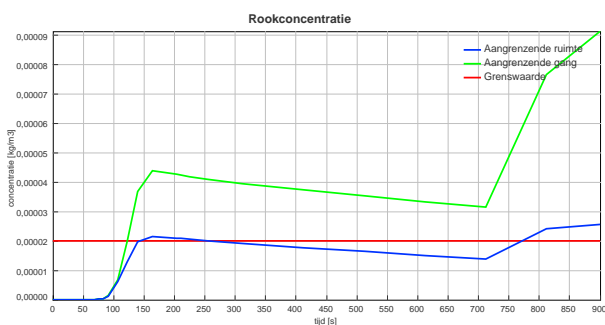
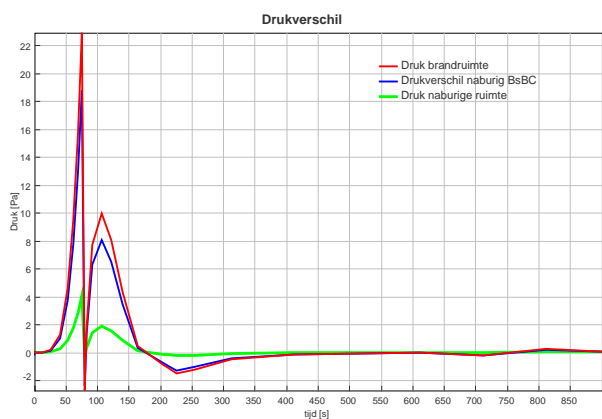
A5.2 Resultaten Model G3-1v: langzame brandgroei en afschakelen toevoerventilatie

Bij afgeschakelde ventilatie wordt wel aan het criterium rookverspreiding voldaan.



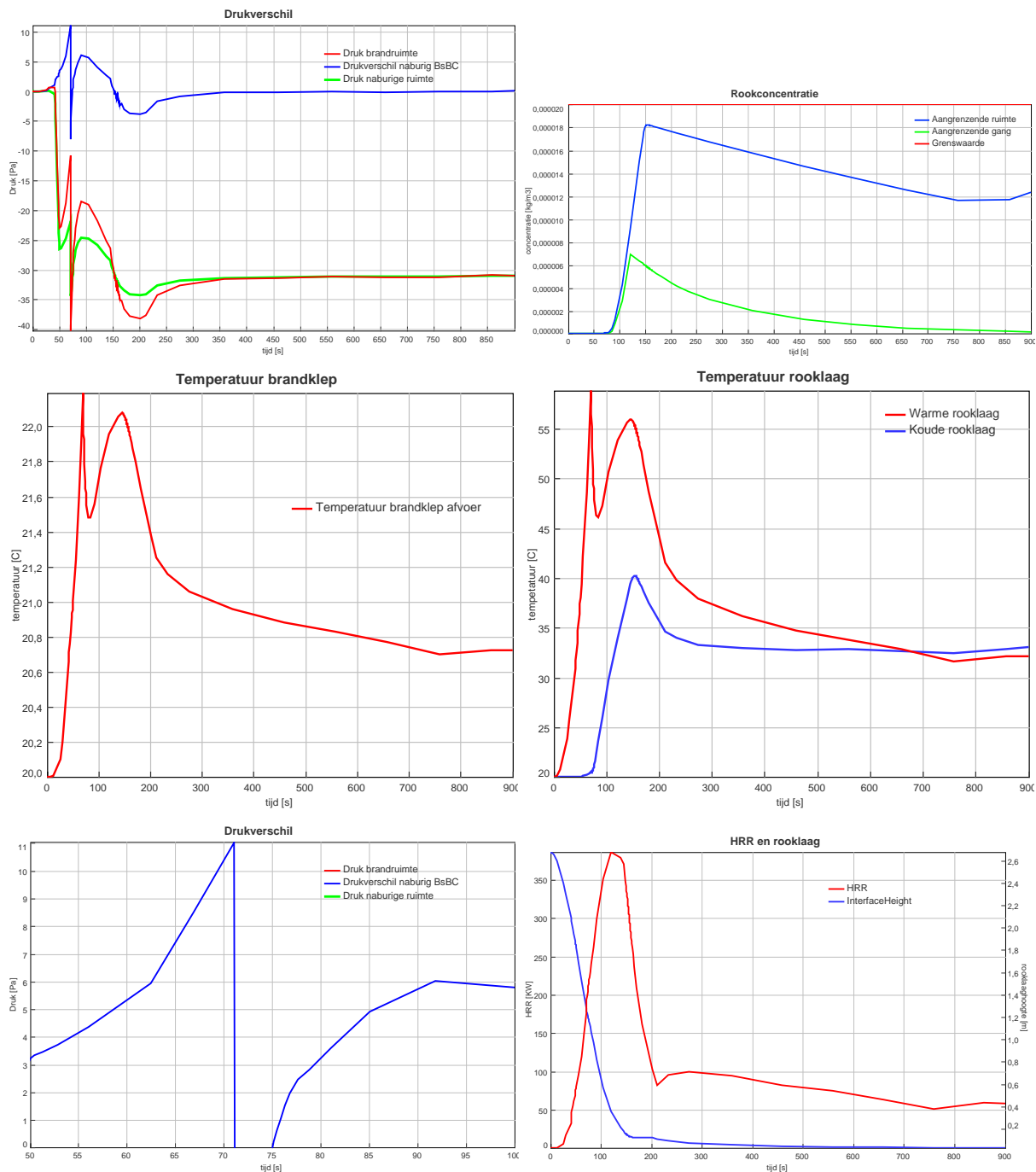
A5.3 Resultaten Model G3-2: snelle brandgroei

Bij een snelle groei van de brand activeert de sprinkler eerder, maar is de totale HRR veel hoger dan bij een gemiddelde brandgroeisnelheid. Dit zorgt voor meer drukopbouw (drukverschil van ruim 18 Pa) en veel rookverspreiding naar aangrenzende ruimte en gang; aan deze beide criteria wordt niet voldaan. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 66 °C en nabij de brandklep 23 °C.



A5.4 Resultaten Model G3-2v: snelle brandgroei en afschakelen toevoerventilatie

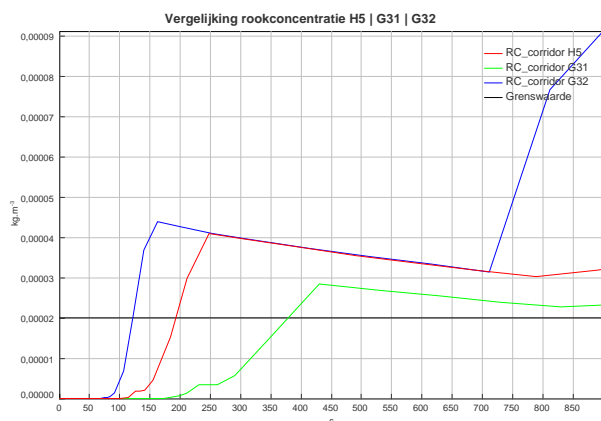
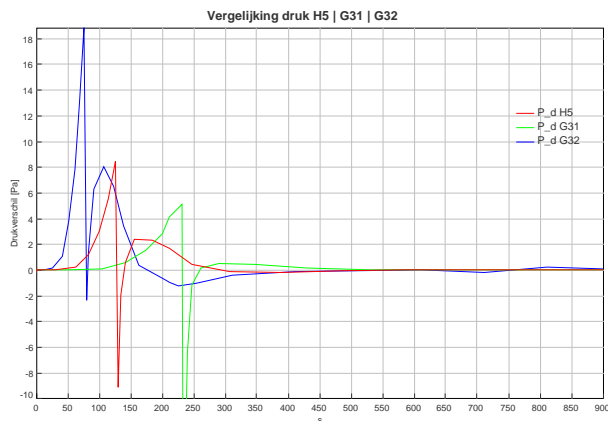
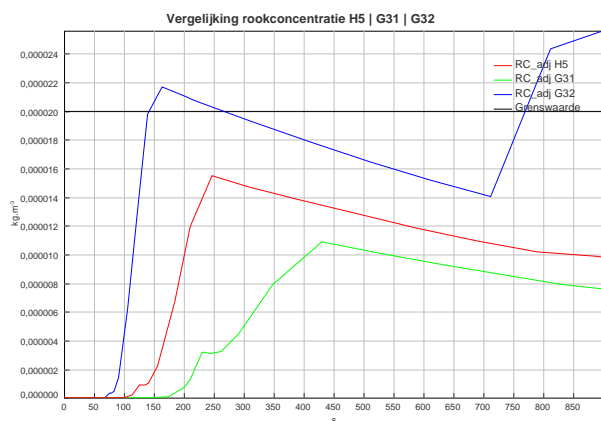
Bij het model met afgeschakelde ventilatie overschrijdt het drukverschil voor een duur van 2 seconden het maximum en loopt op tot ca. 11 Pa. De rookverspreiding naar de aangrenzende ruimte blijft wel onder het gestelde maximum.



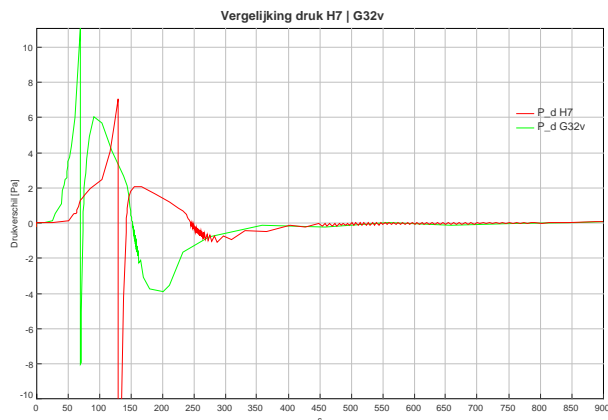
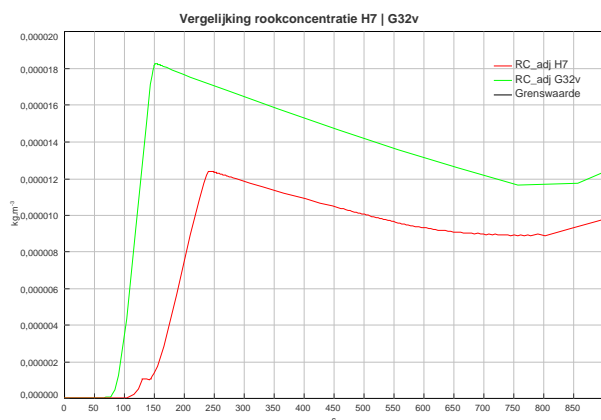
A5.5 Vergelijking resultaten modellen G3 aan haalbaarheidsstudie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen) en H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaten.

A5.5.1 H5 en G3-* ingeschakelde toevoerventilatie



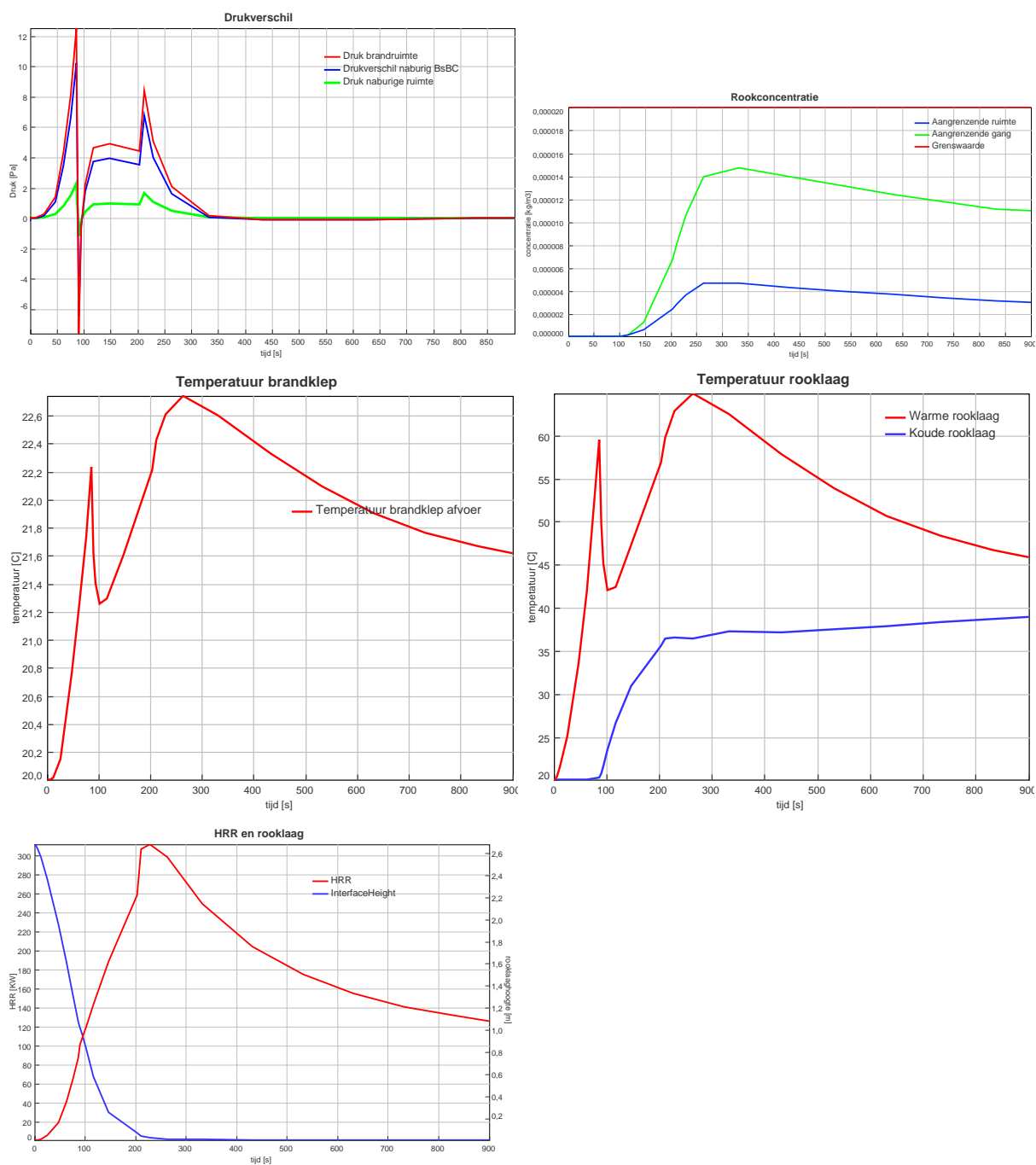
A5.5.2 H7 en G3-*v met afschakelen toevoerventilatie



A6 Resultaten Modellen G4: Type brandhaard

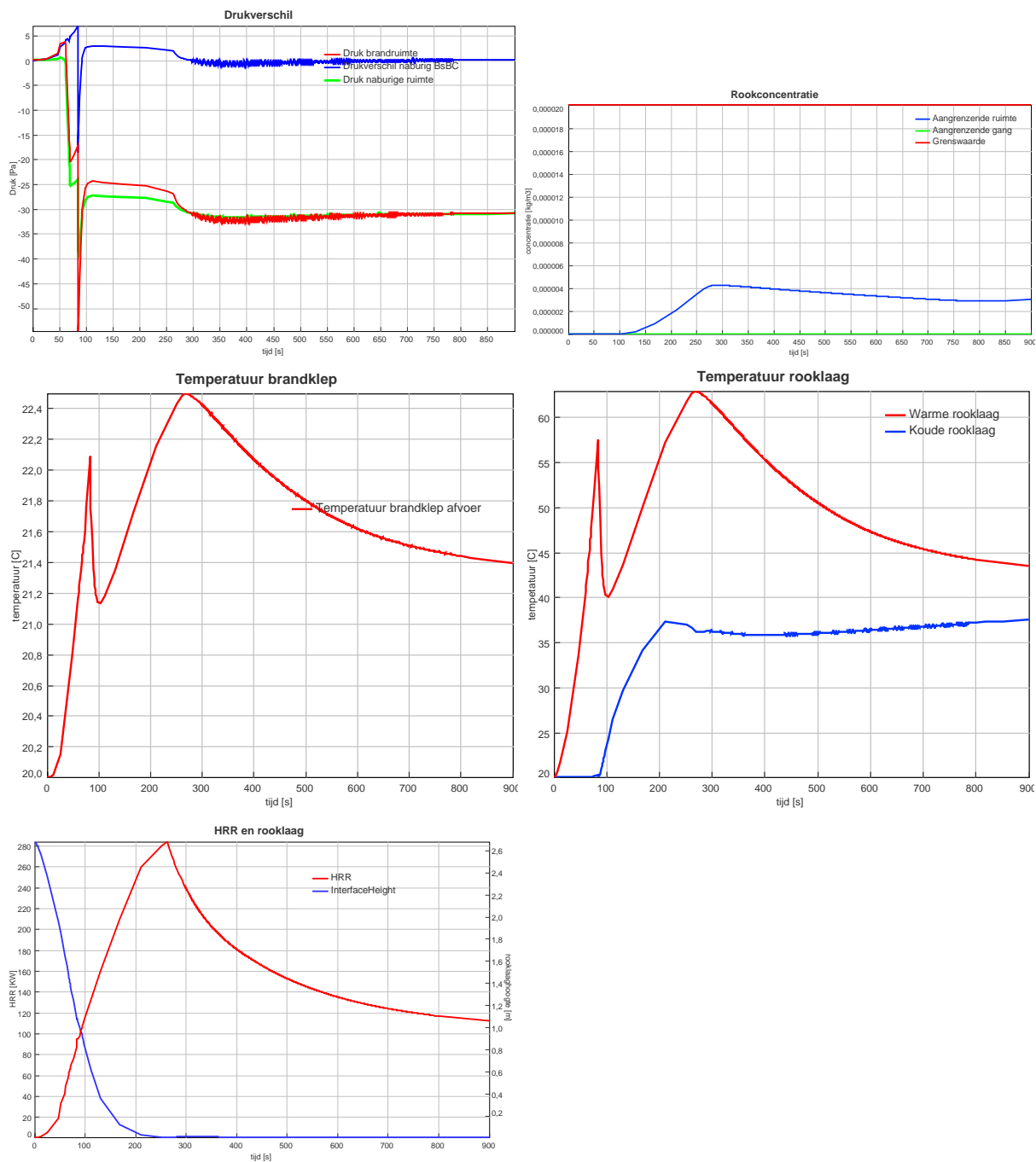
A6.1 Resultaten Model G4-1: brandstof hout

Hout heeft andere karakteristieke eigenschappen en gedraagt zich anders bij brand. Dit heeft ook invloed op de brand- en rookontwikkeling. Het drukverschil is lager dan 10 Pa waarmee aan het dit toetscriterium wordt voldaan. De rookverspreiding naar aangrenzende ruimten is binnen de gestelde marge. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 65 °C en nabij de brandklep 23 °C.



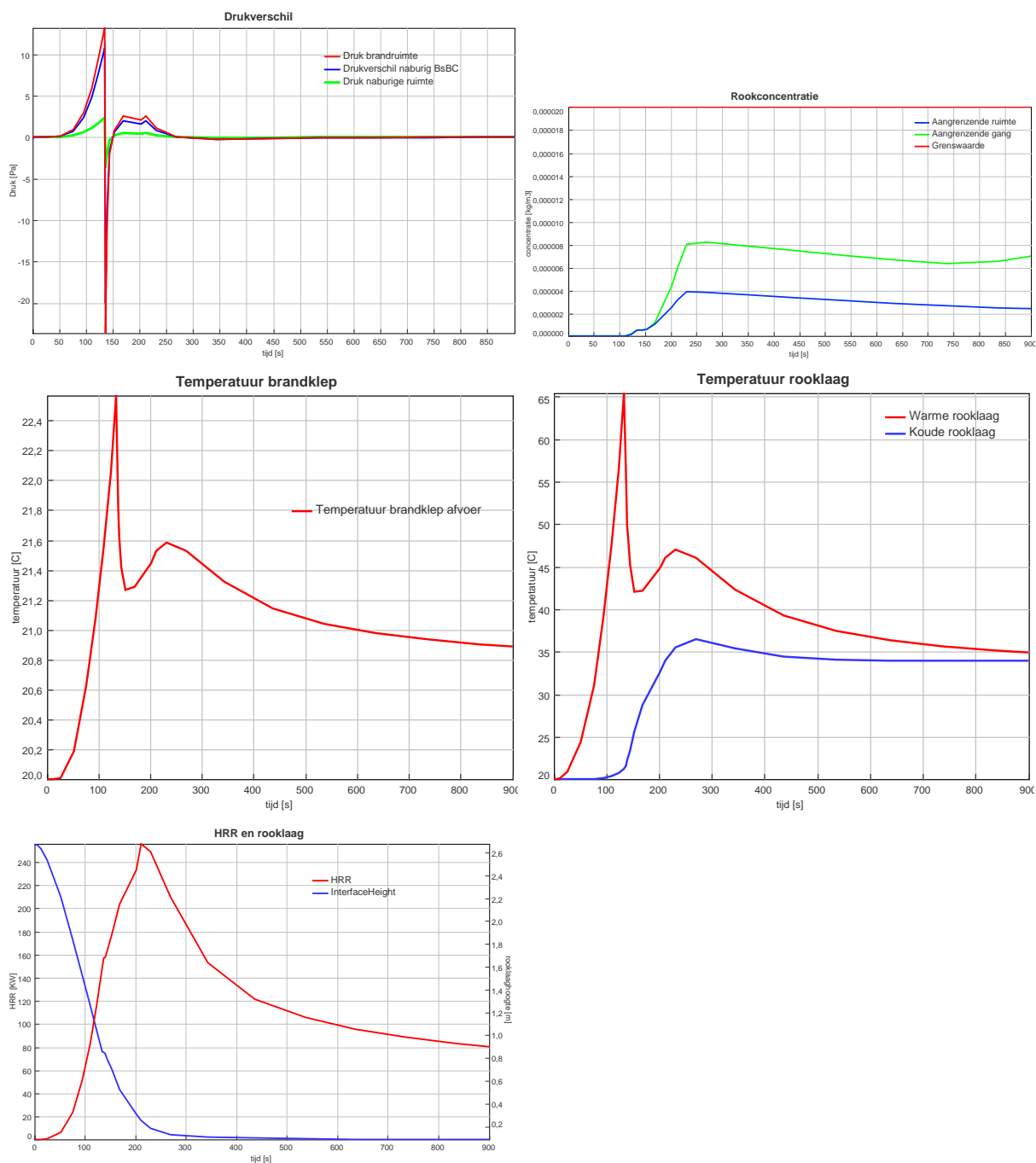
A6.2 Resultaten Model G4-1v: brandstof hout en afschakelen toevoerventilatie

Model G4-1 voldoet dus wordt hier geen verdere toelichting gegeven.



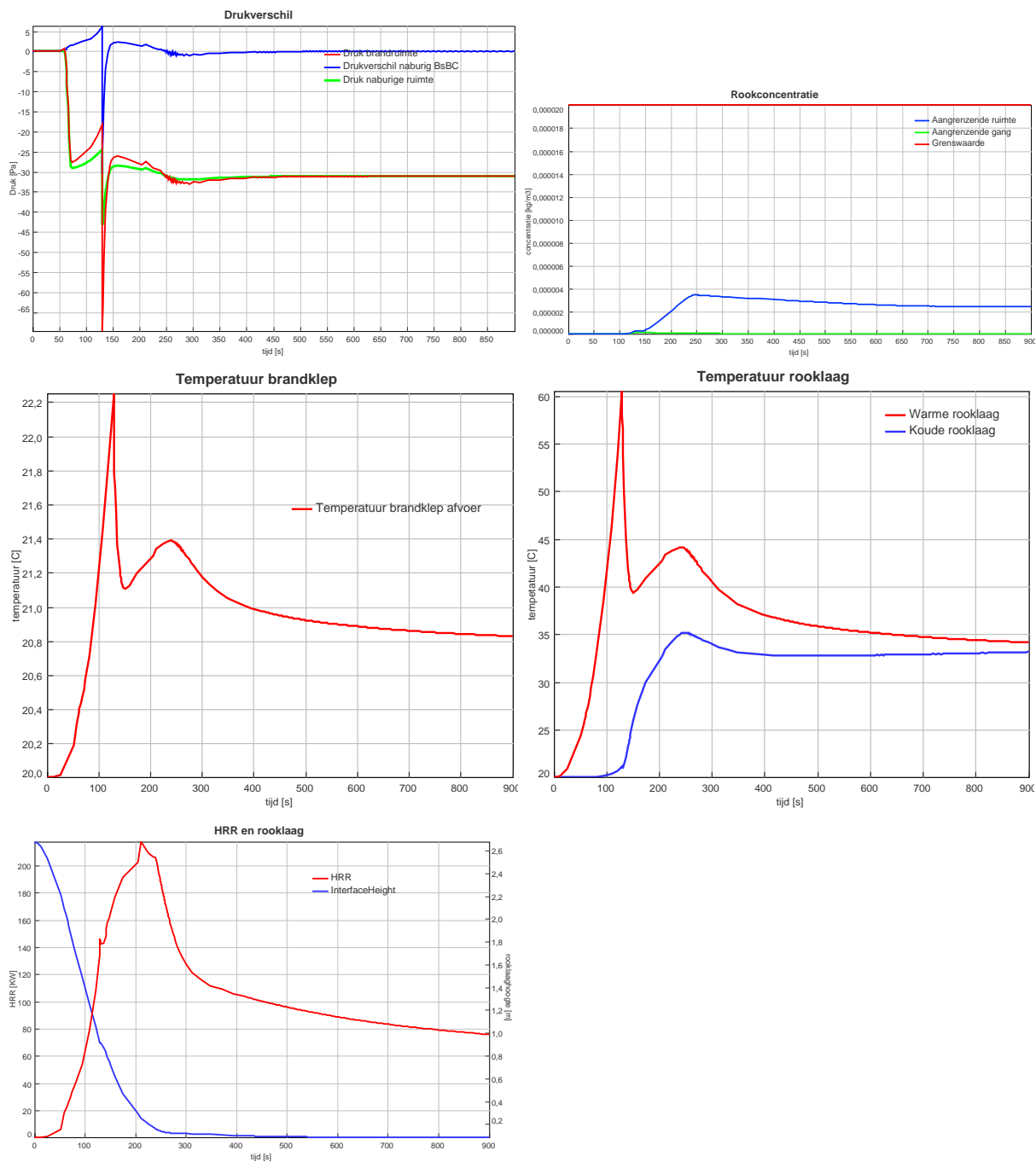
A6.3 Resultaten Model G4-2: S_y 0,05 g/g

Het model met benzeen als brandstof en een aangepaste rookproductie (soot yield) van 0,05 heeft invloed op de brand- en rookontwikkeling. Het drukverschil van 10 Pa wordt net overschreden. De rookverspreiding naar aangrenzende ruimten is binnen de gestelde marge. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 65 °C en nabij de brandklep 23 °C.



A6.4 Resultaten Model G4-2v: S_y 0,05 g/g en afschakelen toevoerventilatie

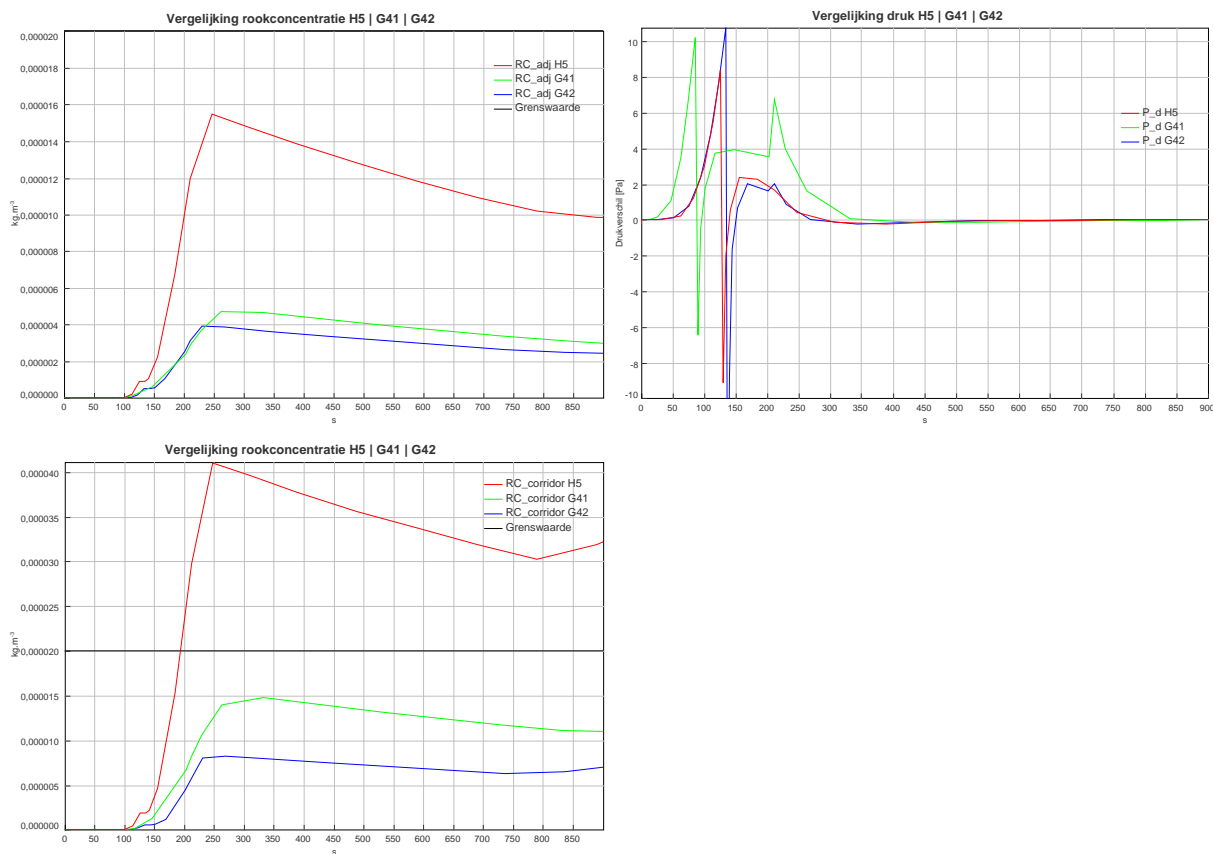
Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft drukverschil onder het maximum en loopt op tot ca. 7 Pa.



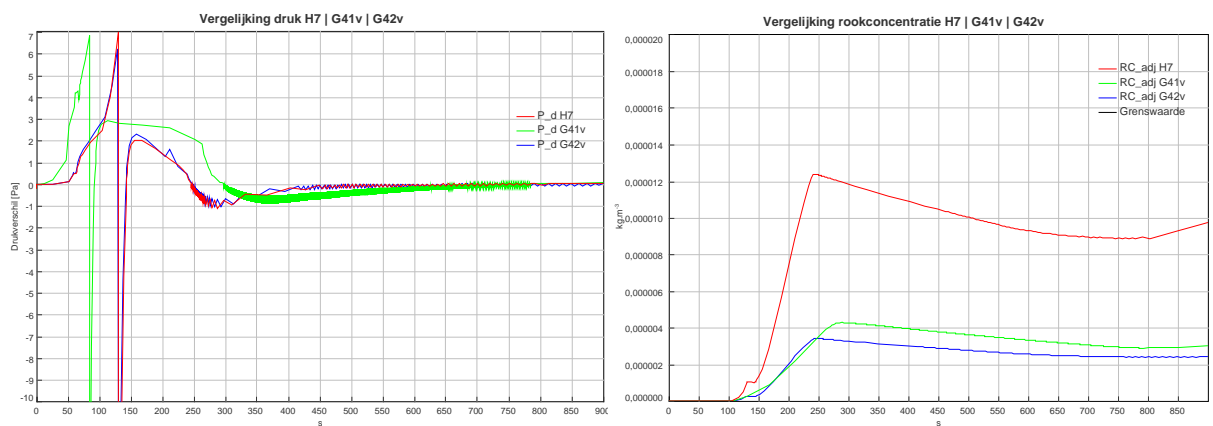
A6.5 Vergelijking resultaten modellen G4 aan haalbaarheidsstudie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen) en H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaten.

A6.5.1 H5 en G4-* ingeschakelde toevoerventilatie



A6.5.2 H7 en G4-*v met afschakelen toevoerventilatie

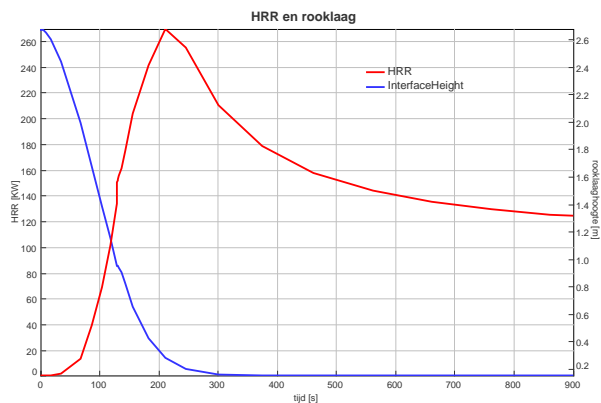
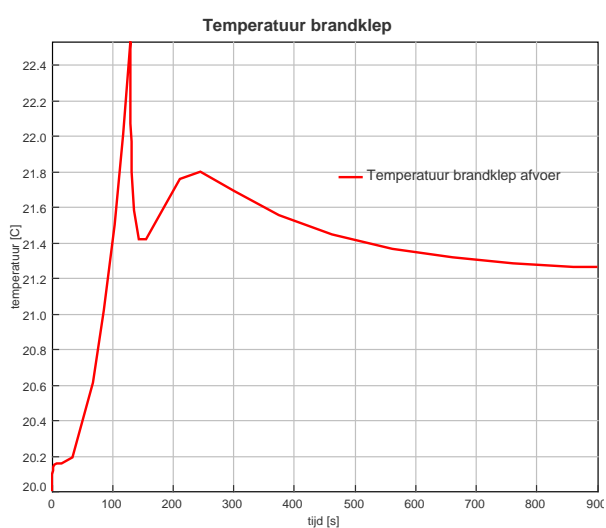
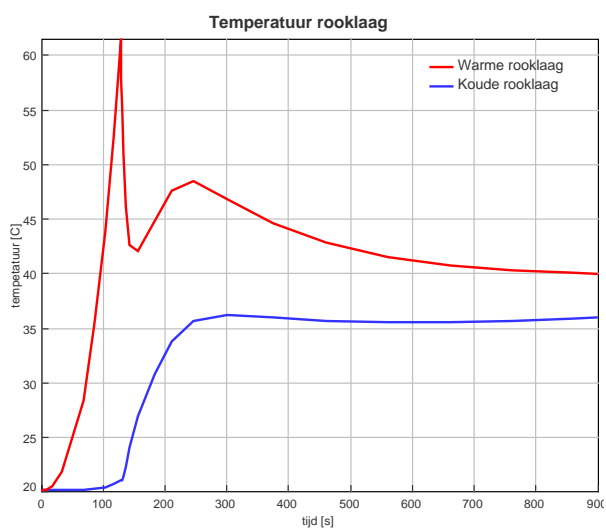
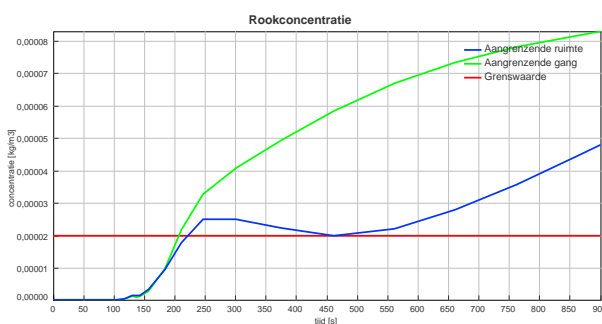
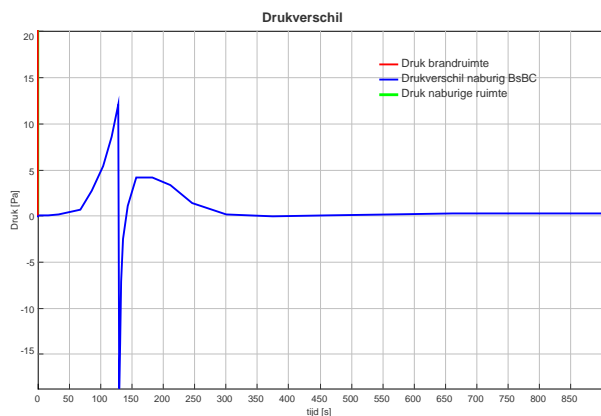


De verschillen in drukverschil en rookverspreiding hebben te maken met de hoeveelheid rook die de branden genereren, en of er daardoor nog voldoende zuurstof in de ruimtes aanwezig (smoren van de brand).

A7 Resultaten Modellen G5: Windinvloeden

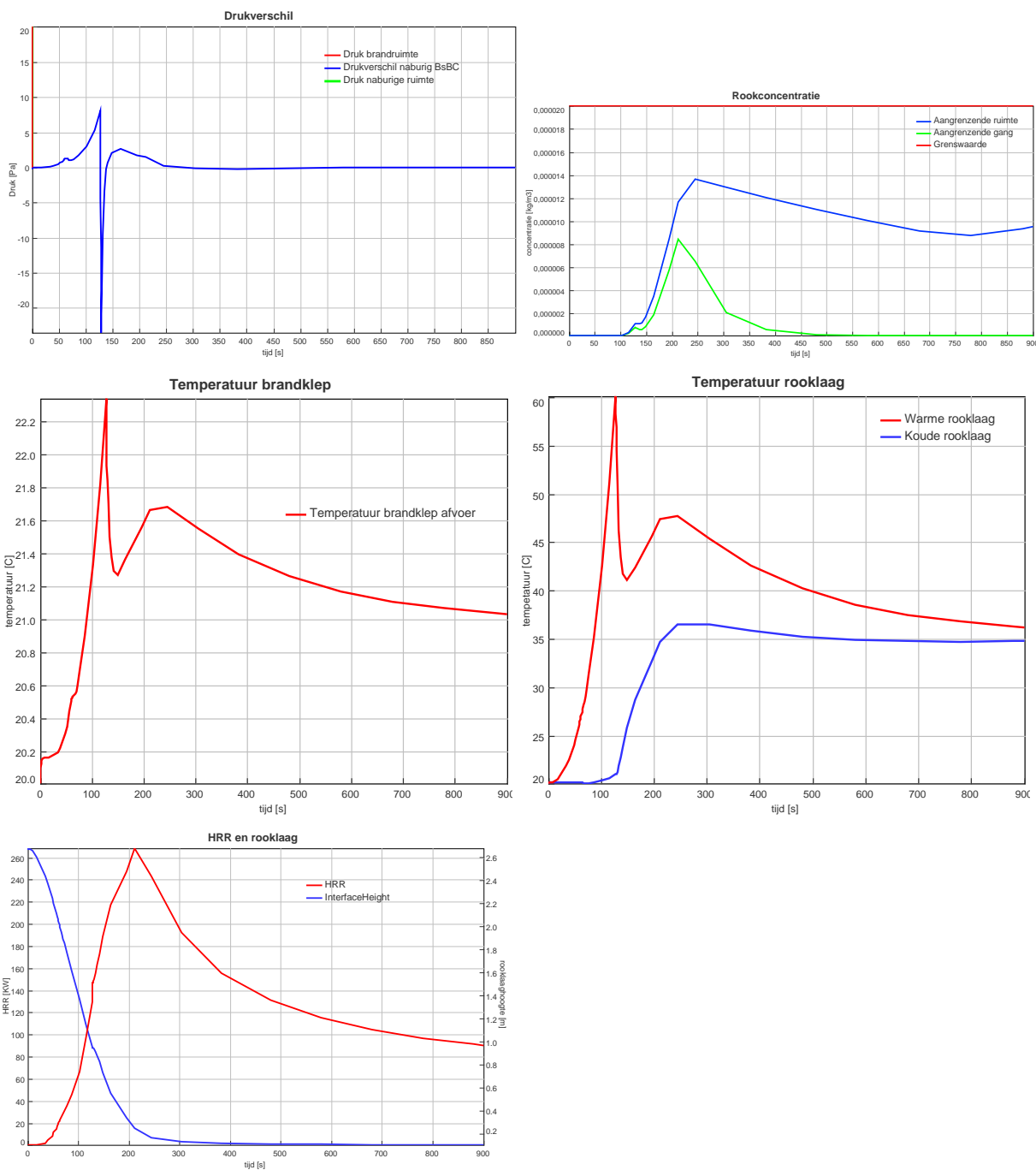
A7.1 Resultaten Model G5-1: wind op gevel brandruimte windkracht 10

De rookverspreiding naar aangrenzende ruimte/ gang is ook groter dan de gestelde marge. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 62 °C en nabij de brandklep 23 °C.



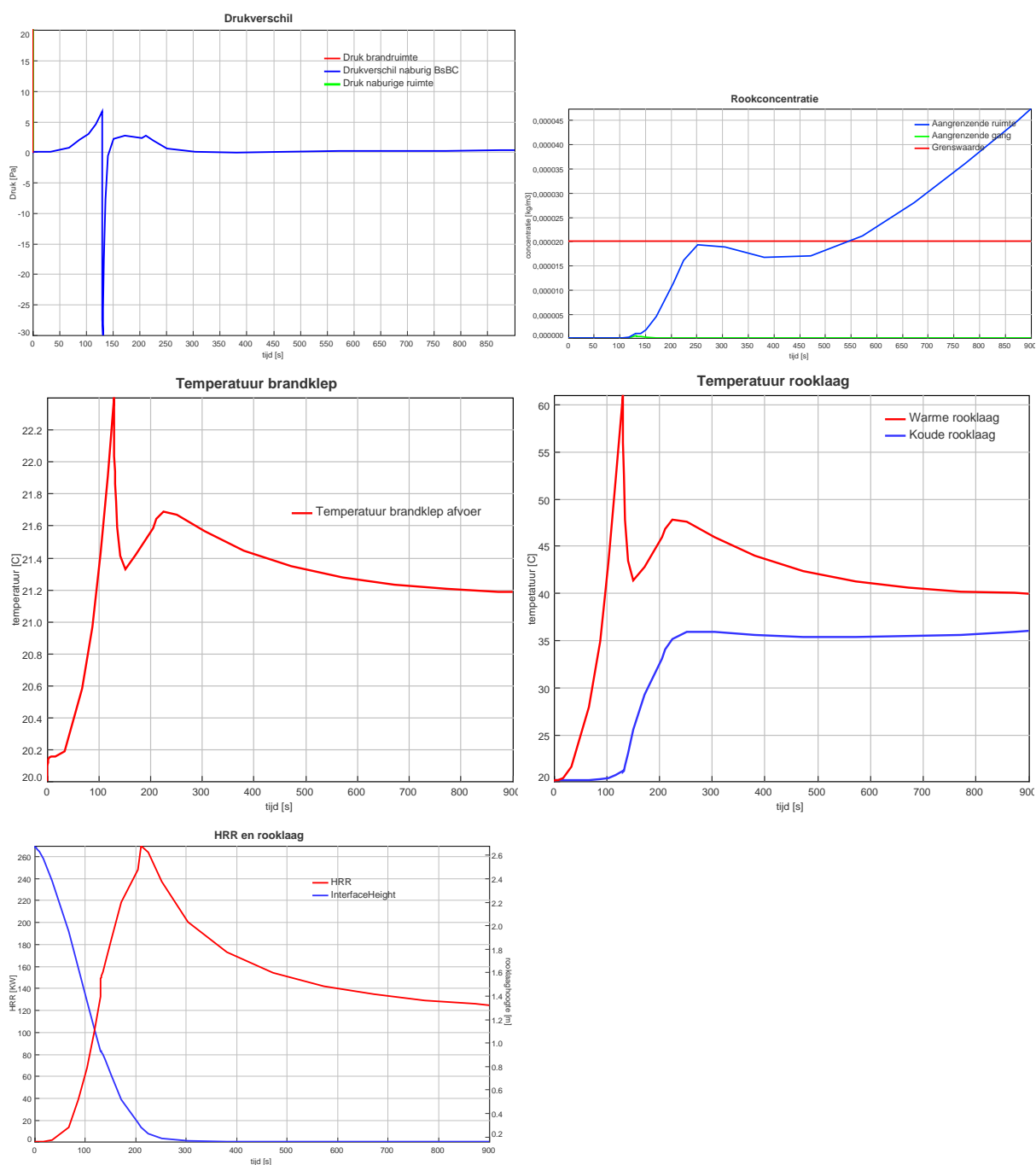
A7.2 Resultaten Model G5-1v: wind op gevel brandruimte windkracht 10 en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde toevoer blijft drukverschil onder het maximum en loopt op tot ca. 8 Pa. Ook de rookverspreiding naar de aangrenzende ruimte blijft onder het gestelde maximum.



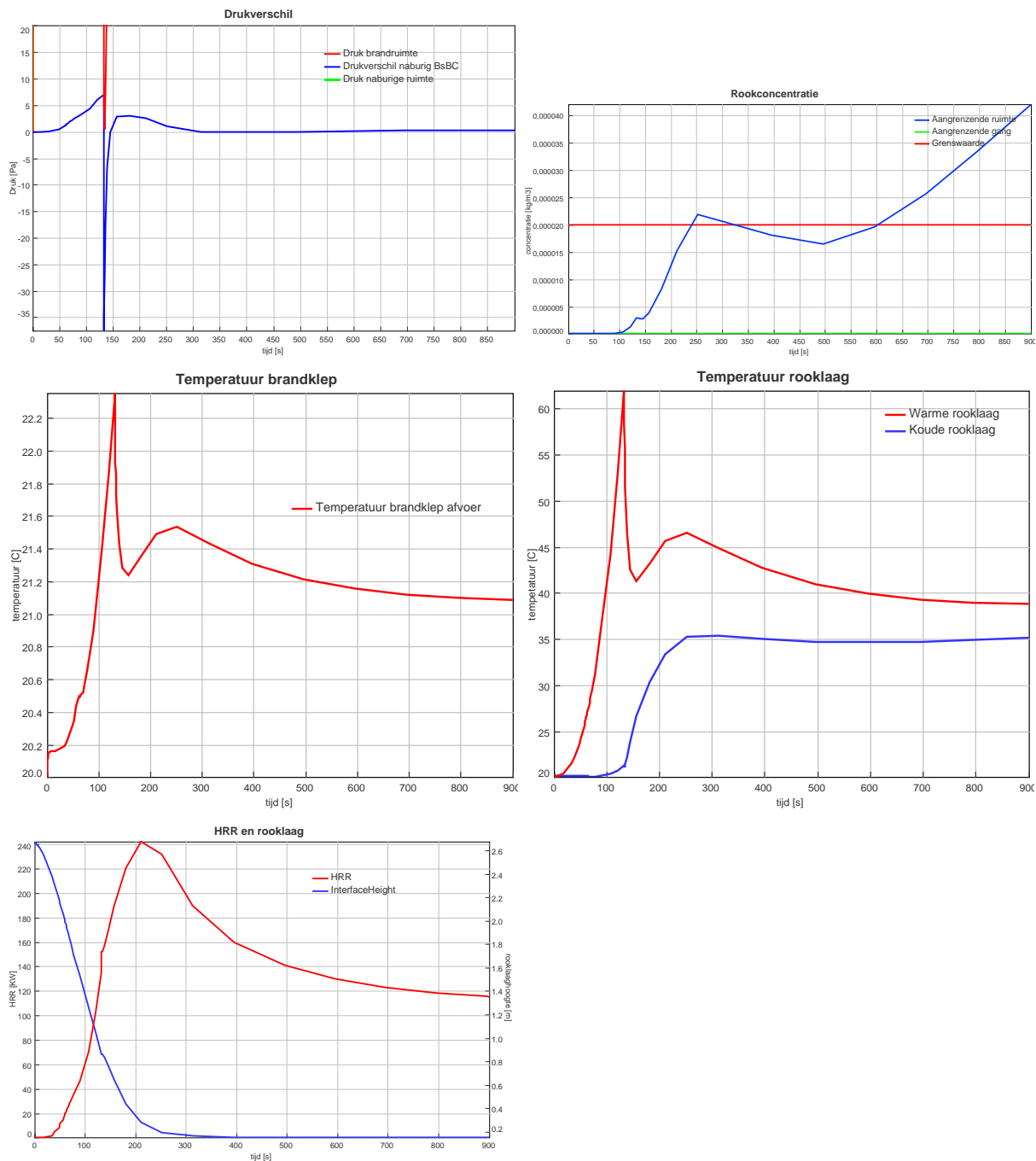
A7.3 Resultaten Model G5-2: wind op gevel overzijde brandruimte windkracht 10

Het maximale drukverschil en rookverspreiding naar de gang worden niet overschreden. De rookverspreiding naar aangrenzende ruimten wordt echter wel overschreden, omdat ook aan de aangrenzende ruimte harder wordt 'gezogen', en daardoor rook via de lekverliezen en ventilatiekanalen meer naar de aangrenzende ruimte wordt getrokken. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 61 °C en nabij de brandklep 22 °C.



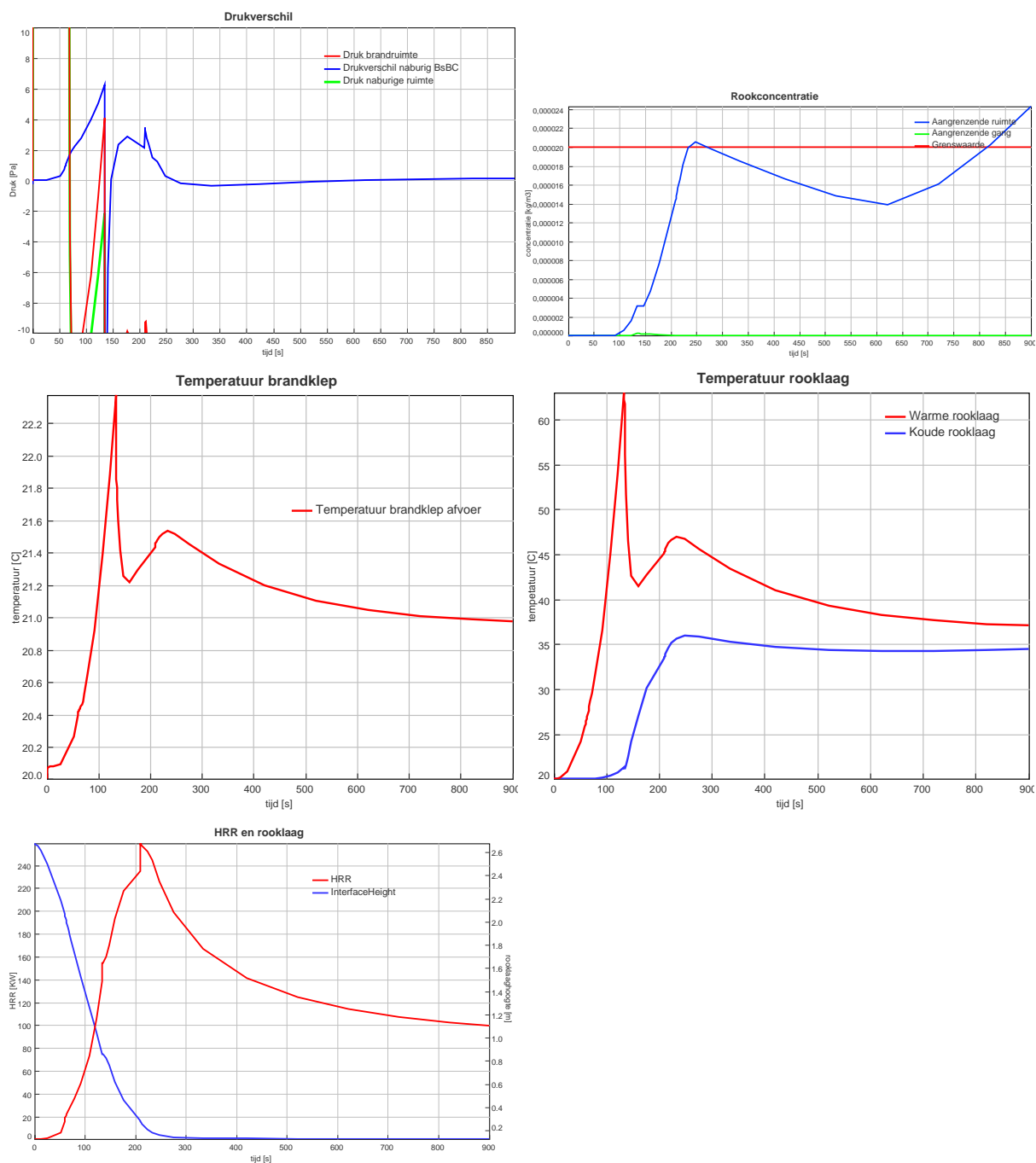
A7.4 Resultaten Model G5-2v: wind op gevel overzijde brandruimte windkracht 10 en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde ventilatie wordt de gestelde grens aan rookverspreiding naar de aangrenzende ruimte nog meer overschreden. Een kortstondige en kleine overschrijding is aanwezig tussen 240 s en 320 s. Na 600 s is er wederom een overschrijding en neemt verder toe.



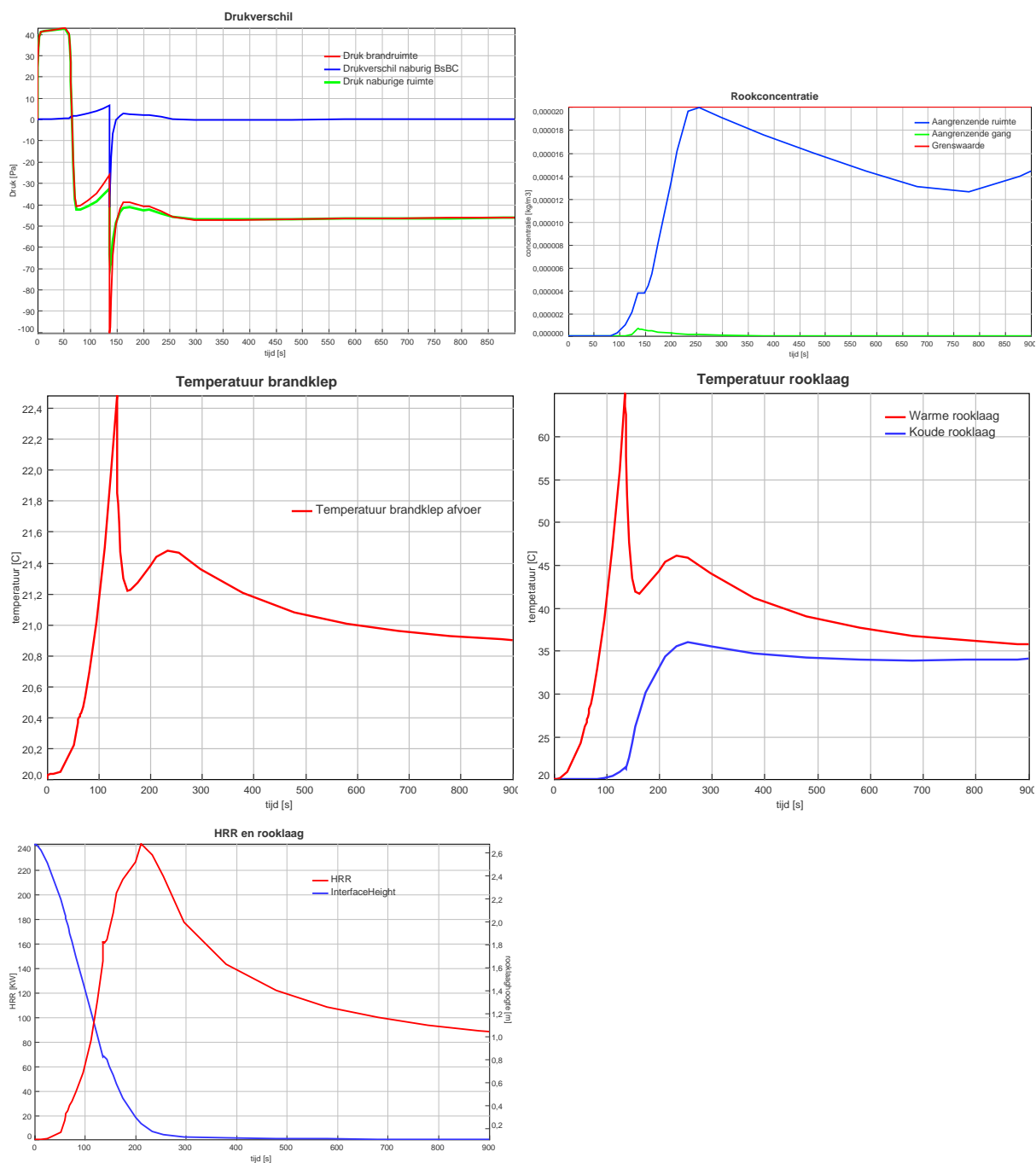
A7.5 Resultaten Model G5-3v: wind op gevel overzijde brandruimte windkracht 8 en afschakelen toevoerventilatie

Op model G5-2v wordt een variant gemaakt om de rookverspreiding bij lagere winddruk nader te onderzoeken. Bij dit model is de toevoerventilatie afgeschakeld. Windkracht 8 staat gelijk aan 75 km/h windsnelheid op 10 meter hoogte. Omdat enkel de rookverspreiding naar aangrenzende ruimte wordt overschreden, worden alleen de resultaten van deze specifieke meetresultaten weergegeven. Als in onderstaande figuur is te zien, is er nog een minimale overschrijding rond 250 s. Ook na ca 825 s wordt de grenswaarde aan rookverspreiding voor de aangrenzende ruimte overschreden.



A7.6 Resultaten Model G5-4v: wind op gevel overzijde brandruimte windkracht 4 en afschakelen toevoerventilatie

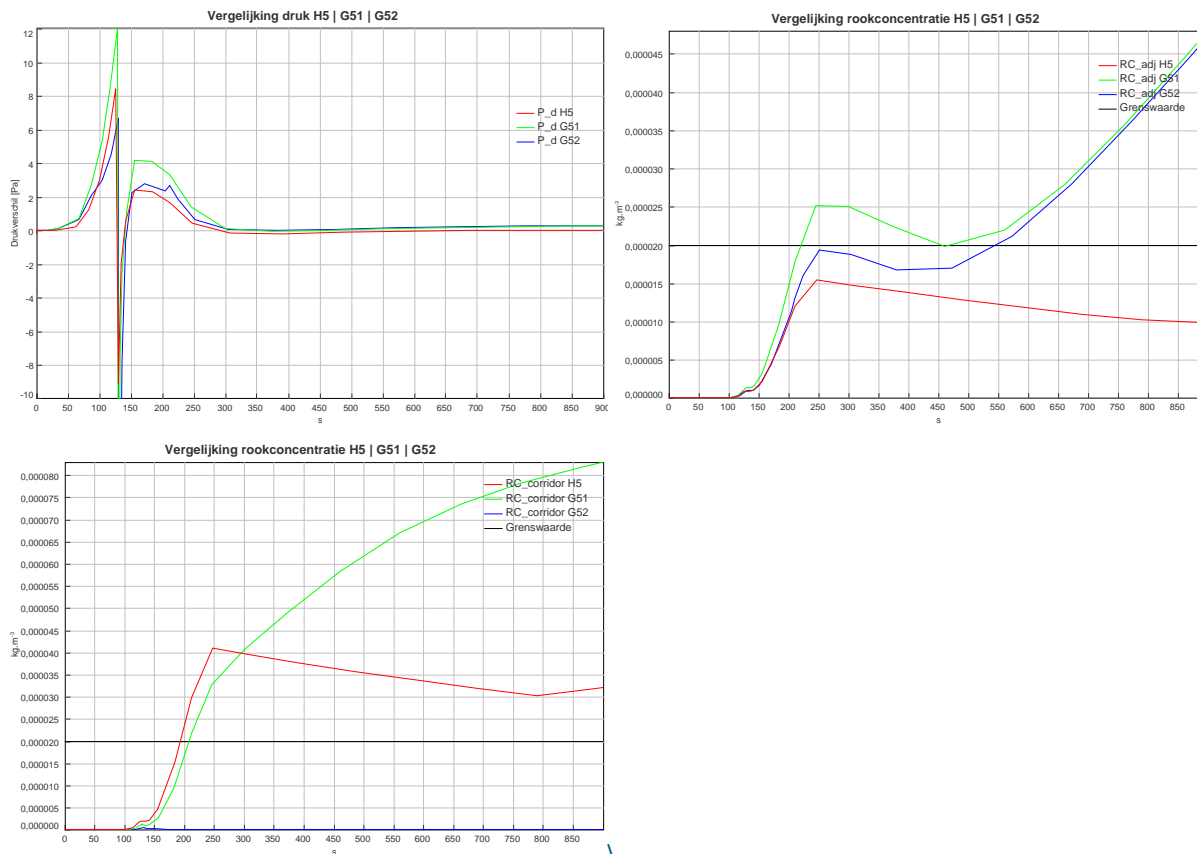
Op model G5-2v wordt ook een variant gemaakt bij windkracht 4, toevoerventilatie afgeschakeld. Dit staat gelijk aan 49 km/h windsnelheid op 10 meter hoogte. Bij deze windkracht wordt voldaan aan het criterium voor rookverspreiding.



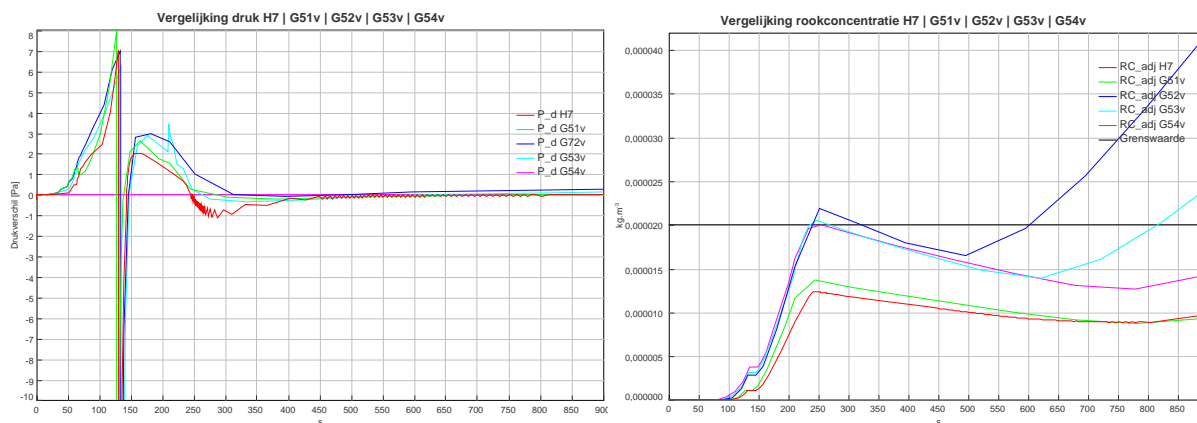
A7.7 Vergelijking resultaten modellen G5 aan haalbaarheidsstudie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen) en H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaten.

A7.7.1 H5 en G5-* ingeschakelde toevoerventilatie



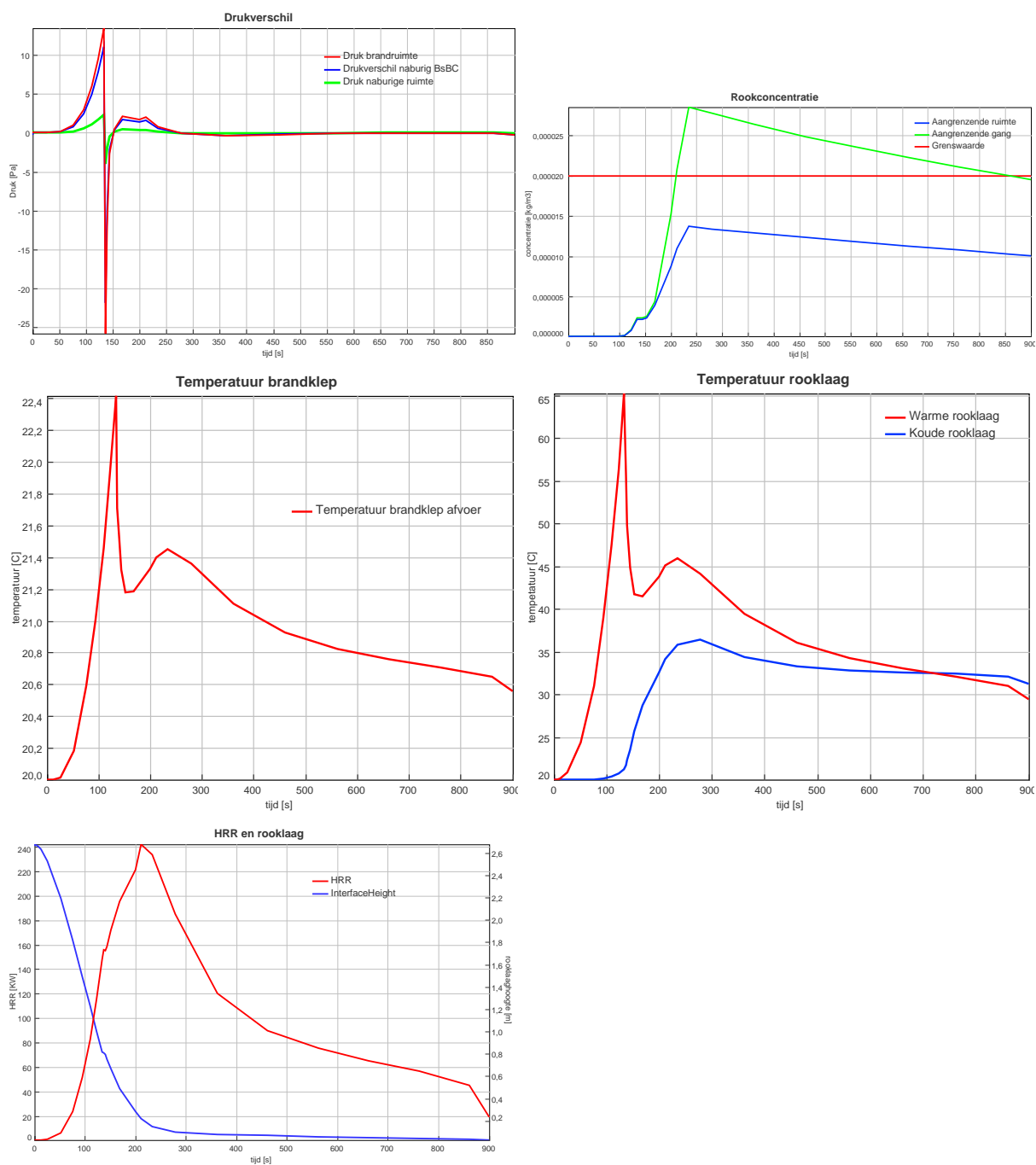
A7.7.2 H7 en G5-*v met afschakelen toevoerventilatie



A8 Resultaten Modellen G6: Minimale ventilatie

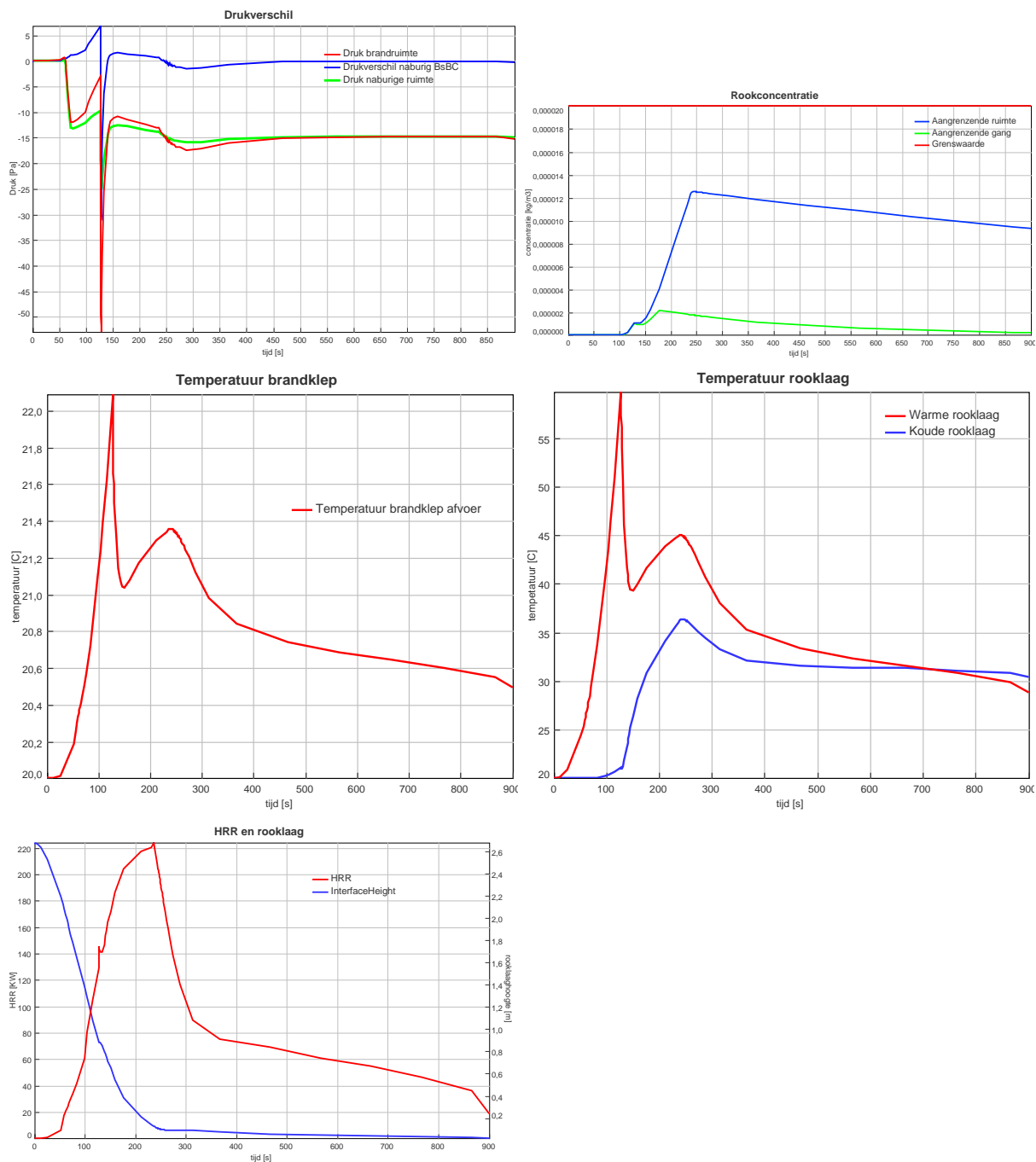
A8.1 Resultaten Model G6-1: minimaal vereiste ventilatie

Bij een capaciteit van 100 m³/h wordt het maximaal toegestane drukverschil net overschreden. De gestelde grens aan rookverspreiding naar aangrenzende ruimte wordt niet overschreden. Wel wordt de grenswaarde rookverspreiding naar de gang overschreden. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 65 °C en nabij de brandklep 22 °C.



A8.2 Resultaten Model G6-1v: minimaal vereiste ventilatie en afschakelen toevoerventilatie

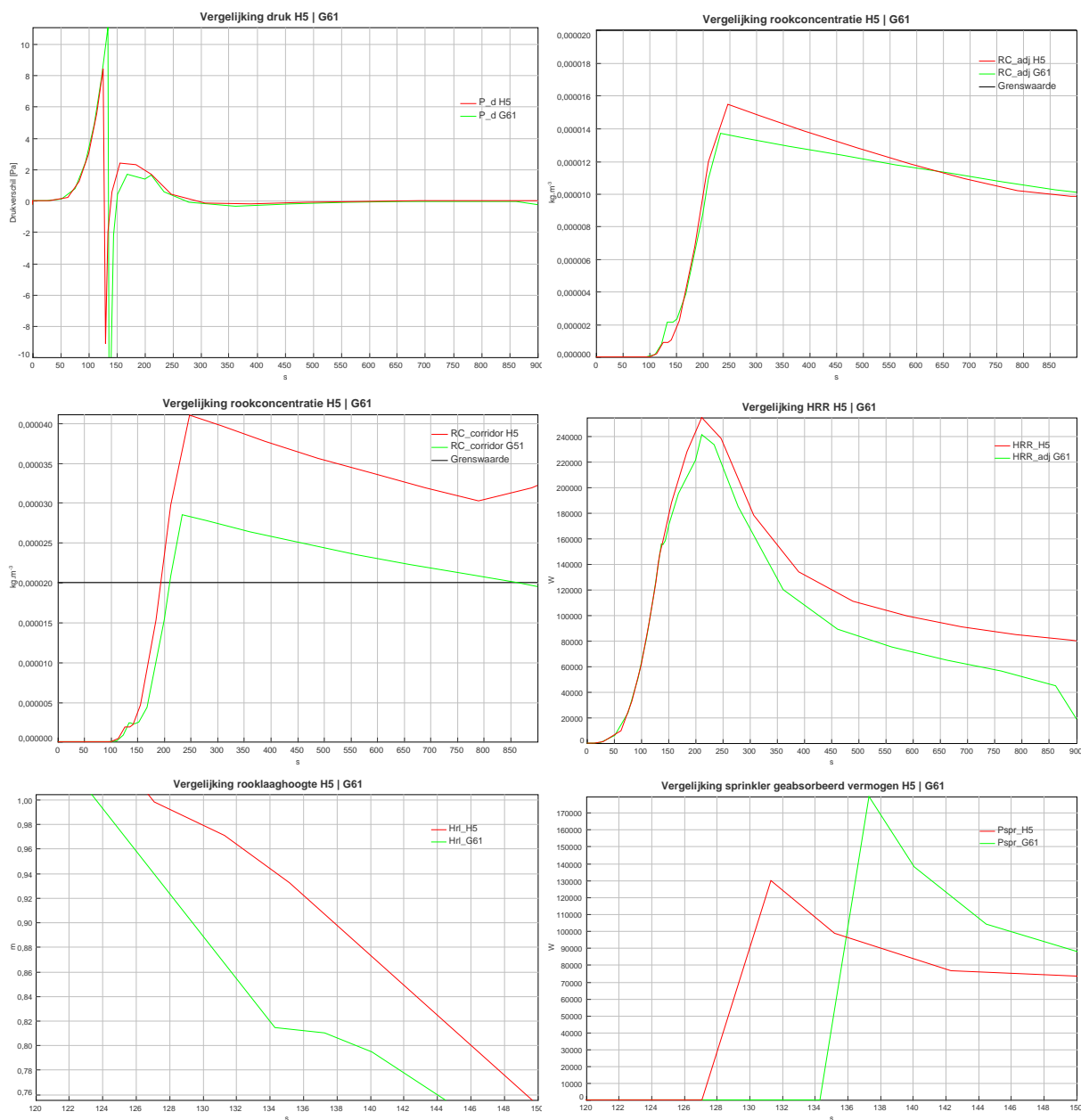
Bij afgeschakelde ventilatie wordt wel voldaan aan het criterium rookverspreiding naar de gang.



A8.3 Vergelijking resultaten modellen G6 aan haalbaarheidsstudie

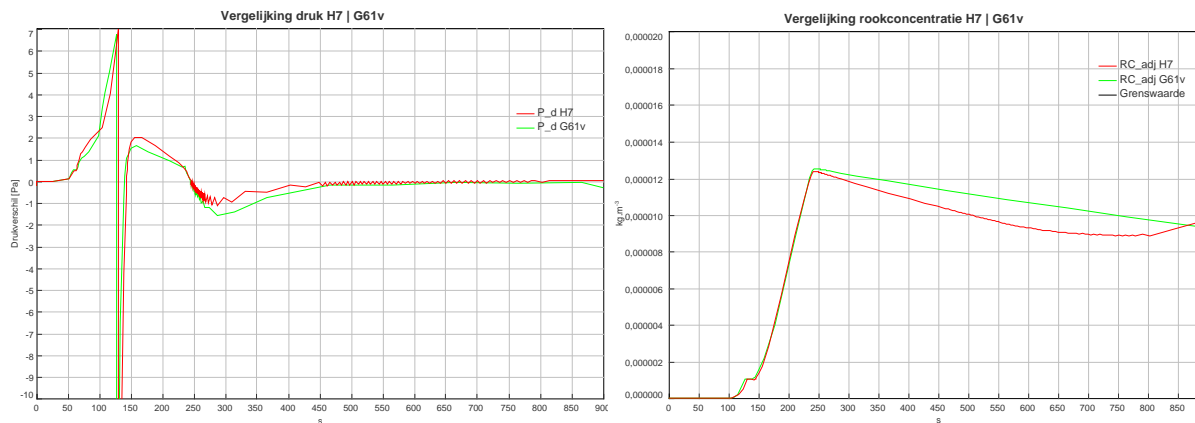
A8.3.1 H5 en G6-* ingeschakelde toevoerventilatie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen), zie onderstaande resultaten. Het drukverschil is hoger omdat de sprinkler iets later activeert. Dit omdat met minder ventilatie de rooklaag sneller zakt. Een hogere rooklaag heeft, bij dezelfde karakteristieken aan de brand, minder energie per volume-eenheid om 'door te geven' aan de sprinklerkop. Na verloop van tijd smooft de brand ook eerder bij een lager ventilatievoud waardoor er over de gehele tijd rook geproduceerd wordt.



A8.3.2 H7 en G6-* met afschakelen toevoerventilatie

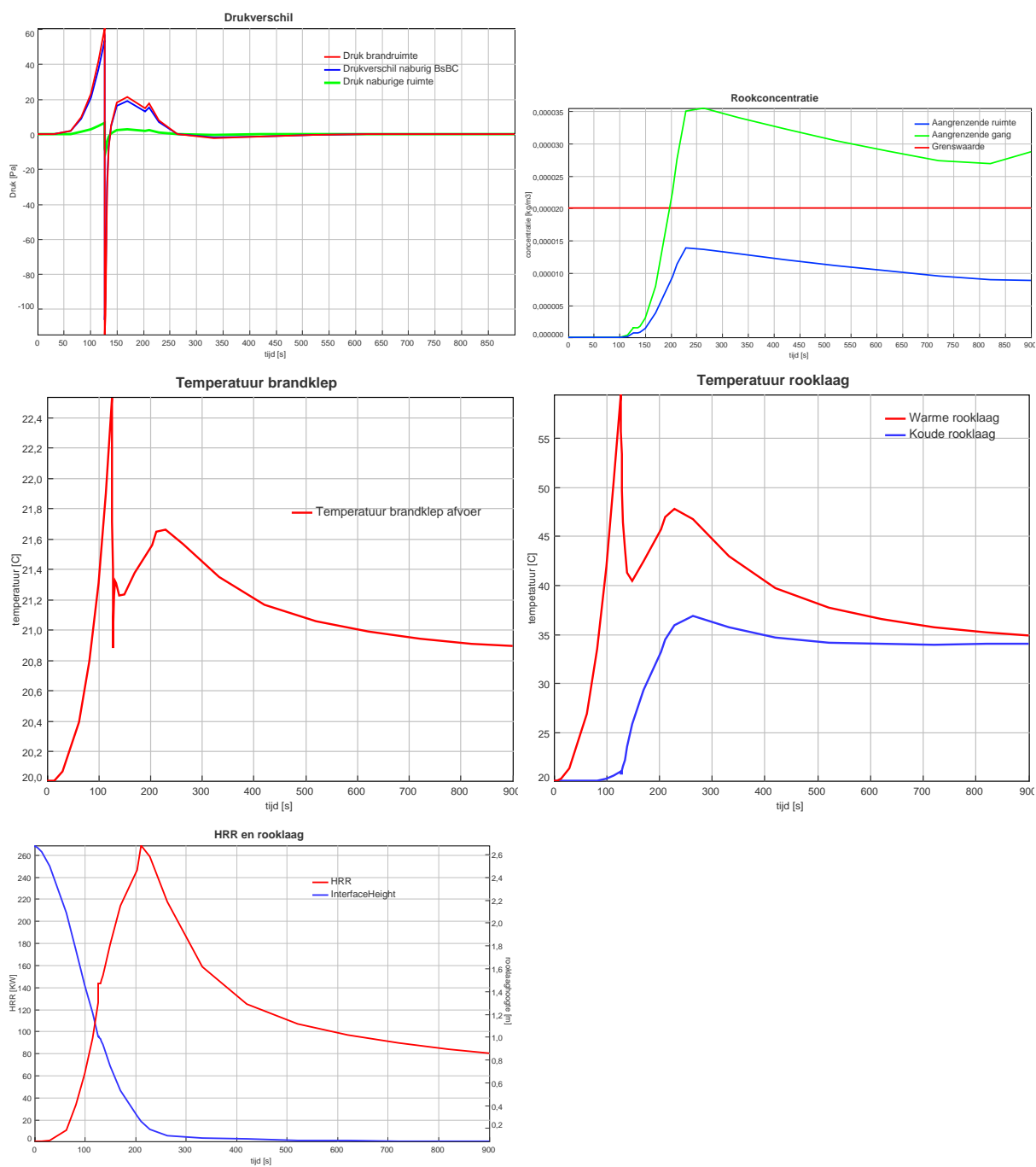
Ter vergelijking met model H7 (afschakelen toevoerventilatie) wat betreft rookverspreiding naar de gang, zie onderstaande resultaat.



A9 Resultaten Modellen G7: Lekverliezen

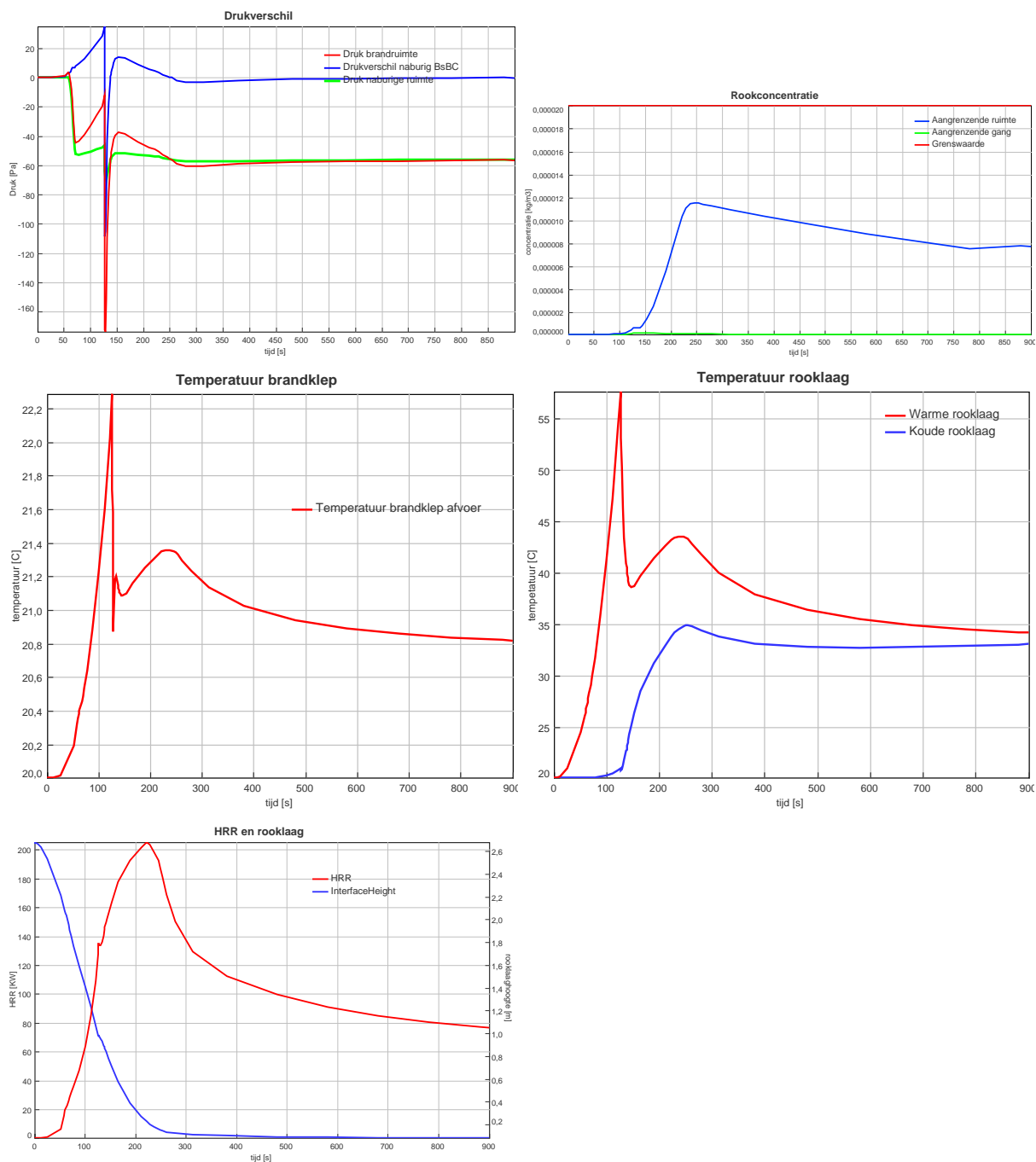
A9.1 Resultaten Model G7-1: Lekverliezen x 0,25

In de ruimte met 0,25 x de lekverliezen (dus minder lekverlies), loopt de druk veel hoger op. Het drukcriterium wordt sterk overschreden; er treedt een drukverschil van ca. 50 Pa op. De gestelde grens m.b.t. rookverspreiding alleen overschreden voor de gang. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 23 °C.



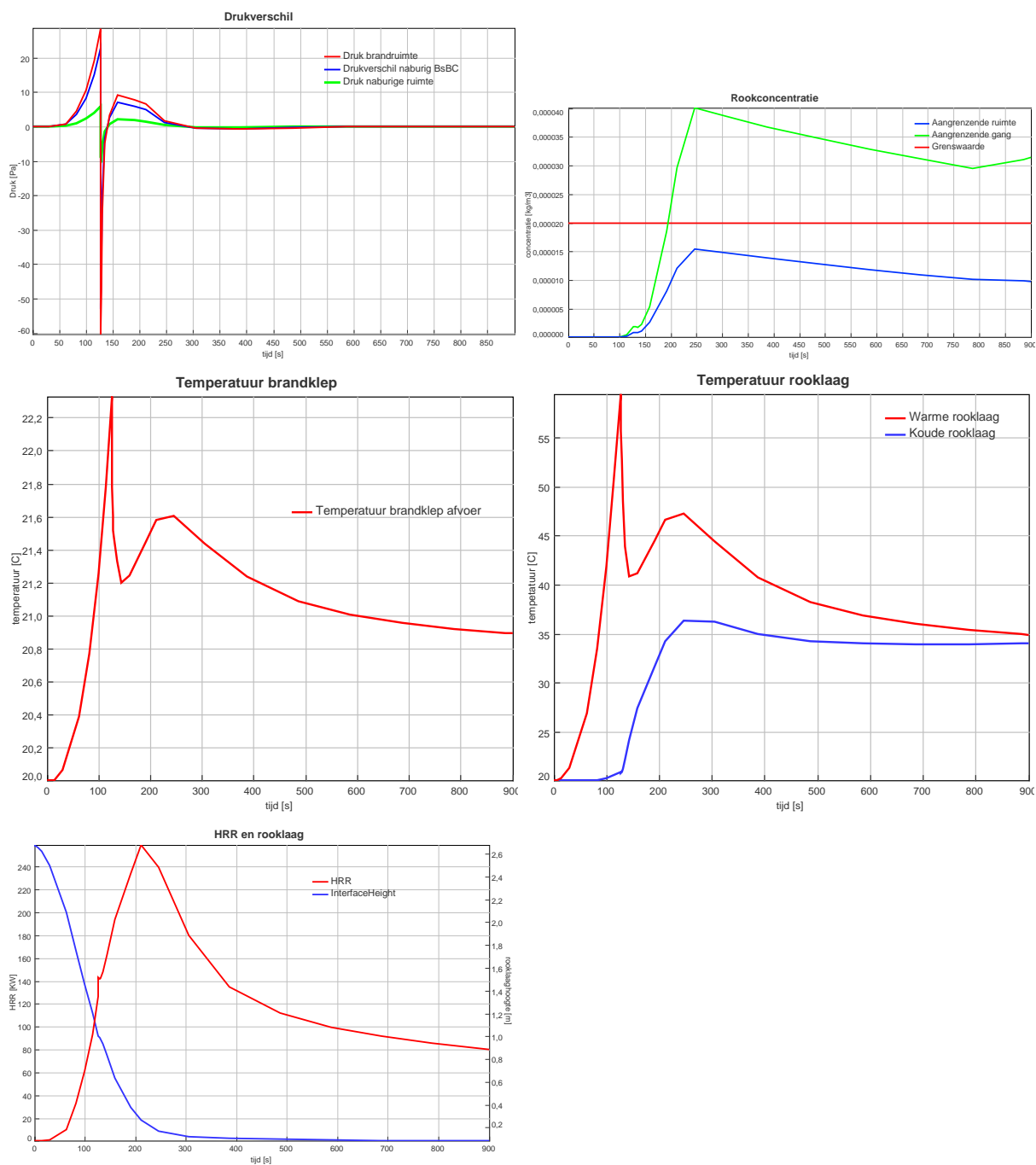
A9.2 Resultaten Model G7-1v: lekverliezen x 0,25 en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft de rookconcentratie onder het maximum. Het drukverschil overschrijdt echter nog wel de waarde van 10 Pa. De druk loopt op tot ca. 25 Pa.



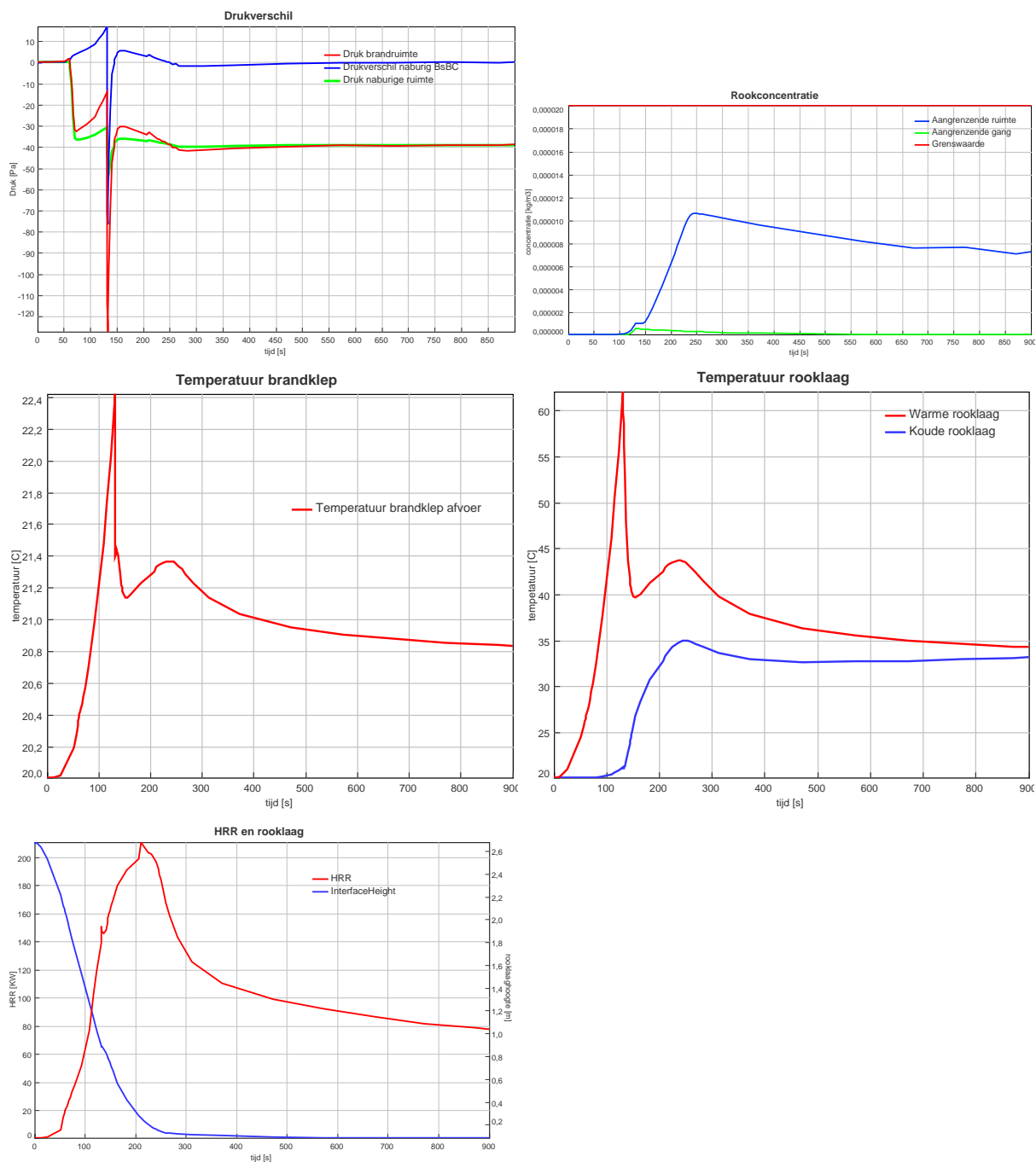
A9.3 Resultaten Model G7-2: Lekverliezen x 0,5

In de ruimte met 0,5 x de lekverliezen (dus minder lekverlies), loopt de druk ook veel hoger op. Het drukcriterium wordt sterk overschreden; er treedt een drukverschil van ca. 20 Pa op. De gestelde grens m.b.t. rookverspreiding alleen overschreden voor de gang. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 23 °C.



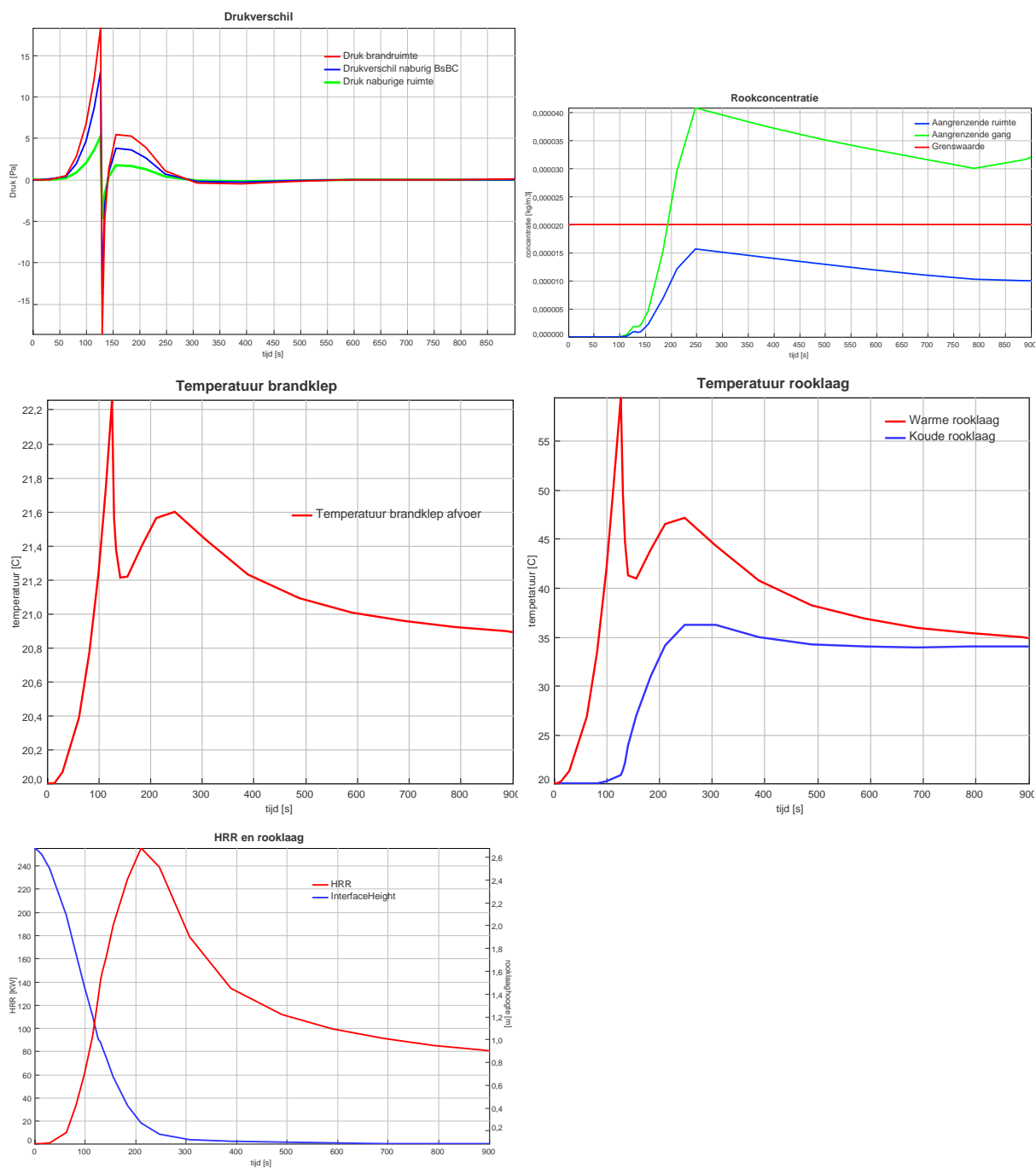
A9.4 Resultaten Model G7-2v: lekverliezen x 0,5 en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft de rookconcentratie onder het maximum. Het drukverschil overschrijdt echter nog wel de waarde van 10 Pa. De druk loopt op tot ca. 15 Pa.



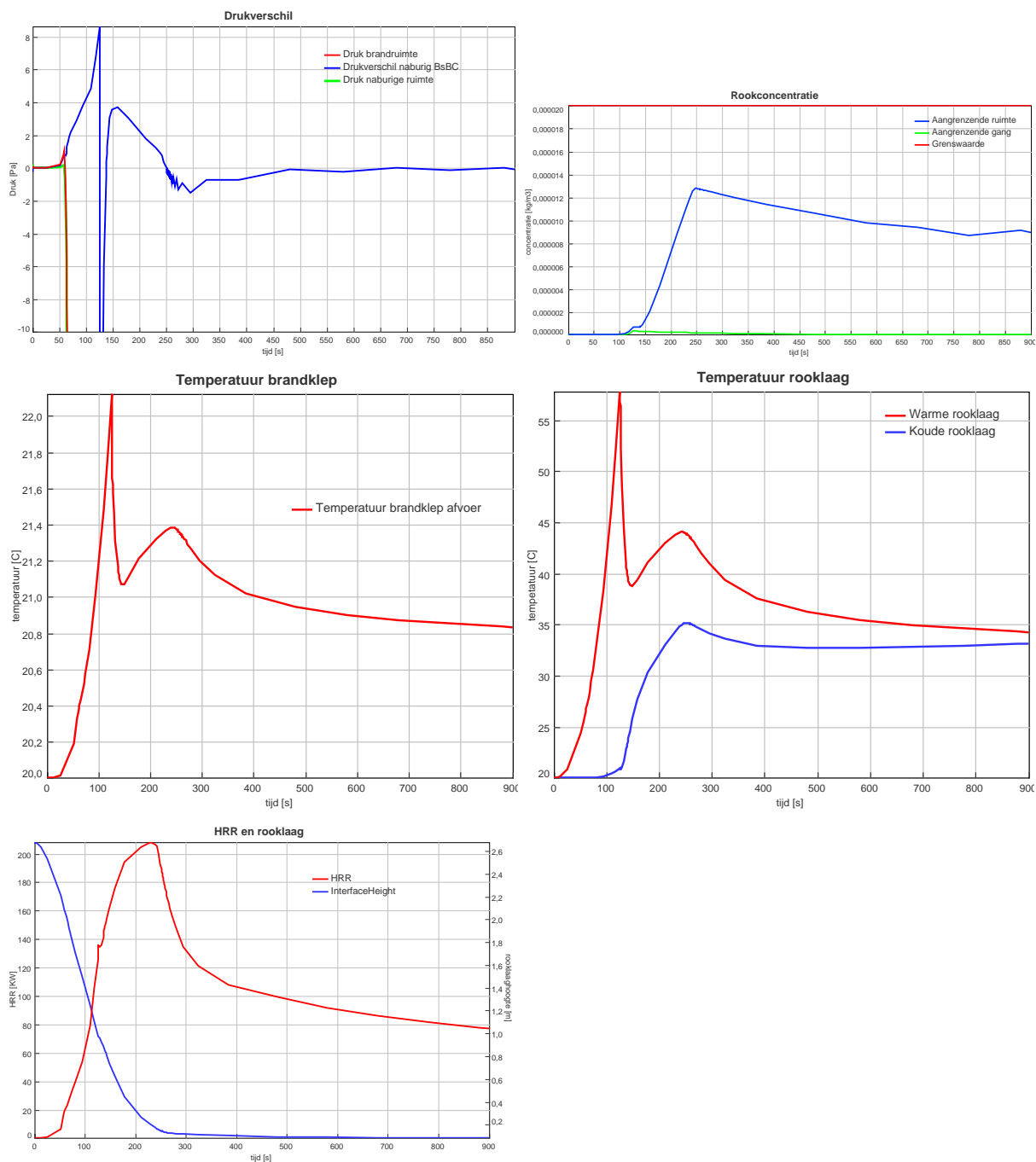
A9.5 Resultaten Model G7-3: Lekverliezen x 0,75

In de ruimte met 0,75 x de lekverliezen (dus minder lekverlies), loopt de druk ook veel hoger op. Het drukcriterium wordt overschreden; er treedt een drukverschil van ca. 15 Pa op. De gestelde grens m.b.t. rookverspreiding alleen overschreden voor de gang. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 23 °C.



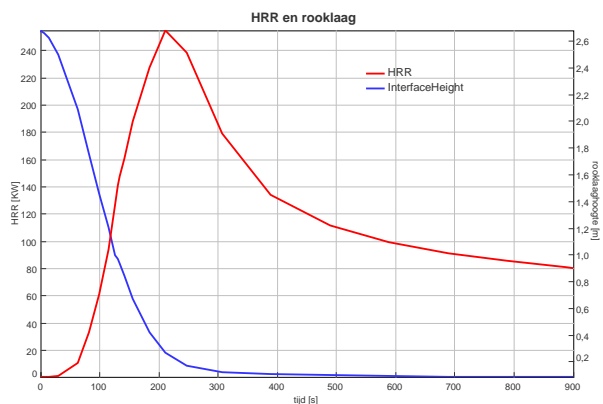
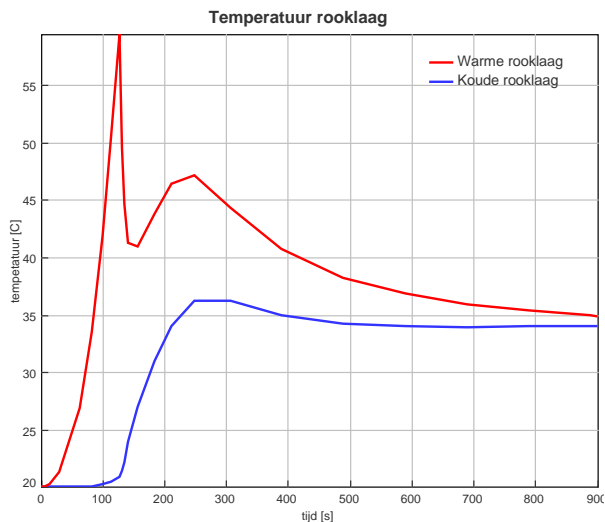
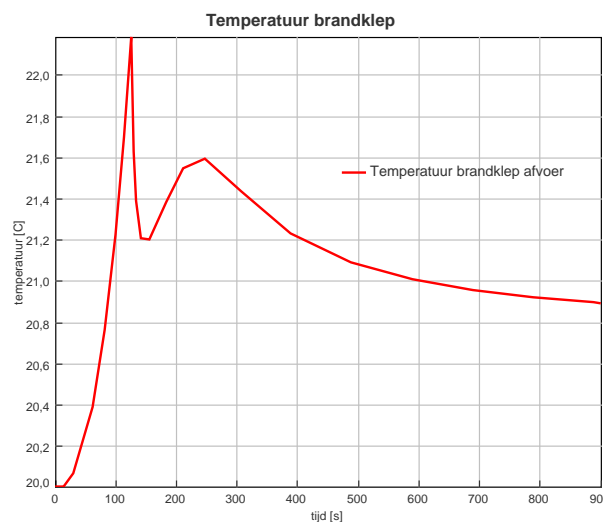
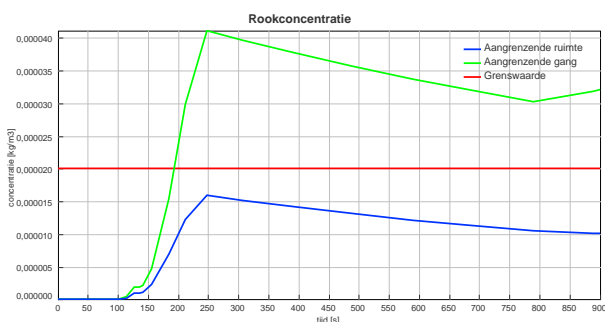
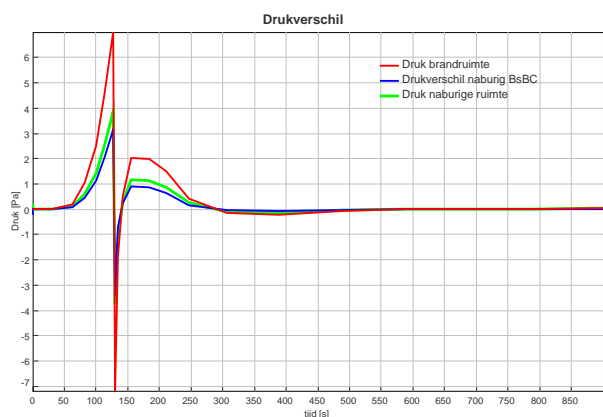
A9.6 Resultaten Model G7-3v: lekverliezen x 0,75 en afschakelen toevoerventilatie

Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft het drukverschil en de rookconcentratie onder het maximum. De druk loopt op tot ca. 8 Pa.



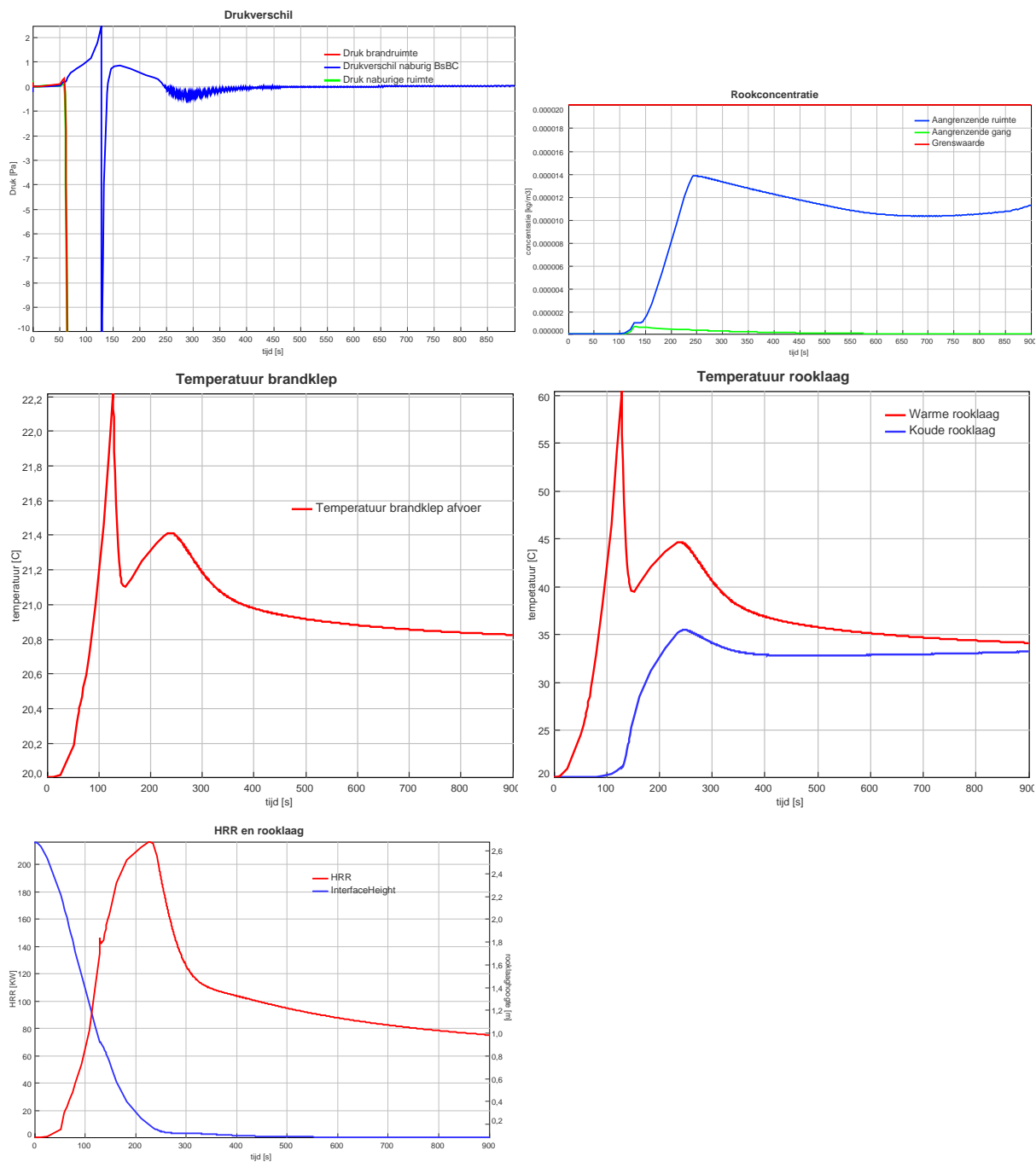
A9.7 Resultaten Model G7-4: Lekverliezen x 2

In de ruimte met 2 x de lekverliezen (dus meer lekverlies), wordt enkel het toetscriterium rookverspreiding naar de gang overschreden. Er treedt een drukverschil van ca. 3 Pa op. De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. 57 °C en nabij de brandklep 23 °C.



A9.8 Resultaten Model G7-4v: lekverliezen x 2 en afschakelen toevoerventilatie

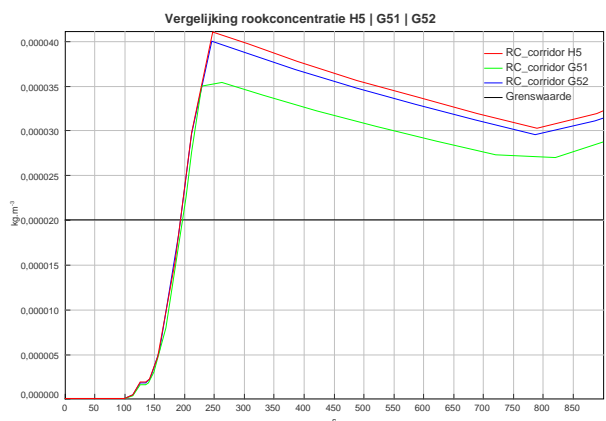
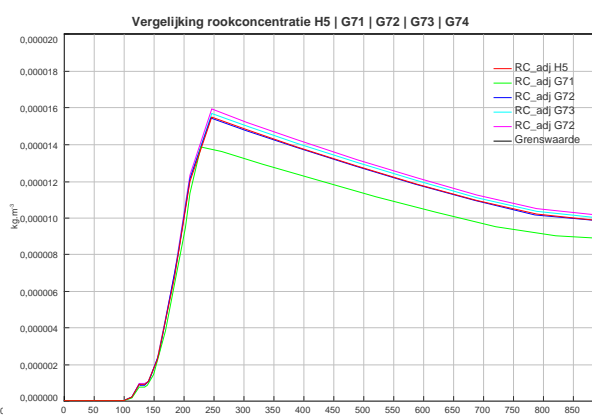
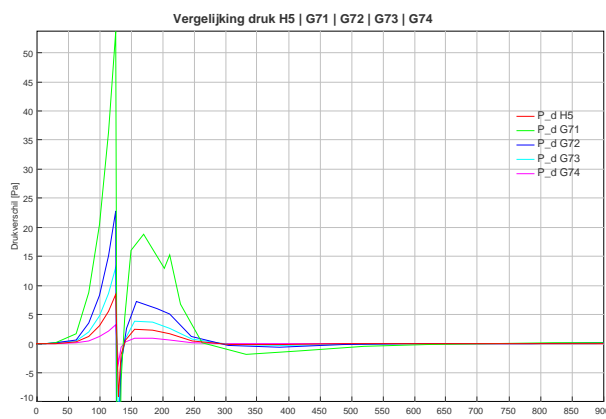
Bij het model met afgeschakelde ventilatie blijft de rookconcentratie onder het maximum.



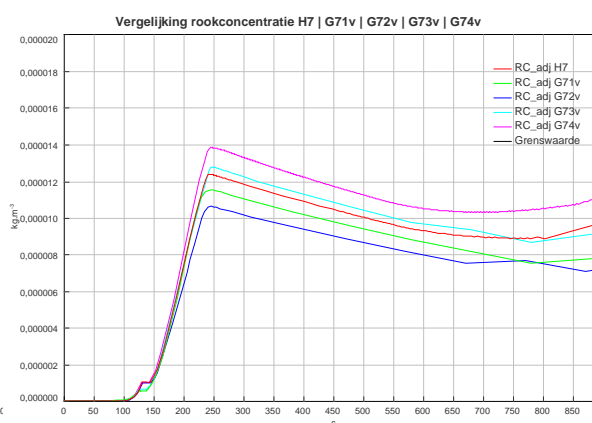
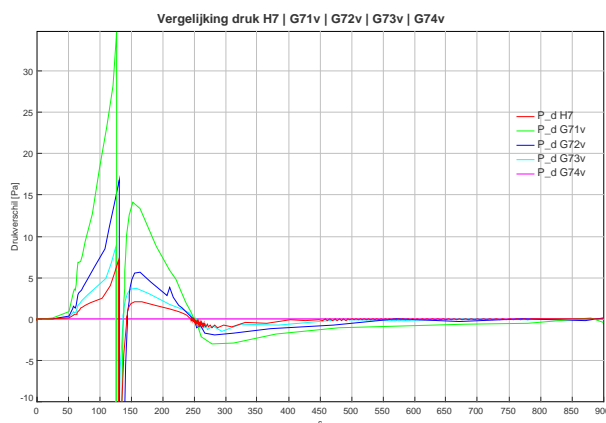
A9.9 Vergelijking resultaten modellen G7 aan haalbaarheidsstudie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen) en H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaten.

A9.9.1 H5 en G7-* ingeschakelde toevoerventilatie



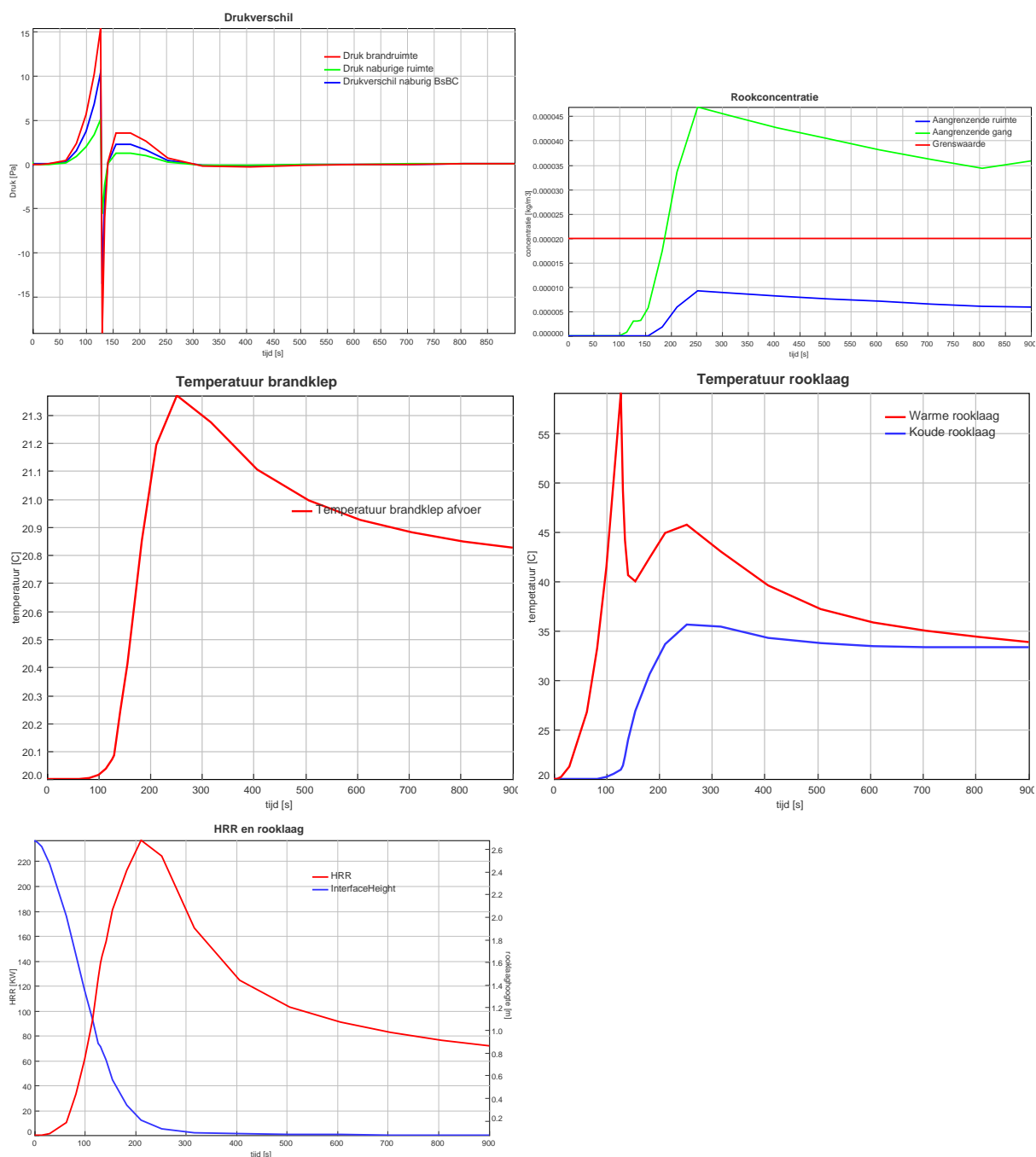
A9.9.2 H7 en G7-* met afschakelen toevoerventilatie



A10 Resultaten Modellen G8: Locatie brandhaard

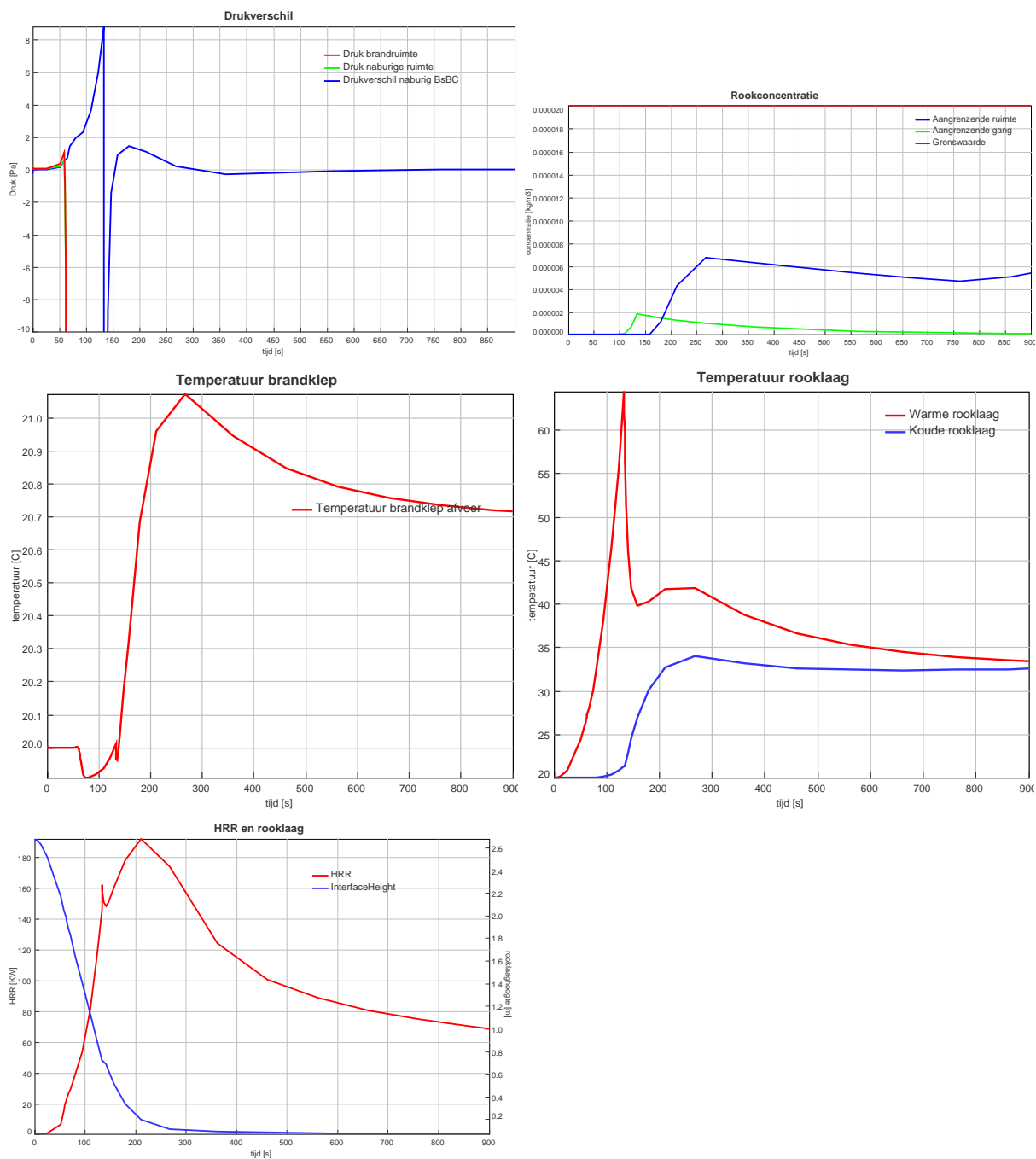
A10.1 Resultaten Model G8-1: alternatieve locatie brandhaard

De alternatieve locatie van de brandhaard is in de eerste kamer, gezien vanuit het ventilatiesysteem. De wijziging van de brandlocatie heeft iets invloed op de resultaten. Het drukverschil is net boven de 10 Pa. De rookverspreiding naar aangrenzende ruimten voldoet, maar naar de gang is deze te hoog (boven de $0,02 \text{ g/m}^3$). De temperatuur van de warme rooklaag wordt ca. $65 \text{ }^\circ\text{C}$ en nabij de brandklep $21 \text{ }^\circ\text{C}$.



A10.2 Resultaten Model G8-1v: alternatieve locatie brandhaard en afschakelen toevoerventilatie

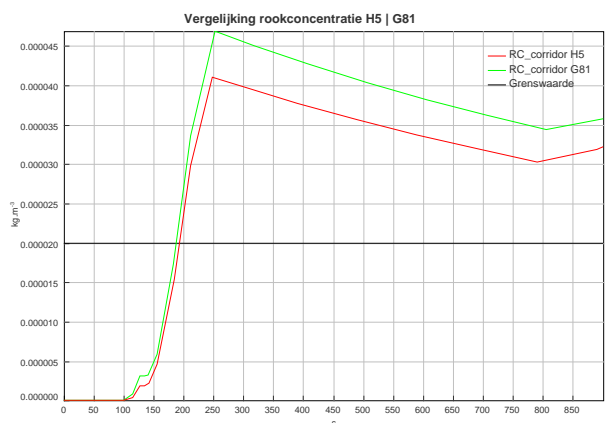
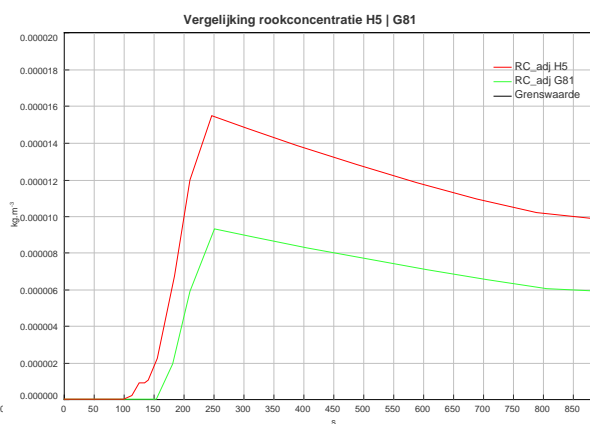
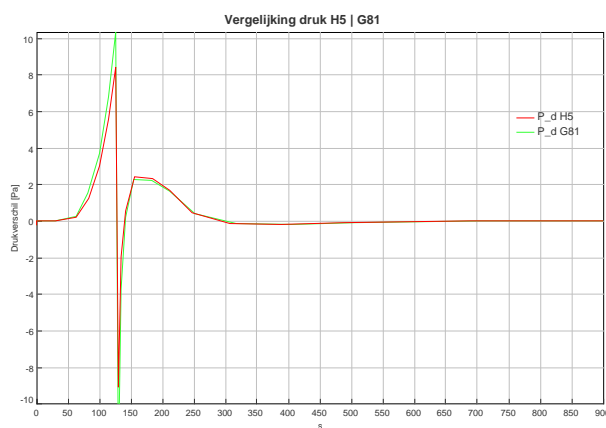
Omdat er niet wordt voldaan aan het toetscriterium van 10 Pa, en criterium rookverspreiding naar de gang, is deze variant ook onderzocht waarbij de ventilatie wordt afgeschakeld. Aan het drukcriterium wordt bij deze variant wel voldaan; het drukverschil is ca. 8 Pa. Er is nauwelijks rookverspreiding naar de gang aanwezig.



A10.3 Vergelijking resultaten modellen G8 aan haalbaarheidsstudie

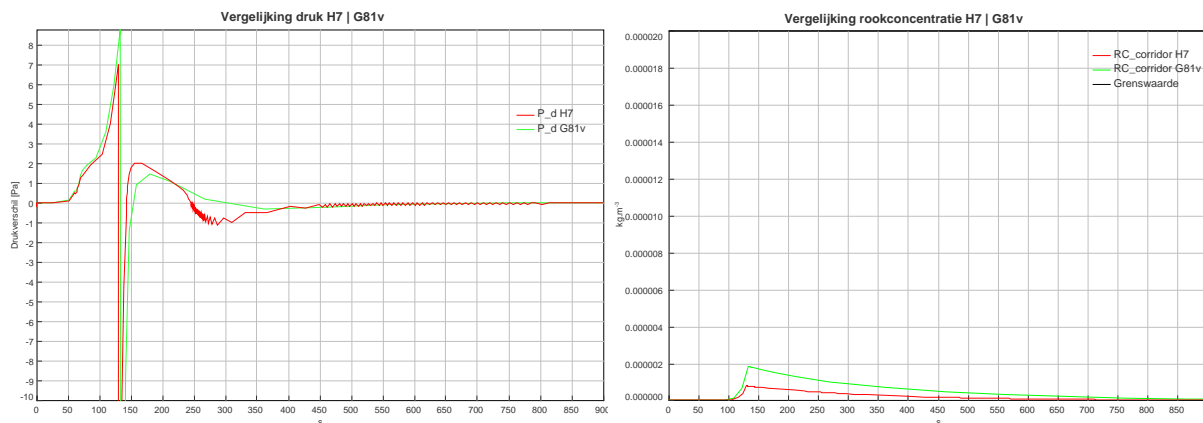
A10.3.1 H5 en G8-* ingeschakelde toevoerventilatie

Ter vergelijking met model H5 (toevoerventilatie aan, niet sturen), zie onderstaande resultaten. Het drukverschil en rookconcentratie naar de gang is hoger omdat er maar één binnenwand naar een aangrenzende ruimte aanwezig is. De andere zijwand betreft een brandcompartimentswand zonder doorvoeren met een verwaarloosbaar lekverlies.

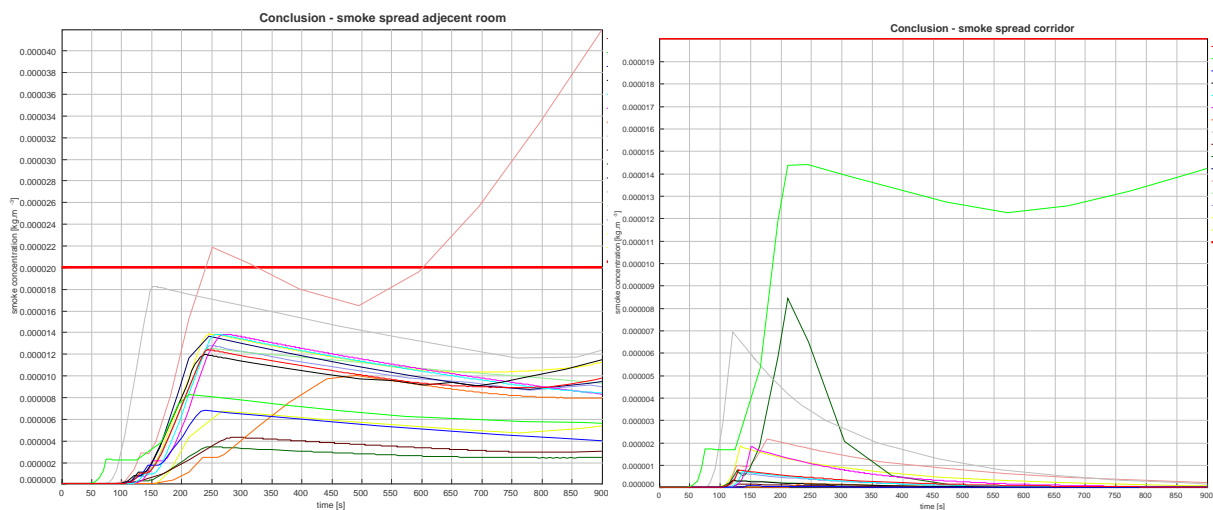
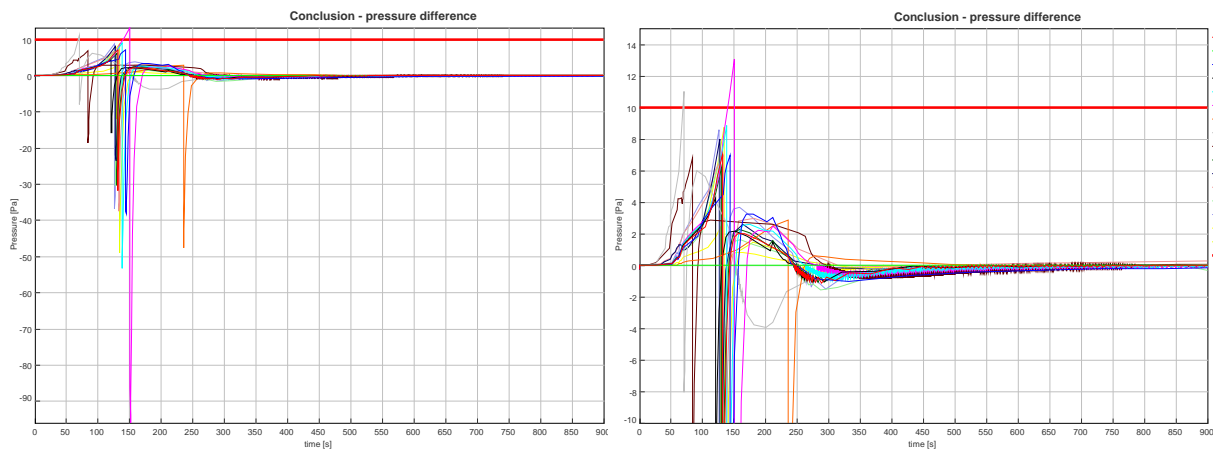


A10.3.2 H7 en G8-* met afschakelen toevoerventilatie

Ter vergelijking met model H7 (afschakelen toevoerventilatie), zie onderstaande resultaat.



A11 Vergelijking resultaten gevoeligheidsstudies



- Basic (supply off @60s)
- Small room
- Big room
- Low room (2,3 m)
- High room (3,5 m)
- High room (4,0 m)
- Ta slow
- Ta fast
- Type of fuel (wood)
- Type of fuel (soot yield 0,05)
- Strong wind (windward)
- Strong wind (leeward)
- Minimal ventilation (100 m3/h)
- Leakage rate (x0,75)
- Leakage rate (x2)
- Alternative fire location
- Limit



Regional Office Locations

Royal HaskoningDHV is an independent, international engineering and project management consultancy with over 140 years of experience. Our professionals deliver services in the fields of aviation, buildings, energy, industry, infrastructure, maritime, mining, transport, urban and rural development and water.

Backed by expertise and experience of 6,000 colleagues across the world, we work for public and private clients in over 140 countries. We understand the local context and deliver appropriate local solutions.

We focus on delivering added value for our clients while at the same time addressing the challenges that societies are facing. These include the growing world population and the consequences for towns and cities; the demand for clean drinking water, water security and water safety; pressures on traffic and transport; resource availability and demand for energy and waste issues facing industry.

We aim to minimise our impact on the environment by leading by example in our projects, our own business operations and by the role we see in “giving back” to society. By showing leadership in sustainable development and innovation, together with our clients, we are working to become part of the solution to a more sustainable society now and into the future.

Our head office is in the Netherlands, other principal offices are in the United Kingdom, South Africa and Indonesia. We also have established offices in Thailand, India and the Americas; and we have a long standing presence in Africa and the Middle East.



royalhaskoningdhv.com

