

Brandexperimenten (elektrische) fietsen en (elektrische) scooters



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2025

Auteurs	L. Wolfs, R. van Liempd
Met medewerking van	De Peutz-groep
Contactpersoon	R. van Liempd

Opdrachtgever	ProRail
Contactpersoon	M. Nahar

Datum	7 januari 2025
-------	----------------

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Inhoud

	Samenvatting	5
	Inleiding	9
1	Onderzoeksmethode	12
1.1	Experimentele opzet	12
1.2	Datapreparatie	19
1.3	Analyse branduitbreiding	19
2	Resultaten	21
2.1	Testobject A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires	21
2.2	Testobject B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas	25
2.3	Testobject C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje	28
2.4	Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires	32
2.5	Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	38
2.6	Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje	44
2.7	Testobject G: Elektrische fiets met accu in het frame	49
2.8	Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's	54
2.9	Testobject I: Benzinescooter	59
2.10	Testobject J: Basismodel elektrische scooter	63
2.11	Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	68
2.12	Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm	73
2.13	Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	79
2.14	Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	84
2.15	Testobject O: E-chopper elektrische scooter	89
2.16	Overzicht testen	95
3	Beantwoording onderzoeksvragen	100
3.1	Niet-elektrische fietsen	100
3.2	Elektrische fietsen	101
3.3	De benzinescooter	102
3.4	Elektrische scooters	103
4	Discussie	104
4.1	De testopzet	104
4.2	Het testverloop	105
	Literatuurlijst	106
	Bijlage 1 Locatie stralingsmeters	107
	Bijlage 2 Beschrijving testobjecten	109
	Bijlage 3 Brandvermogen, vrijgekomen energie en rookproductie ontstekingsbron	113

Bijlage 4 Locatie ontstekingsbron	115
Bijlage 5 Bepaling grenswaarden voor branduitbreiding	117
Bijlage 6 Resultaten testen	122

Samenvatting

Er is een toename te zien van het aantal elektrische fietsen in Nederland. In de fietsenstallingen van ProRail worden dan ook steeds vaker elektrische fietsen gestald. Omdat het brandgedrag en het brandverloop van (elektrische) fietsen in fietsenstallingen op dit moment onbekend zijn, is het onduidelijk of de fietsenstallingen met het oog op brand nog voldoende veilig zijn wanneer er (steeds meer) elektrische fietsen gestald worden. En behalve fietsen, zijn er steeds meer elektrische scooters die ook bij het station gestald moeten worden. Daarom heeft ProRail het NIPV gevraagd om in beeld te brengen wat het brandgedrag en brandverloop van (elektrische) fietsen en scooters in in pandige stallingen zijn. Ook heeft ProRail gevraagd om het brandgedrag en het brandverloop te vertalen naar voorstellen voor concrete brandveiligheidsmaatregelen in in pandige stallingen.

Het onderzoek is opgedeeld in drie fases. Fase 1 bestaat uit het bepalen van het brandgedrag en brandverloop van (elektrische) fietsen en scooters door middel van praktijktesten. Daarnaast wordt in fase 1 gekeken naar de kans op branduitbreiding naar andere fietsen of scooters. In fase 2 wordt gekeken naar het brandverloop in een stallingssituatie en de effectiviteit van brandveiligheidsmaatregelen voor het beheersbaar houden van dit brandverloop. Fase 3 betreft het adviseren van maatregelpakketten voor stallingssituaties. Dit rapport gaat in op de resultaten van fase 1. De volgende onderzoeksvragen staan centraal:

1. Wat is het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) fiets in verschillende uitvoeringen?
2. Wat is het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) scooter in verschillende uitvoeringen?
3. Wat is de kans op branduitbreiding naar andere objecten bij een brand met één (elektrische) fiets?
4. Wat is de kans op branduitbreiding naar andere objecten bij een brand met één (elektrische) scooter?

Niet-elektrische fietsen

Er zijn 3 niet-elektrische fietsen getest: een fiets zonder accessoires, een fiets met dubbele fietstas en een fiets met kinderzitje. Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel de achterband van de fiets en verspreidt de brand zich via de achterband naar de kettingkast en bagagedrager. Het zadel brandt niet mee, maar smelt door de warmte. Bij de fietsen met de dubbele fietstas en het kinderzitje begint na 5 tot 6 minuten de dubbele fietstas of kinderzitje mee te branden. Uiteindelijk zijn bij alle fietsen vrijwel alle brandbare delen aan de achterzijde van de fiets weggebrand.

Het piek brandvermogen van de niet-elektrische fietsen ligt tussen de 60 (fiets zonder accessoires) en 290 kW (fiets met kinderzitje). De vrijgekomen energie is 173 MJ bij de fiets met kinderzitje; van de andere twee niet-elektrische fietsen zijn de data van de vrijgekomen energie onbruikbaar. Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan liggen de gemeten waarden tussen de 0,023 (fiets met kinderzitje) en 0,04 gram CO per gram verbrande fiets (fiets met dubbele fietstas). De totale hoeveelheid vrijgekomen CO ligt tussen de 35 (fiets zonder

accessoires) en 108 g (fiets met kinderzitje). Er is nagenoeg geen HF gemeten tijdens deze testen.

Bij een brand in een niet-elektrische fiets zonder accessoires of een niet-elektrische fiets met dubbele fietstas is branduitbreiding theoretisch gezien mogelijk, maar zal in de praktijk waarschijnlijk niet plaatsvinden. De piek warmtestraling ligt bij deze testen slechts licht boven de grenswaarde van 10 kW/m² waarbij branduitbreiding theoretisch gezien mogelijk is. Bij een dergelijke warmtestraling is over het algemeen een erg langdurige blootstelling aan deze hoeveelheid warmtestraling nodig om branduitbreiding naar een andere fiets te kunnen veroorzaken. Dit is bij deze testen niet het geval. Bij een brand in een niet-elektrische fiets met kinderzitje is het wel mogelijk en aannemelijk dat er branduitbreiding plaatsvindt naar andere fietsen aan de linkerzijde of bovenzijde.

Elektrische fietsen

Er zijn vijf elektrische fietsen getest: een elektrische fiets zonder accessoires, een elektrische fiets met dubbele fietstas, een elektrische fiets met kinderzitje, een elektrische fiets met accu in het frame en een elektrische fiets met twee accu's in het frame.

Elektrische fietsen met de accu onder de bagagedrager

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel het omhulsel van de accu die geplaatst is onder de bagagedrager. Bij de fietsen met dubbele fietstas en kinderzitje begint na ongeveer 2 minuten de fietstassen en kinderzitje te branden. Na ongeveer 5 tot 6,5 minuten komt de eerste cel in thermal runaway. De zadels en kettingkasten van de fietsen branden ook mee. De thermal runaways houden ongeveer 4 tot 8,5 minuten aan. Uiteindelijk zijn bij alle fietsen vrijwel alle brandbare delen aan de achterzijde weggebrand, inclusief het zadel.

Het piek brandvermogen van de elektrische fietsen met de accu onder de bagagedrager ligt tussen de 251 (fiets zonder accessoires) en 807 kW (fiets met kinderzitje). De vrijgekomen energie ligt tussen de 131 (fiets zonder accessoires) en 212 MJ (fiets met kinderzitje). Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan liggen de gemeten waarden tussen de 0,021 (fiets met kinderzitje) en 0,032 gram CO per gram verbrande fiets (fiets zonder accessoires). De totale hoeveelheid vrijgekomen CO ligt tussen de 175 (fiets zonder accessoires) en 269 g (fiets met dubbele fietstas). De HF-yield is bij de fiets zonder accessoires 0,002 g/g. Van de andere twee elektrische fietsen met accu onder de bagagedrager is de HF-yield onbruikbaar. De totale hoeveelheid vrijgekomen HF is 6,5 g bij de fiets zonder accessoires; van de andere twee elektrische fietsen met accu onder de bagagedrager is de meting van HF onbruikbaar.

Bij een brand in een elektrische fiets met de accu onder de bagagedrager is het mogelijk en aannemelijk dat er branduitbreiding plaatsvindt naar andere fietsen. Bij een elektrische fiets zonder accessoires is de branduitbreiding te verwachten naar fietsen die erboven gestald staan. Bij een elektrische fiets met dubbele fietstas is te verwachten dat de brand zich uitbreidt naar fietsen aan alle zijden. Branduitbreiding bij een elektrische fiets met kinderzitje is te verwachten naar fietsen aan de linker-, rechter- en bovenzijde.

Elektrische fietsen met de accu in het frame

Bij de fietsen met de accu in het frame is na het aansteken van de ontstekingsbron geen thermal runaway ontstaan in de accu. Daarom is na enige tijd een gasbrander gebruikt om de accu in thermal runaway te krijgen. Al snel brandt vervolgens het omhulsel van de accu. Na ongeveer 6 tot 11 minuten na de ontsteking met de gasbrander, komt de eerste cel in

thermal runaway. De thermal runaways houden ongeveer 0,5 tot 3 minuten aan. Bij de fiets met één accu in het frame zijn voornamelijk aan de achterzijde van de fiets vrijwel alle brandbare onderdelen weggebrand, inclusief het zadel. Bij de fiets met twee accu's in het frame zijn aan de voorzijde vrijwel alle brandbare onderdelen weggebrand, maar niet het zadel.

Het piek brandvermogen van de elektrische fietsen met de accu in het frame is 272 (fiets met twee accu's) en 566 kW (fiets met één accu). De vrijgekomen energie is 27 (fiets met twee accu's) en 73 MJ (fiets met één accu). Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan zijn de gemeten waarden 0,033 – 0,034 gram CO per gram verbrande fiets. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 73 (fiets met twee accu's) en 112 g (fiets met accu). De metingen van HF waren onbruikbaar bij deze testen.

Bij een brand in een elektrische fiets met de accu in het frame is branduitbreiding naar andere fietsen mogelijk en aannemelijk. Branduitbreiding bij een elektrische fiets met één accu in het frame is te verwachten naar fietsen aan de linkerzijde. Bij een elektrische fiets met twee accu's in het frame is branduitbreiding te verwachten naar fietsen aan de rechterzijde.

Benzinescooter

Er is één benzinescooter getest. Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel het spatbord aan de voorzijde van de scooter. De brand breidt zich uit naar de kap van de stuurkolom en de voorband. Kort daarna brandt ook het zadel en breidt de brand zich uit naar de treeplank. Na ongeveer 3 minuten raakt de benzinetank lek en vindt er een versnelling van de brand plaats. Uiteindelijk zijn alle brandbare delen van de scooter weggebrand.

Het piek brandvermogen van de benzinescooter is 2.564 kW. De vrijgekomen energie is 939 MJ. De metingen van CO en HF waren onbruikbaar bij deze testen.

Bij een brand in een benzinescooter is het mogelijk en aannemelijk dat uitbreiding plaatsvindt naar scooters aan de linker-, voor- en achterzijde. De stralingsmeter aan de rechterzijde was defect, maar op basis van videobeelden kan gesteld worden dat ook branduitbreiding naar deze zijde te verwachten is.

Elektrische scooters

Er zijn zes elektrische scooters getest: een basismodel, drie mid-range modellen (zonder accessoires, met windscherm en met windscherm en topkoffer), een high-end elektrische scooter met windscherm en topkoffer en een e-chopper elektrische scooter.

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Na ongeveer 3 minuten branden het zadel en de topkoffer bij de scooters met topkoffer. Na 5 tot 6 minuten heeft de brand de treeplank en de stuurkolom bereikt. Bij de scooters met windscherm brandt dan ook het windscherm mee. Tussen de 5 en 13 minuten na ontsteking komt de eerste cel in thermal runaway. De thermal runaways houden ongeveer 4,5 tot 12,5 minuten aan. Na ongeveer 7,5 tot 10 minuten staat de volledige scooter in brand. Uiteindelijk zijn bij alle scooters alle brandbare delen weggebrand.

Het piek brandvermogen van de elektrische scooters ligt tussen de 813 (e-chopper) en 2.974 kW (high-end model). De vrijgekomen energie ligt tussen de 497 (basismodel) en 914 MJ (high-end model). Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan liggen de gemeten waarden tussen de 0,027 (high-end model) en 0,051 gram CO per gram verbrande scooter (basismodel). De totale hoeveelheid vrijgekomen CO ligt tussen de 716 (basismodel) en 1.236 g (mid-range model zonder accessoires). De metingen van HF waren onbruikbaar bij deze testen.

Bij een brand in een elektrische scooter is het mogelijk en aannemelijk dat uitbreiding plaatsvindt naar andere scooters. Branduitbreiding bij een basismodel elektrische scooter is te verwachten naar scooters aan de linker-, rechter- en voorzijde. Bij de drie mid-range modellen en de high-end elektrische scooters is branduitbreiding te verwachten naar scooters aan alle zijden. Branduitbreiding bij een e-chopper elektrische scooter is te verwachten naar scooters aan de linker- en achterzijde. Stralingsmeter 2 was defect bij de test met de e-chopper elektrische scooter. Hierdoor kan geen uitspraak gedaan worden over de verwachte branduitbreiding van dit type scooter naar een scooter aan de rechterzijde.

Inleiding

Aanleiding

Er is een toename te zien van het aantal elektrische fietsen in Nederland. Ruim de helft van alle verkochte fietsen in Nederland was in 2022 elektrisch (RAI Vereniging, 2023). In de fietsenstallingen van ProRail worden dan ook steeds vaker elektrische fietsen gestald; een verdere toename is te verwachten.

Elektrische fietsen vertonen, met name vanwege de batterij, een ander brandgedrag dan niet-elektrische fietsen. Hoe dat brandgedrag precies anders is, is nog onbekend. Om de mate van brandveiligheid in de fietsenstallingen en op en rond de treinstations op een voldoende hoog niveau te houden, heeft het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV, voorheen IFV) in opdracht van ProRail in 2021 veiligheidsmaatregelen en richtlijnen uitgewerkt die door ProRail te gebruiken zijn voor het construeren van brandveilige fietsenstallingen. Deze voorstellen zijn uitgewerkt in het rapport *Brandveiligheidsmaatregelen in het kader van de energietransitie: fietsenstallingen en zonnepanelen (2021)*. Aangezien er weinig bekend was in de literatuur over het specifieke brandgedrag van elektrische fietsen in een stalling en het bijbehorende brandverloop, heeft het NIPV in het genoemde rapport aannames gedaan om tot de voorstellen te kunnen komen.

Omdat het brandgedrag en het brandverloop van (elektrische) fietsen in fietsenstallingen op dit moment onbekend zijn, is het onduidelijk of de fietsenstallingen met het oog op brand nog voldoende veilig zijn wanneer er (steeds meer) elektrische fietsen gestald worden. En behalve fietsen, zijn er steeds meer elektrische scooters die ook bij het station gestald moeten worden. Tot op heden worden (elektrische) scooters op stations alleen in stallingen in de buitenlucht geplaatst. Gemeentes en de NS hebben echter aan ProRail gevraagd of het mogelijk is om (elektrische) scooters te laten stallen in inpandige stallingen. Net als van elektrische fietsen zijn het brandgedrag en het brandverloop van (elektrische) scooters in een stalling op dit moment nog onbekend. Het is dus onduidelijk of het toevoegen van (elektrische) scooters in inpandige fietsenstallingen tot een ongewenst risico leidt.

Om bovenstaande redenen heeft ProRail het NIPV gevraagd om in beeld te brengen wat het brandgedrag en brandverloop van (elektrische) fietsen en scooters in inpandige stallingen zijn. Ook heeft ProRail gevraagd om het brandgedrag en het brandverloop te vertalen naar voorstellen voor concrete brandveiligheidsmaatregelen in inpandige stallingen.

Fasering van het onderzoek

Het onderzoek is opgedeeld in drie fases. Fase 1 bestaat uit het bepalen van het brandgedrag en brandverloop van (elektrische) fietsen en scooters door middel van praktijktesten. Daarnaast wordt in fase 1 gekeken naar de kans op branduitbreiding. Deze kans bepaalt of het aannemelijk is dat een brand zich kan uitbreiden naar andere fietsen of scooters.

De kans op branduitbreiding is tevens van invloed op de keuze om over te gaan naar fase 2 van het onderzoek. Als uit fase 1 namelijk blijkt dat het aannemelijk is dat een brand in één (elektrische) fiets of scooter zich kan uitbreiden naar andere fietsen of scooters, dan wordt fase 2 van het onderzoek opgestart. In fase 2 wordt het brandverloop bij een brand in een stalling met (elektrische) fietsen en in een stalling met (elektrische) scooters in beeld gebracht door middel van praktijktesten waarvoor een deel van een in pandige stalling is nagebouwd. Hierdoor kan de snelheid worden bepaald waarmee andere fietsen of scooters betrokken raken bij de brand. In fase 2 kunnen ook brandveiligheidsmaatregelen getest worden die kunnen bijdragen aan het beperken van de brandomvang in een stallingssituatie.

Door de resultaten van fase 1 en 2 te combineren, kan bepaald worden wat voor brand-scenario's zich kunnen voordoen in verschillende stallingsituaties en wat voor effecten daarbij kunnen optreden. Op basis van deze gegevens kan in fase 3 bepaald worden welke maatregelen nodig zijn om een voldoende mate van brandveiligheid te behalen voor de fietsenstalling en op en rond de treinstations.

Dit rapport gaat in op de resultaten van fase 1.

Doel van het onderzoek

Fase 1 van het onderzoek heeft de volgende doelen:

- > Het in beeld brengen van het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) fiets in verschillende uitvoeringen.
- > Het in beeld brengen van het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) scooter in verschillende uitvoeringen.
- > Het bepalen van de kans op branduitbreiding naar andere objecten.

Onderzoeksvragen

Bij de hierboven omschreven doelen van fase 1 horen de onderstaande onderzoeksvragen:

1. Wat zijn het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) fiets in verschillende uitvoeringen?
2. Wat zijn het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) scooter in verschillende uitvoeringen?
3. Wat is de kans op branduitbreiding naar andere objecten bij een brand met één (elektrische) fiets?
4. Wat is de kans op branduitbreiding naar andere objecten bij een brand met één (elektrische) scooter?

Afbakening

Dit rapport richt zich alleen op fase 1 van het onderzoek en beperkt zich tot onderzoek op het niveau van één object in brand. In de experimenten wordt geen laadinfra meegenomen bij de testobjecten.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 van dit rapport wordt de onderzoeksmethode beschreven. Hoofdstuk 2 gaat in op de testresultaten van de fietsen en scooters in verschillende uitvoeringen. In hoofdstuk 3 worden de onderzoeksvragen beantwoord. Hoofdstuk 4 bevat de discussie.

1 Onderzoeksmethode

Dit hoofdstuk beschrijft de opzet van de praktijktesten en de methode voor de analyse van de testdata.

1.1 Experimentele opzet

In deze paragraaf wordt de experimentele opzet beschreven met daarin een beschrijving van de testfaciliteit en brandruimte, de metingen en het bijbehorend meetprotocol, de testobjecten, de ontstekingsbron en het testprotocol. De meetopstelling, het meet- en testprotocol en de verwerking van de output van de meetapparatuur tot meetresultaten zijn gekozen respectievelijk uitgevoerd door het brandlab waar de testen plaatsvonden: de Peutz-groep (hierna: brandlab). Het NIPV heeft kaders aangegeven voor de keuze van de testobjecten, heeft de locatie van de stralingsmeters bepaald en heeft bepaald welke resultaten uit de testen verkregen moeten worden. Het NIPV heeft daarnaast de analyse naar de verwachte branduitbreiding uitgevoerd (zie paragraaf 1.3).

1.1.1 Algemene beschrijving

De testen hebben plaatsgevonden op 12, 15, 24, 25 en 26 april en zijn uitgevoerd door het brandlab. Het doel van de testen waren het in beeld brengen van het brandgedrag van en de kans op branduitbreiding bij een brand in een (elektrische) fiets of een (elektrische) scooter. Hiervoor is onder meer gekeken naar de energie en verbrandingsproducten die vrijkomen bij een brand. Van de testen zijn beelden geregistreerd, zodat bekeken kan worden wanneer welke fietsonderdelen gaan branden en of er bijzonderheden tijdens de test zijn voorgevallen.

Kennis van de hoeveelheid energie en verbrandingsproducten die er vrijkomen bij een brand kan gebruikt worden bij het maken van een brandveilig ontwerp van een stalling. De vrijkomende energie kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij een brand in beeld te brengen. Deze warmte kan van invloed zijn op de vlucht- en overlevingsmogelijkheden van aanwezigen, maar ook op de thermische belasting van (scheidings)constructies. Kennis van de vrijkomende verbrandingsproducten kan bij het ontwerp van een stalling gebruikt worden om de vlucht- en overlevingsmogelijkheden van aanwezigen te beoordelen (voor de brandcondities zicht, irriterende gassen en verstikkende gassen). Informatie over de vrijkomende verbrandingsproducten kan ook gebruikt worden om te beoordelen of er explosiegevaar kan optreden. Welke verbrandingsproducten gemeten worden, is bepaald op basis van de verbrandingsproducten die vrijkomen bij een brand en welke daarvan van invloed zijn op de effecten van een brand, zoals de vlucht- en overlevingsmogelijkheden van aanwezigen, de rookoverlast naar de omgeving of mogelijk explosiegevaar als gevolg van onverbrande gassen uit een accu.

Voor het bepalen van de kans op branduitbreiding wordt de warmtestraling gemeten. Deze wordt gemeten op de plekken waar in een stallingssituatie een andere fiets of scooter kan

staan. In tabel 1.1 is een overzicht te vinden van grootheden die gemeten worden tijdens de testen en is vermeld waarom deze grootheden gemeten worden.

Tabel 1.1 Gemeten grootheden tijdens de test

Grootheid [eenheid]	Reden meting
Beeld Registratie gebeurtenissen: > Afblazen accucellen – Richting [-] – Lengte [m] – Tijdsduur [s] > Wegschieten accucellen – Afstand [m] – Nabrandduur [s] > Lekraken benzinetank [-] > Overige bijzonderheden testverloop [-]	De registratie van gebeurtenissen geeft een beeld van het brandgedrag en brandverloop, alsook van het testverloop. Het wegschieten van de accucellen wordt verder gebruikt om te bepalen of er branduitbreiding naar een andere fiets of scooter te verwachten is.
Massaverlies [kg]	Hoeveel massa wegbrandt gedurende de test wordt gebruikt om een aantal waardes te kunnen berekenen: > Verbrandingswarmte [MJ/kg] > Yields ¹ gassen en roet [g/g]
Vrijgekomen HF, CO, HCN, NO, NO ₂ [ppm]	De hoeveelheid HF, CO, HCN, NO, NO ₂ die vrijkomt, kan bij het ontwerp van stallingen gebruikt worden bij het rekenen aan vlucht- en overlevingsmogelijkheden (brandcondities verstikkende en irriterende gassen). De hoeveelheid CO wordt verder gebruikt bij het berekenen van de hoeveelheid energie die vrijkomt.
Vrijgekomen roet [mg/m ³]	De hoeveelheid roet die vrijkomt kan bij het ontwerp van stallingen gebruikt worden bij het rekenen aan vlucht- en overlevingsmogelijkheden (brandconditie zicht). De hoeveelheid roet wordt verder gebruikt bij het berekenen van de hoeveelheid energie die vrijkomt.
Vrijgekomen LEL [% LEL] en H ₂ [ppm]	Het % LEL en de hoeveelheid H ₂ die vrijkomen, kunnen gebruikt worden om te bepalen of er explosiegevaar is vanwege de aanwezigheid van brandbare gassen.
Vrijgekomen O ₂ en CO ₂ [vol. %]	De hoeveelheid O ₂ en CO ₂ die vrijkomt, wordt gebruikt bij het berekenen van de hoeveelheid energie die vrijkomt.
Debiet [m ³ /s]	Met behulp van de debietmeting in de rookgasafzuiging kan samen met de gas- of roetmeting berekend worden hoeveel gas of roet er vrijkomt.
Straling [kW/m ²]	Op basis van de gemeten straling wordt beoordeeld of branduitbreiding naar een andere fiets of scooter te verwachten is.
Temperatuur [°C]	De temperatuur wordt gemeten op het spatbord bij de voorband en is een indicatie of de voorband de ontstekings temperatuur bijna heeft bereikt. Dit geeft aan of de voorband mogelijk bijna tot ontbranding zou komen.

In paragraaf 1.1.3 wordt nader beschreven wat gemeten is, op welke wijze en op welke locaties.

¹ De yield is het aantal gram van een gas dat vrijkomt per gram verbrandde fiets of scooter.

Omdat niet alle resultaten direct bepaald kunnen worden met de meetapparatuur, is een deel van de resultaten van deze testen afkomstig uit berekeningen op basis van de metingen. Hoe deze berekeningen zijn uitgevoerd, wordt beschreven in paragraaf 1.2. Welke resultaten berekend worden en waarom, is te vinden in tabel 1.2.

Tabel 1.2 Berekende grootheden op basis van de metingen

Grootheid [eenheid]	Reden meting
Vrijgekomen energie [MJ]	Deze gegevens kunnen gebruikt worden bij het kwantificeren van een brandscenario. Dit kan bij het ontwerp van een fietsenstalling gebruikt worden om de vlucht- en overlevingsmogelijkheden van aanwezigen te beoordelen (brandconditie warmte). De hoeveelheid energie die vrijkomt, kan verder gebruikt worden om de thermische belasting op (scheidings)constructies te bepalen of een inschatting te maken van de mogelijkheid tot een offensieve blussing door de brandweer.
Brandvermogen [kW]	
Verbrandingswarmte [MJ/kg]	
Yields gassen en roet [g/g]	De yield van gassen en roet kan gebruikt worden bij het kwantificeren van een brandscenario. Dit kan bij het ontwerp van een fietsenstalling gebruikt worden om de vlucht- en overlevingsmogelijkheden van aanwezigen te beoordelen (brandcondities zicht, verstikkende gassen en irriterende gassen).

1.1.2 Beschrijving meetopstelling

In het brandlab was een calorimeter aanwezig (zie figuur 1.1 op de volgende pagina). Een calorimeter is als het ware een grote afzuigkap waarmee de verbrandingsproducten afgezogen en gemeten kunnen worden. Met de calorimeter kan op basis van het zuurstofverbruik de hoeveelheid vrijgekomen energie bij een brand bepaald worden. Voor een nauwkeurige bepaling van de hoeveelheid vrijgekomen energie worden naast zuurstof ook andere gassen en stoffen gemeten (roet, CO, CO₂). De calorimeter was 2,82 meter breed, 2,9 meter diep en 3,05 meter hoog. Om te voorkomen dat accucellen of andere onderdelen van een fiets of scooter onder de calorimeter vandaan zouden schieten, zijn de achterzijde en zijkanten afgedekt met brandwerende platen en zijn deuren van gaas geplaatst aan de voorzijde. Het wegschieten zou niet alleen kunnen zorgen voor gevaarlijke situaties, maar ook dat niet het volledige vrijkomende vermogen en de vrijkomende gassen zouden worden gemeten, omdat de gassen dan mogelijk niet afgezogen zouden worden tot in het afzuigkanaal boven de calorimeter.

In het afzuigkanaal van de calorimeter zijn verschillende meters geplaatst voor het meten van diverse gassen die vrijkomen. Welke meters geplaatst zijn in het afzuigkanaal, wordt beschreven in paragraaf 1.1.3. De testobjecten zijn geplaatst op een weegschaal om het massaverlies tijdens de testen te kunnen meten. De weegschaal stond op de vloer. Boven op de weegschaal stond een stalen bak van 1,9 bij 1,9 meter met een opstaande rand van 20 cm. De testobjecten werden geplaatst in deze stalen bak. Voor de test met de scooter op benzine zijn in deze bak twee kleinere stalen bakken van 85 x 60 cm geplaatst. Door de uitstroom van benzine op deze wijze te beperken, is ervoor gezorgd dat het volledige vrijkomende brandvermogen gemeten kon worden. Het beperken van de uitstroom heeft er bovendien mogelijk toe geleid dat het brandverloop sneller was, omdat de benzine mogelijk op een kleiner oppervlak brandde, waardoor de scooter meer werd omgeven door vlammen. Omdat gezocht werd naar een brand die een reële worst-case-situatie zou geven, had een

mogelijk sneller brandverloop de voorkeur boven het slechts ten dele meten van het brandvermogen.

Om te zorgen dat de fietsen rechtop bleven staan tijdens de testen, zijn ze met het voorwiel in een stalen frame gezet.



Figuur 1.1 Calorimeter in het laboratorium van de Peutz-groep

1.1.3 Metingen en meetprotocol

In tabel 1.3 is opgenomen welke grootheden zijn gemeten met welke apparatuur en op welke locaties.

Tabel 1.3 Meetwaarden en meetapparatuur

Grootheid [eenheid]	Meetapparatuur	Locaties
Beeld Registratie gebeurtenissen:	Camera's	Drie locaties op 1 meter boven de vloer:
> Afblazen accucellen		> Schuin van voor
– Richting [-]		> Schuin van achter
– Lengte [m]		> 1 zijkant
– Tijdsduur [s]		
> Wegschieten accucellen		
– Afstand [m]		
– Nabrandduur [s]		
> Lekraken benzinetank [-]		
> Overige bijzonderheden testverloop [-]		
Massaverlies [kg]	Weegschaal: 4 loadcellen van het type Zemic H8C C3 250 kg	Op de vloer

Grootheid [eenheid]	Meetapparatuur	Locaties
Vrijgekomen HF en CO [ppm]	GasEye cross duct analyser meettechniek: laser spectroscopie	Rookgasafzuiging
Vrijgekomen O ₂ en CO ₂ [vol. %]	Siemens ULTRAMAT/OXYMAT 23 analyser meettechniek: O ₂ paramagnetische cel CO ₂ NDIR	Rookgasafzuiging
Vrijgekomen HCN [ppm], NO [ppm], NO ₂ [ppm], LEL [% LEL]	Multigas Monitor IBrid MX6 meettechniek: HCN, NO, NO ₂ electrochemische cel LEL IR-sensor	Rookgasafzuiging
Vrijgekomen H ₂ [ppm]	GasBadge Pro meettechniek: Electrochemische cel	Rookgasafzuiging
Vrijgekomen roet [mg/m ³]	Rookdichtheidsmeter D-R 220 (Durag)	Rookgasafzuiging
Debiet [m ³ /s]	Debietmeter FMD 02	Rookgasafzuiging
Straling [kW/m ²]	Hukseflux SBG01 Meetbereik 0 – 50 kW/m ² .	Vier locaties. Worden geplaatst waar een naast- of bovengelegen object te verwachten is. Plaatsing wordt bepaald door de locatie waar de meest intense brand verwacht wordt en waar het dichtstbijzijnde brandbare onderdeel van een naast- of bovengelegen object te verwachten is. De exacte locaties per soort testobject: zie bijlage 1.
Temperatuur	Thermokoppel type K	Op het spatbord bij de voorband

De metingen zijn uitgevoerd met een frequentie van eens per seconde. Voor de metingen van HCN, NO, NO₂, LEL en H₂ gold een frequentie van eens per twee seconden.

1.1.4 Testobjecten

Om een indruk te krijgen van het brandgedrag van fietsen en scooters, zijn verschillende typen getest. Het gaat daarbij om drie testen met een niet-elektrische fiets, vijf testen met een elektrische fiets, één test met een niet-elektrische scooter en zes testen met een elektrische scooter. Alle objecten zijn één keer getest. Een overzicht van de testobjecten staat in tabel 1.4 tot en met tabel 1.7.

Er is gekozen voor deze testobjecten om een goed beeld te verkrijgen van het brandgedrag en brandverloop van de verschillende soorten fietsen en scooters die in een stalling van ProRail kunnen staan. Met de geteste objecten wordt naar verwachting het overgrote merendeel van de in Nederland aanwezige soorten fietsen en scooters afgedekt voor wat

betreft het brandverloop en brandgedrag. Ten aanzien van de testobjecten is voor alle testobjecten gekozen voor een reële worst-case-situatie. Dit betekent bijvoorbeeld accu's met 100 % state of charge en een volle benzinetank.

Een beschrijving van de testobjecten staat in bijlage 2, en foto's ervan staan in hoofdstuk 2 bij de resultaten van de testen. Het exacte merk en type van de testobjecten en accessoires zijn opvraagbaar bij het NIPV.

Tabel 1.4 Overzicht geteste niet-elektrische fietsen

Test object	Type fiets	Accessoires
A	Niet-elektrische fietsen (framemaat 61 cm)	Zonder accessoires
B		Met fietstas, gevuld aan de ene kant met regenpak en aan de andere kant met kleren
C		Met kinderzitje achter

Tabel 1.5 Overzicht geteste elektrische fietsen

Test object	Type fiets	Accucapaciteit	Plaats accu	Accessoires
D	Elektrische fietsen met kunststof accu case (framemaat 61 cm)	500 Wh	Accu onder de bagagedrager	Zonder accessoires
E		500 Wh	Accu onder de bagagedrager	Met fietstas, gevuld aan de ene kant met regenpak en aan de andere kant met kleren
F		500 Wh	Accu onder de bagagedrager	Met kinderzitje achter
G		522 Wh	Accu in het frame	Zonder accessoires
H		496 & 240 Wh	Accu in het frame (496 Wh) en accu op het frame (240 Wh)	Zonder accessoires

Tabel 1.6 Overzicht geteste benzinescooter

Test object	Type scooter	Vermogen/ accucapaciteit	Bijzonderheden
I	Benzinescooter	50 cc	6,2 liter benzine

Tabel 1.7 Overzicht geteste elektrische scooters

Testobject	Type scooter	Omschrijving	Vermogen/ accucapaciteit	Accessoires
J	Elektrische scooters (in bromfiets-uitvoering)	Basismodel	960 Wh	Geen
K		Mid-range model	2309 Wh	Geen
L		Mid-range model	2309 Wh	Met windscherm
M		Mid-range model	2309 Wh	Met windscherm, topkoffer 30 – 40 liter en helm in topkoffer.
N		High-end model	5600 Wh	Met windscherm, topkoffer 30 – 40 liter en helm in topkoffer.
O		Alternative look, E-chopper	2700 Wh	Geen

1.1.5 Ontstekingsbron

De ontstekingsbron was een stapeling van op elkaar gespijkerde MDF-platen met een totale afmeting van 60 mm × 60 mm × 45 mm. Deze platen zijn gedrenkt in 80 ml heptaan en zijn in een plastic zakje gedaan en op de juiste positie geplaatst. De ontstekingsbron is bij het begin van de test ontstoken met een brander. Van de ontstekingsbron zijn het brandvermogen, de vrijkomende energie en de rookproductie bepaald. Deze zijn weergegeven in bijlage 3. Het piekbrandvermogen van de ontstekingsbron was ongeveer 12 kW en de totale hoeveelheid vrijgekomen energie zo'n 3 MJ.

De keuze voor de ontstekingsbron is in overleg met het brandlab bepaald. Het uitgangspunt hierbij was een reëel worst case scenario en een ontsteking die een repeteerbaar resultaat zou geven. Om deze redenen is ervoor gekozen om de ontstekingsbron bij of onder de accu te plaatsen. Bij de fietsen met accu in het frame zijn twee ontstekingsbronnen geplaatst. Hier is voor gekozen om er zeker van te zijn dat de accu, die deels wordt beschermd door het frame, voldoende zou worden opgewarmd om tot ontbranding te komen. Bij de niet-elektrische fietsen is de ontstekingsbron geplaatst nabij de achterband ter hoogte van de kettingkast. Bij de scooter op benzine is de ontstekingsbron nabij de tank geplaatst. De exacte posities van de ontstekingsbron per testobject zijn weergegeven in bijlage 4.

1.1.6 Testprotocol

Voorafgaand aan de testen is de lucht uit de banden gelaten. Het bezwijken van banden die op druk staan zou namelijk tot gevaarlijke situaties kunnen leiden tijdens een test. Door het brandlab is op basis van eerdere testen aangegeven dat het leeglaten van de banden geen invloed heeft op het brandverloop.

Nadat de voorbereiding was afgerond, startte de test door het ontsteken van de ontstekingsbron met een brander. Het einde van de test werd bepaald door het moment dat er geen zichtbare vlammen meer waren, of nog slechts zeer kleine vlammen op vloerniveau die geen substantiële bijdrage leverden aan de totale vrijkomende energie of gassen. Op deze manier is het overgrote merendeel van de vrijkomende energie en gassen gemeten tijdens de test.

1.2 Datapreparatie

De datapreparatie is uitgevoerd door het brandlab, dat gebruik heeft gemaakt van eigen software (PIMS). Hierbij is het analoge signaal dat uit de meetapparatuur komt omgerekend naar een meetwaarde.

Een aantal waarden konden niet direct gemeten worden, maar moesten berekend worden op basis van meerdere meetresultaten. Het gaat hierbij om:

- > vrijgekomen energie
- > brandvermogen
- > verbrandingswarmte
- > yields van gassen en roet.

De vrijgekomen energie en het brandvermogen zijn op basis van de gemeten concentraties gassen bepaald. De vrijgekomen energie en het brandvermogen zijn bepaald op basis van de formules uit de SBI-norm (CEN, 2020, Deel A.5.1; A.5.2).

De verbrandingswarmte is bepaald door de hoeveelheid vrijgekomen energie te delen door het massaverlies.

De yields van de vrijgekomen gassen en roet is bepaald door de totale hoeveelheid vrijgekomen gas of roet te delen door het totale massaverlies van het testobject.

1.3 Analyse branduitbreiding

In deze testen is onderzocht of branduitbreiding naar andere fietsen te verwachten is. Branduitbreiding vindt plaats door overdracht van energie in de vorm van warmte naar een ander object. Deze warmte warmt het andere object op. Als dit object heet genoeg wordt, kan het gaan pyrolyseren (uitgassen). Komen er voldoende brandbare pyrolysegassen vrij, dan kan het gaan branden.

Om de kans op branduitbreiding te kunnen bepalen, is op basis van de gemeten warmtestraling en de nabrandduur van cellen beoordeeld of het mogelijk of aannemelijk is dat een brand zich uitbreidt naar een ander object. '*Branduitbreiding mogelijk*' geeft aan dat het theoretisch mogelijk is dat er branduitbreiding plaatsvindt, maar tegelijkertijd zal er in de praktijk dan vaak nog geen branduitbreiding plaatsvinden. Een warmtestraling van 10 kW/m² is grofweg de laagste warmtestraling waarbij materialen tot ontbranding kunnen komen (Society of Fire Protection Engineers, 2016, Deel appendix 3). Om daadwerkelijk tot ontbranding te kunnen komen, moet deze warmtestralingsintensiteit gedurende lange tijd op het andere object vallen. 2 seconden warmteoverdracht door direct vlamcontact is naar verwachting de minimale tijd die nodig is voor een fietsonderdeel om tot ontbranding te komen. Een gemeten warmtestraling van 10 kW/m² of een nabrandduur van 2 seconden door weggeschoten accucellen zijn daarom gekozen als grenswaarden voor een mogelijke branduitbreiding.

Naast '*branduitbreiding mogelijk*' is er ook gekeken naar '*branduitbreiding aannemelijk*'. Dit wil zeggen dat er daadwerkelijk verwacht wordt dat een brand zich uitbreidt naar een ander object. Voor de grenswaarde '*branduitbreiding aannemelijk*' is gerekend aan de verwachte

ontstekingstijden voor een aantal fietsonderdelen bij verschillende warmtestralingsintensiteiten. Hierbij is bepaald welke stralingsintensiteit gedurende welke tijd naar verwachting leidt tot een uitbreiding van een brand. Ook voor direct vlamcontact vanwege een weggeschoten accucel is bepaald welke tijd dit directe vlamcontact naar verwachting leidt tot uitbreiding van de brand naar een ander object. Op basis van deze berekeningen zijn als grenswaarden voor 'branduitbreiding aannemelijk' gekozen voor een gemiddelde warmtestralingsintensiteit van tenminste 25 kW/m² gedurende 30 seconden, een gemiddelde warmtestralingsintensiteit van tenminste 45 kW/m² gedurende 10 seconden of een nabrandduur van tenminste 10 seconden. Een overzicht van de gebruikte grenswaarden voor de analyse van de kans op branduitbreiding is weergegeven in tabel 1.8. Een nadere onderbouwing van deze grenswaarden is weergegeven in bijlage 5.

Tabel 1.8 Grenswaarden voor de analyse van de kans op branduitbreiding

Reden warmteoverdracht	Branduitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Warmtestraling	$\geq 10 \text{ kW/m}^2$	Gemiddeld $\geq 25 \text{ kW/m}^2$ gedurende 30 seconden Gemiddeld $\geq 45 \text{ kW/m}^2$ gedurende 10 seconden
Nabrandduur weggeschoten accucellen	$\geq 2 \text{ seconden}$	$\geq 10 \text{ seconden}$

2 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten en analyses van de testen beschreven. Per testobject zijn de volgende zaken beschreven of weergegeven:

- > brandverloop en -gedrag
- > gegevens van de test met diverse meetdata
- > bijzonderheden tijdens de test
- > brandfenomenen (alleen bij elektrische fiets of scooter)
- > grafieken van:
 - brandvermogen
 - straling
- > branduitbreiding.

Alleen de resultaten die het meeste inzicht geven in het brandgedrag, brandverloop en de kans op branduitbreiding komen hier aan bod. In bijlage 6 zijn alle grafieken opgenomen, ook degene die niet in dit hoofdstuk zijn weergegeven.

Door het brandlab is in een aantal gevallen aangegeven dat de data niet voldoende betrouwbaar of bruikbaar waren. Wanneer dit het geval was, is bij de gegevens van de test aangegeven om welke data het ging. De data zelf zijn dan niet opgenomen in het rapport. In een tabel is in dit geval een 'X' opgenomen. Wanneer het een grafiek betreft, dan is op de plek waar de grafiek normaliter zou staan aangegeven dat de data niet bruikbaar zijn. Daarnaast is tijdens de testen de GasBadge Pro-meter (voor het meten van waterstof) onherstelbaar beschadigd. De data die verzameld zijn door deze meter zouden na afloop van de testen uitgelezen worden. Dit was echter niet meer mogelijk. Om die reden zijn er geen data van de vrijgekomen hoeveelheid waterstof beschikbaar.

Na de beschrijving van de resultaten is per object een analyse weergegeven waarin is bepaald of branduitbreiding naar een naast- of bovengelegen object te verwachten is. Deze analyse is uitgevoerd op basis van de grenswaarden uit paragraaf 1.3.

2.1 Testobject A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject A: niet-elektrische fiets zonder accessoires.

2.1.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt binnen een minuut de achterband van de fiets. De brand verspreidt zich via de achterband naar de kettingkast. Na ruim vier minuten begint ook de kettingkast te branden. Ruim 5 minuten na de start heeft de brand de bagagedrager bereikt. Het zadel brandt niet mee, maar smelt door de warmte. Na ruim 7 minuten wordt het piek brandvermogen van 60 kW bereikt en na 7,5 minuten de piek warmtestraling van 13,5 kW/m². Na ruim 11 minuten brandt de achterband nog, maar de vlammen worden al kleiner. Na 35 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is

de test gestopt. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO tijdens deze test is 35,4 gram en de CO-yield bedraagt 0,032 gram CO per gram verbrande fiets. Er is nagenoeg geen HF gemeten tijdens de test.

Afbeeldingen van de niet-elektrische fiets voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.1, figuur 2.2 en figuur 2.3.



Figuur 2.1 Niet-elektrische fiets zonder accessoires voorafgaand aan de test



Figuur 2.2 Niet-elektrische fiets zonder accessoires gedurende de test bij piek brandvermogen (t = 7 minuten)



Figuur 2.3 Niet-elektrische fiets zonder accessoires na de test

Gegevens test

In tabel 2.1 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.1 Overzicht gegevens test niet-elektrische fiets zonder accessoires

Niet-elektrische fiets zonder accessoires	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 2,68 m ³ /sec
Piek brandvermogen	60 kW
Vrijgekomen energie	X ²
Verbrandingswarmte	X
Piek warmtestraling	13,5 kW/m ²
Yield CO	0,032 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	35,4 g
Yield HF	0,000 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	0,1 g
Yield roet	0,137 g/g
Massaverlies	1,11 kg

Bijzonderheden tijdens de test

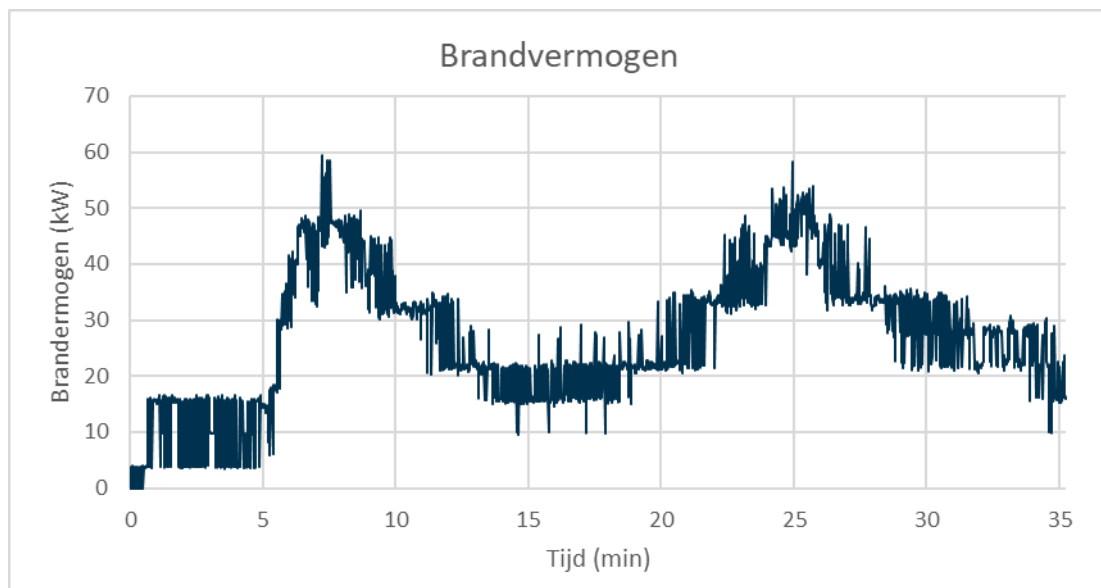
Aan het einde van de test is een significant brandvermogen gemeten. Er is vervolgens gekeken naar de meetgegevens die zijn gebruikt voor het bepalen van het brandvermogen, en opvallend is dat de zuurstofconcentratie aan het einde van de test relatief laag bleef. Hierdoor kwam het brandvermogen dat berekent is op basis van onder meer de zuurstofconcentratie hoger uit. Daardoor is er een relatief hogere onzekerheid in het

² Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.

brandvermogen. Dit heeft tot gevolg dat de berekening van de gemiddelde verbrandingswarmte en de totale vrijgekomen energie hoog uitvalt, terwijl deze realistisch gezien lager zou moeten zijn. De gemiddelde verbrandingswarmte en de totale vrijgekomen energie zouden lager moeten zijn dan momenteel berekend is. Deze berekende waarden zijn onbetrouwbaar.

Brandvermogen

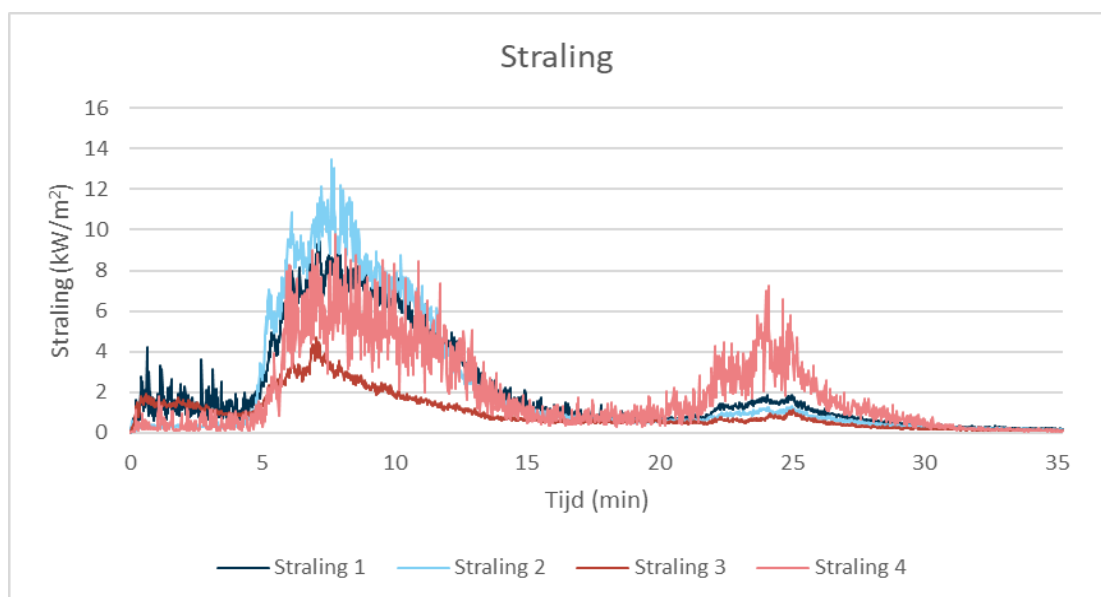
In figuur 2.4 is te zien dat het brandvermogen gedurende de test niet boven de 60 kW uitkwam en piekte bij 60 kW, ruim 7 minuten na de start van de test.



Figuur 2.4 Brandvermogen niet-elektrische fiets zonder accessoires

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.5. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is 13,5 kW/m². Deze is gemeten 7,5 minuut na de start van de test door stralingsmeter 2 (rechterzijde).



Figuur 2.5 Gemeten straling test niet-elektrische fiets zonder accessoires

2.1.2 Branduitbreiding

In figuur 2.5 is te zien dat op stralingsmeter 2 (rechterzijde) de piek warmtestraling van 13,5 kW/m² is gemeten, waarmee de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' (10 kW/m²) is overschreden. Dit gebeurt voor het eerst na 6 minuten en 6 seconden. De andere meters hebben geen stralingswaarden van 10 kW/m² of hoger gemeten. De grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' (gemiddeld ≥ 25 kW/m² gedurende 30 seconden of ≥ 45 kW/m² gedurende 10 seconden) wordt niet bereikt.

In tabel 2.2 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.2 Branduitbreiding testobject A

Test	Piek warmtestraling in kW/m ²	Branduitbreiding mogelijk (op basis van warmtestraling)	Branduitbreiding aannemelijk (op basis van warmtestraling)
Testobject A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires	13,5	Ja, richting rechterzijde	Nee

2.2 Testobject B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject B: niet-elektrische fiets met dubbele fietstas.

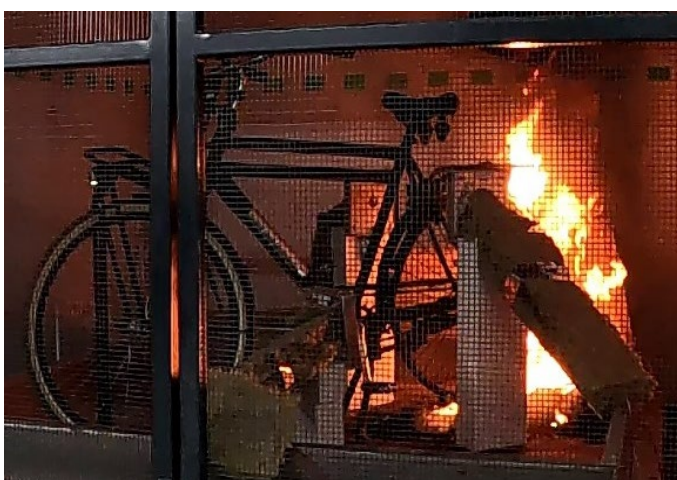
2.2.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt binnen een minuut de achterband van de fiets ter hoogte van de kettingkast. De brand verspreidt zich via de achterband omhoog. Na ongeveer 5 minuten heeft de brand de bagagedrager bereikt en beginnen de fietstassen te branden. Na ruim 7 minuten begint ook de kettingkast te branden. Een halve minuut later vallen de fietstassen van de bagagedrager. Het zadel brandt niet mee, maar smelt door de warmte. Na ruim 15 minuten brandt de achterband nog, maar de vlammen worden al kleiner. Ook branden de fietstassen nog die op de grond zijn gevallen. Na ongeveer 18 minuten laait de brand weer wat op, doordat de achterband ter hoogte van het achterlicht mee begint te branden. Na ruim 21 minuten wordt de piek warmtestraling van 11,5 kW/m² bereikt. 26 minuten na de start van de test zijn de vlammen flink minder. Na 37 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO tijdens deze test is 97,2 gram en de CO-yield bedraagt 0,040 gram CO per gram verbrande fiets. Er is nagenoeg geen HF gemeten tijdens de test.

Afbeeldingen van de niet-elektrische fiets voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.6, figuur 2.7 en figuur 2.8.



Figuur 2.6 Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas voorafgaand aan de test



Figuur 2.7 Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas gedurende de test bij piek warmtestraling ($t = 21$ minuten)



Figuur 2.8 Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.3 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.3 Overzicht gegevens test niet-elektrische fiets met dubbele fietstas

Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 2,71 m ³ /sec
Piek brandvermogen	X ³
Vrijgekomen energie	X
Verbrandingswarmte	X
Piek warmtestraling	11,5 kW/m ²
Yield CO	0,040 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	97,2 g
Yield HF	0,000 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	0,1 g
Yield roet	0,076 g/g
Massaverlies	2,46 kg

Bijzonderheden tijdens de test

Het brandvermogen van fiets B is lager dan van fiets A. Wat betreft de meetgegevens die worden gebruikt voor het bepalen van het brandvermogen is opvallend dat de zuurstofconcentratie minder hard en minder lang daalt dan verwacht. Hierdoor komt het brandvermogen lager uit en dit leidt tot een relatief hogere onzekerheid in het brandvermogen. Dit heeft tot gevolg dat de gemiddelde verbrandingswarmte en de totale vrijgekomen energie ook lager zijn, terwijl deze realistisch gezien juist hoger zouden moeten zijn. Deze waarden zijn onbetrouwbaar.

Rond de 7 minuten en 38 seconden vindt er een plotselinge schommeling in de gemeten massa plaats. Dit komt overeen met het tijdstip van het vallen van de fietstassen van de bagagedrager. Deze afwijking heeft verder geen invloed op andere berekende meetgegevens, omdat de fietstassen niet buiten de lekbak zijn gevallen en daardoor wel nog worden meegenomen in de massameting.

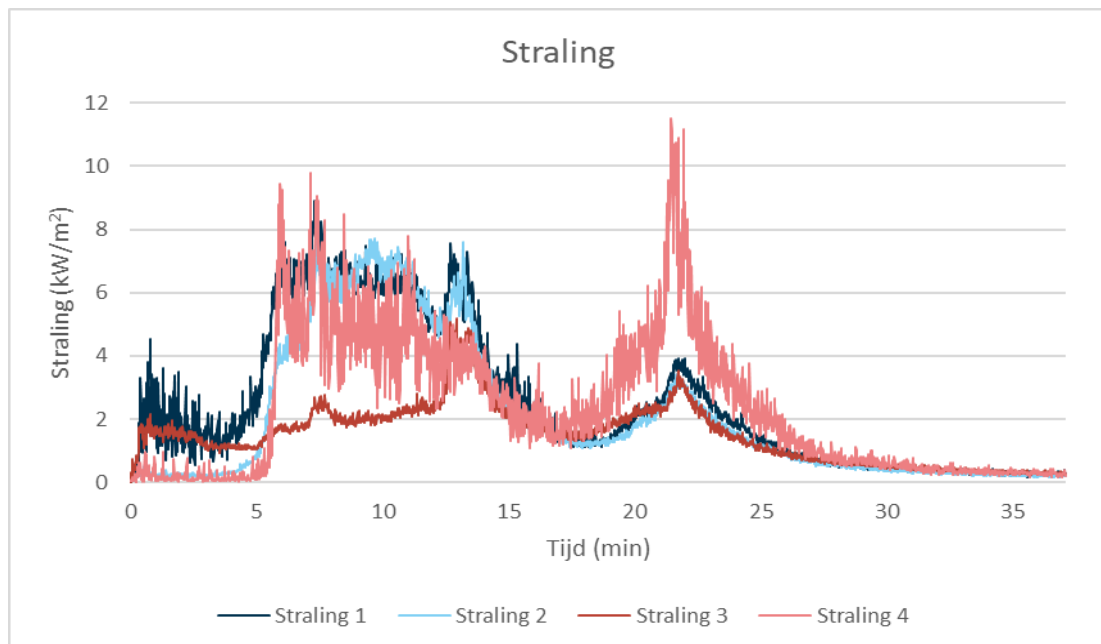
Brandvermogen

Vanwege de onzekerheid in de data van het brandvermogen is de grafiek niet opgenomen.

Straling

De gemeten straling is in figuur 2.9 weergegeven. De hoogst gemeten waarde is 11,5 kW/m², gemeten door stralingsmeter 4 (bovenzijde) na ruim 21 minuten na de start van de test.

³ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.



Figuur 2.9 Gemeten straling test niet-elektrische fiets met dubbele fietstas

2.2.2 Branduitbreiding

In figuur 2.9 is te zien dat alleen op stralingsmeter 4 (bovenzijde) de grenswaarde van 10 kW/m² voor 'branduitbreiding mogelijk' is overschreden. Na 21 minuten en 26 seconden is de eerste overschrijding waargenomen. De andere meters hebben geen stralingswaarden van 10 kW/m² of hoger gemeten. De grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' (gemiddeld ≥ 25 kW/m² gedurende 30 seconden of ≥ 45 kW/m² gedurende 10 seconden) wordt niet bereikt.

In tabel 2.4 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.4 Branduitbreiding testobject B

Test	Piek warmtestraling in kW/m ²	Branduitbreiding mogelijk (op basis van warmtestraling)	Branduitbreiding aannemelijk (op basis van warmtestraling)
Testobject B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas	11,5	Ja, richting bovenzijde	Nee

2.3 Testobject C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject C: niet-elektrische fiets met kinderzitje.

2.3.1 Brandverloop en -gedrag

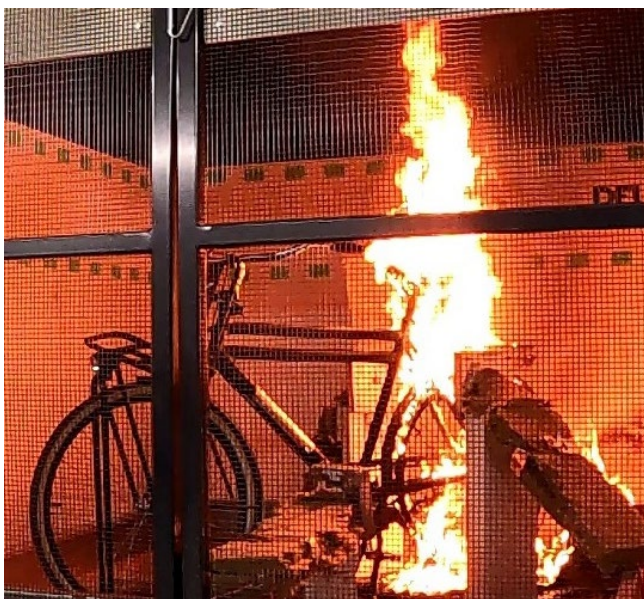
Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt binnen een minuut de achterband van de fiets ter hoogte van de kettingkast. De brand verspreidt zich via de achterband omhoog. Na een kleine 4 minuten heeft de brand de bagagedrager bereikt en enkele seconden later begint ook de kettingkast te branden. Ongeveer 6 minuten na de ontsteking begint het

kinderzitje te branden. Een halve minuut later brandt ook het zadel. Na 8 minuten worden de piek warmtestraling ($> 50 \text{ kW/m}^2$) en het piek brandvermogen (290 kW) bereikt. Na ruim 8 minuten valt het kinderzitje van de bagagedrager af, naast de lekbak. Het kinderzitje ligt aanvankelijk nog grotendeels op de weegopstelling, maar na ongeveer 8,5 minuten komt het grootste gedeelte ernaast op de grond terecht. Na ongeveer 13 minuten zijn de vlammen al minder geworden en branden alleen nog de achterband en de restanten van het zadel en de kettingkast die naast de fiets zijn gevallen. Na ruim 20 minuten branden alleen nog de restanten die naast de fiets liggen. Na ruim 40 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 173 MJ en de totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 108 gram. Er is nagenoeg geen HF gemeten tijdens de test.

Afbeeldingen van de niet-elektrische fiets voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.10, figuur 2.11 en figuur 2.12.



Figuur 2.10 Niet-elektrische fiets met kinderzitje voorafgaand aan de test



Figuur 2.11 Niet-elektrische fiets met kinderzitje gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 8$ minuten)



Figuur 2.12 Niet-elektrische fiets met kinderzitje na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.5 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.5 Overzicht gegevens test niet-elektrische fiets met kinderzitje

Niet-elektrische fiets met kinderzitje	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 2,76 m ³ /sec
Piek brandvermogen	290 kW
Vrijgekomen energie	173 MJ
Verbrandingswarmte	36,7 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,023 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	108,0 g
Yield HF	0,000 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	0,1 g
Yield roet	0,068 g/g
Massaverlies	X ⁴

Bijzonderheden tijdens de test

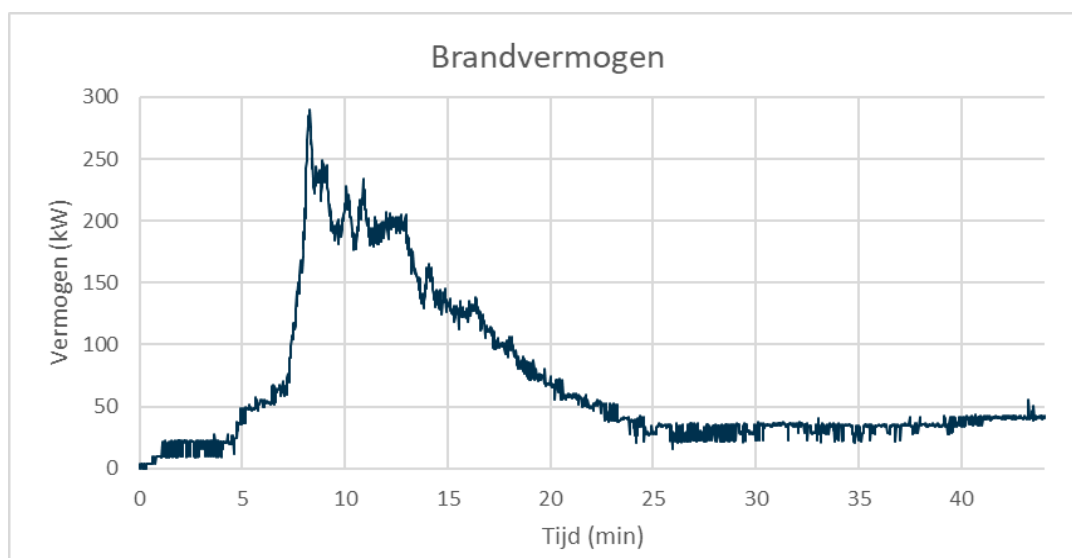
Na 8 minuten en 1 seconde is er een plotselinge schommeling in de gemeten massa te zien. Dit wordt veroorzaakt door het vallen van het kinderzitje naast de lekbak (massa neemt eerst

⁴ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.

af en daarna toe). Vervolgens valt een gedeelte van het kinderzitje naast de weegopstelling. Dit gedeelte is tijdens de test nagenoeg opgebrand. Het gevolg hiervan is dat de meetgegevens van de massa-afname na 8 minuten en 1 seconde minder betrouwbaar zijn. Dit heeft tot gevolg dat berekeningen, waarbij gebruik is gemaakt van de massa-afname (zoals de yields) minder betrouwbaar zijn. De yields worden bepaald over de volledige duur van de test. Omdat het deel wat buiten de weegopstelling valt nagenoeg volledig wegbrand, worden de yields als voldoende betrouwbaar gezien om op te nemen in de resultaten.

Brandvermogen

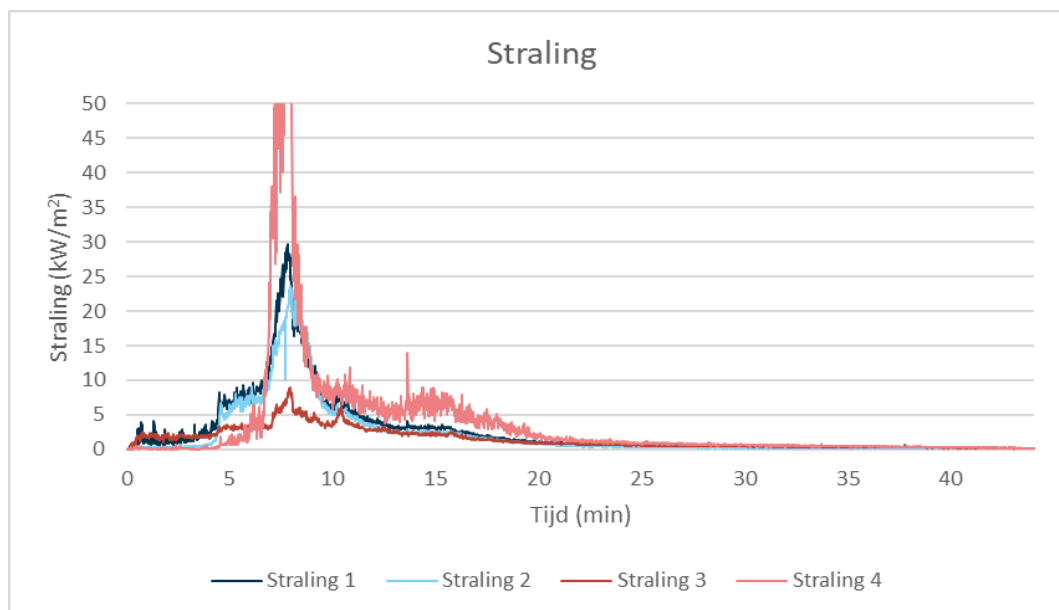
Het piek brandvermogen ligt op 290 kW, gemeten na ruim 8 minuten na de start van de test (zie figuur 2.13).



Figuur 2.13 Brandvermogen niet-elektrische fiets met kinderzitje

Straling

De gemeten straling is in figuur 2.14 weergegeven. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$, dit is gemeten door stralingsmeter 4 (bovenzijde) 8 minuten na de start van de test. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$, tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.14 Gemeten straling test niet-elektrische fiets met kinderzitje

2.3.2 Branduitbreiding

Zoals te zien is in figuur 2.14, zijn op stralingsmeters 1 (linkerzijde), 2 (rechterzijde) en 4 (bovenzijde) overschrijdingen van de grenswaarde van 10 kW/m² voor ‘branduitbreiding mogelijk’ waargenomen. Dit gebeurt voor het eerst op stralingsmeter 1 na 6 minuten en 33 seconden.

Daarnaast worden bij stralingsmeters 1 en 4 de grenswaarde van gemiddeld 25 kW/m² voor ‘branduitbreiding aannemelijk’ overschreden. Dit gebeurt voor het eerst op stralingsmeter 4 in de periode 6 minuten en 44 seconden tot 7 minuten en 14 seconden. Op stralingsmeter 4 is ook een overschrijding van de grenswaarde van 45 kW/m² waargenomen, voor het eerst in de periode 7 minuten en 9 seconden tot 7 minuten en 39 seconden.

In tabel 2.6 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.6 Branduitbreiding testobject C

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Branduitbreiding mogelijk (op basis van warmtestraling)	Branduitbreiding aannemelijk (op basis van warmtestraling)
Testobject C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje	> 50	Ja, richting linkerzijde, rechterzijde en bovenzijde	Ja, richting linkerzijde en bovenzijde

2.4 Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject D: elektrische fiets zonder accessoires.

2.4.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt binnen een minuut het omhulsel van de accu, die geplaatst is onder de bagagedrager. Ongeveer 6,5 minuten na de ontsteking komt de eerste cel in thermal runaway. Na 9 minuten vallen delen van de accu en fiets naast de fiets, waardoor er kleine brandjes ontstaan die zich uitbreiden richting de achterband, die vervolgens mee gaat branden. Na ruim 9 minuten wordt de piek warmtestraling van $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Na 11 minuten brandt ook het zadel mee en zijn de eerste vlammen zichtbaar bij de kettingkast. Er vinden nog verschillende thermal runaways plaats tot ongeveer 15 minuten na de start van de test. Ruim 18 minuten na de start van de test wordt het piek brandvermogen van 251 kW bereikt. Na 18,5 minuten klapt de bagagedrager achterover door het breken van het frame. Rond 21 minuten zijn de vlammen al wat minder geworden. Met name de kettingkast, de laatste stukken achterband en de restanten naast de fiets branden nog. Na ruim 40 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 131 MJ, en de totale hoeveelheid vrijgekomen CO en HF zijn respectievelijk 175 gram en 6,5 gram. Afbeeldingen van de elektrische fiets voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.15, figuur 2.16 en figuur 2.17.



Figuur 2.15 Elektrische fiets zonder accessoires voorafgaand aan de test



Figuur 2.16 Elektrische fiets zonder accessoires gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 18$ minuten)



Figuur 2.17 Elektrische fiets zonder accessoires na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.7 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.7 Overzicht gegevens test elektrische fiets zonder accessoires

Elektrische fiets zonder accessoires	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 2,84 m ³ /sec
Piek brandvermogen	251 kW
Vrijgekomen energie	131 MJ
Verbrandingswarmte	X ⁵
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,032 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	175,0 g
Yield HF	0,002 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	6,5 g
Yield roet	0,104 g/g
Massaverlies	X

Bijzonderheden tijdens de test

Na 18 minuten en 38 seconden is er een plotse schommeling in de massa-afname te zien. Dit wordt veroorzaakt door het vallen van onderdelen en het achterover klappen van de bagagedrager (de massa-afname neemt eerst af en daarna toe). Deze afwijking heeft geen invloed op andere berekende meetgegevens.

⁵ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.

Na 24 minuten en 32 seconden is er een onverklaarbare geleidelijke massatoename te zien. Het gevolg hiervan is dat de meetgegevens van de massa-afname vanaf dat moment onbetrouwbaar zijn. Hierdoor zijn de berekeningen, waarbij gebruik is gemaakt van de massa-afname (zoals de yields en verbrandingswarmte) ook onbetrouwbaar vanaf dat moment. Voor het berekenen van de yields zijn de data tot 24 minuten en 32 seconden gebruikt. Gezien het brandverloop en het brandvermogen zijn de berekende yields naar verwachting representatief voor de gehele test.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.8 op de volgende pagina zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.9 opgenomen.

Tabel 2.8 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test elektrische fiets zonder accessoires

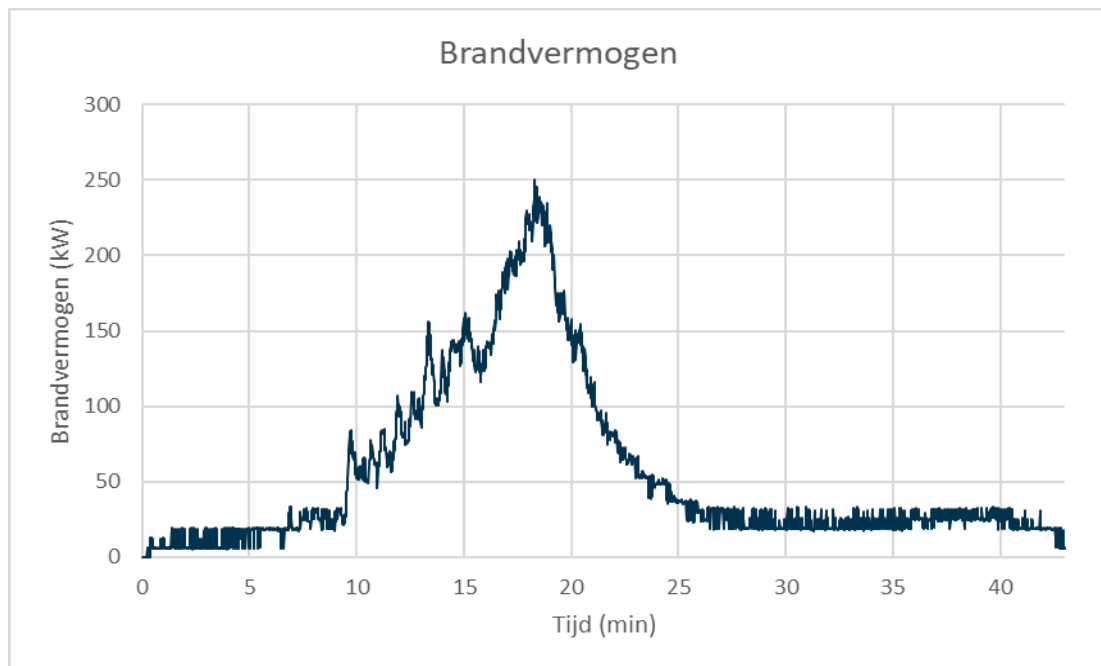
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires	circa 7 minuten	Circa 30 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na circa 12 minuten	Circa 100 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na. circa 12,5 minuten	Circa 30 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na circa 13,5 minuten	Circa 50 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na circa 13,5 minuten	Circa 30 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na circa 14 minuten	Circa 100 cm	Langer dan 10 seconden

Tabel 2.9 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test elektrische fiets zonder accessoires

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires	Na circa 9,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale of schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 50 cm
	Na circa 10,5 minuten	Enkele seconden	Verticale en schuine vlammen	Circa 30 cm
	Na circa 12 minuten	Enkele seconden	Horizontale vlammen	Circa 30 cm
	Na circa 13 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale of schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 50 cm
	Na circa 14 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale of schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 50 cm

Brandvermogen

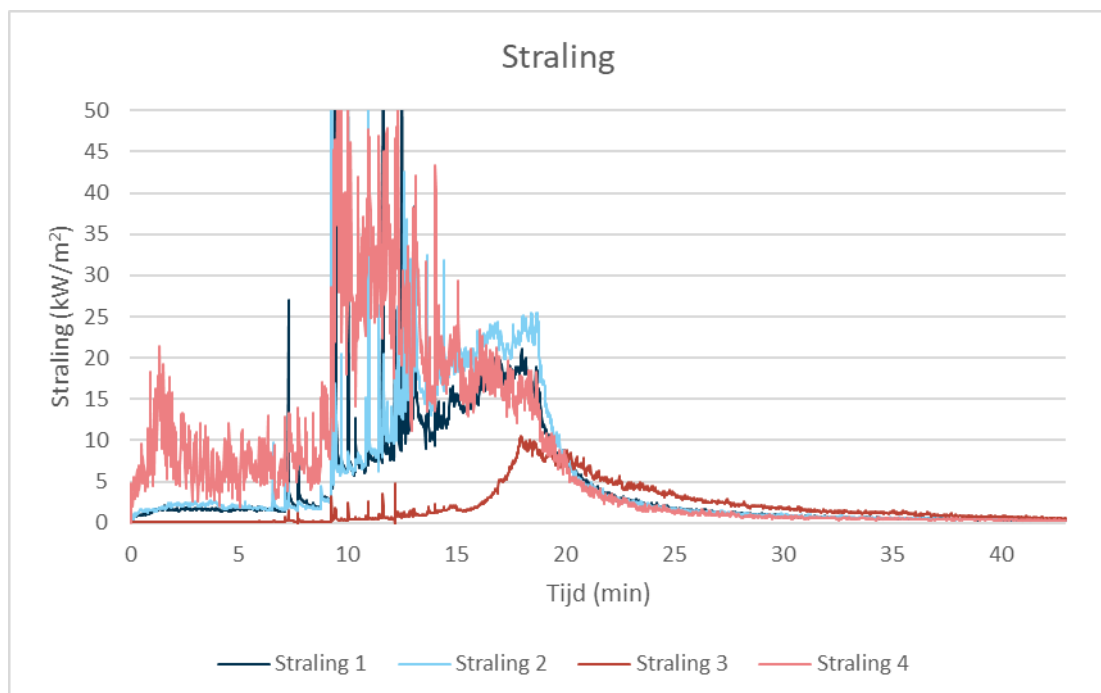
In figuur 2.18 is te zien dat het piek brandvermogen ligt op 251 kW, gemeten na ruim 18 minuten na de start van de test.



Figuur 2.18 Brandvermogen elektrische fiets zonder accessoires

Straling

De gemeten straling is in figuur 2.19 weergegeven. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten door stralingsmeter 1 (linkerzijde) ruim 9 minuten na de start van de test. Ook stralingsmeters 2 (rechterzijde) en 4 (bovenzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.19 Gemeten straling test elektrische fiets zonder accessoires

2.4.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

In figuur 2.19 is te zien dat alle stralingsmeters waarden van 10 kW/m² of meer hebben gemeten en dus overschrijdingen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' (10 kW/m²) hebben waargenomen. Na 50 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 4 (bovenzijde).

Bij stralingsmeter 4 wordt bovendien de grenswaarde van gemiddeld 25 kW/m² voor 'branduitbreiding aannemelijk' overschreden. Dit gebeurt voor het eerst tussen 9 minuten en 4 seconden en 9 minuten en 34 seconden. Bij stralingsmeters 1 (linkerzijde) en 2 (rechterzijde) is wel een straling van meer dan 25 kW/m² gemeten, maar niet gedurende 30 seconden of meer, wat nodig is om de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' te overschrijden. Op stralingsmeters 1, 2 en 4 zijn waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten, maar niet gedurende 10 seconden of meer, zodat de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' evenmin overschreden wordt.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er zijn 5 momenten waargenomen waarop accucellen zijn weggeschoten en de nabrandduur meer dan 2 seconden is. Hier wordt de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' overschreden. Na ongeveer 14 minuten is er 1 accu cel waargenomen met een nabrandduur van meer dan 10 seconden. Daarvoor geldt dus, dat de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' wordt overschreden.

In tabel 2.10 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.10 Branduitbreiding testobject D

Test	Piek warmtestraling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Branduitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires	> 50	> 10 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, richting bovenzijde

2.5 Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas.

2.5.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt binnen een minuut het omhulsel van de accu die geplaatst is onder de bagagedrager. Circa 2 minuten na de ontsteking beginnen de fietstassen te branden. Na circa 3 minuten vallen de fietstassen van de bagagedrager af, waardoor ook de achterband mee gaat branden. Na ongeveer 4,5 minuten brandt ook het zadel. Na circa 5 minuten komt de eerste cel in thermal runaway. Een halve minuut daarna wordt de piek warmtestraling van > 50 kW/m² bereikt. Na circa 6 minuten breekt het frame en klappt de bagagedrager een stukje naar achteren. Na ruim 8 minuten wordt het piek brandvermogen van 599 kW bereikt. Na circa 8,5 minuten valt de fiets om naar de rechter-

kant van de lekbak. De stralingsmeters blijven staan en er vindt geen vlamcontact plaats. Verschillende thermal runaways vinden vervolgens plaats tot circa 9 minuten na de ontsteking. Rond 12 minuten zijn de vlammen al wat minder geworden. Met name de kettingkast, de laatste stukken achterband en de restanten naast de fiets branden nog. Na 27 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 188 MJ en de totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 268,6 gram.

Afbeeldingen van de elektrische fiets met dubbele fietstas voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.20, figuur 2.21 en figuur 2.22.



Figuur 2.20 Elektrische fiets met dubbele fietstas voorafgaand aan de test



Figuur 2.21 Elektrische fiets met dubbele fietstas gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 8$ minuten)



Figuur 2.22 Elektrische fiets met dubbele fietstas na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.11 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.11 Overzicht gegevens test elektrische fiets met dubbele fietstas

Elektrische fiets met dubbele fietstas	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 2,71 m ³ /sec
Piek brandvermogen	599 kW
Vrijgekomen energie	188 MJ
Verbrandingswarmte	23 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,023 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	268,6 g
Yield HF	X ⁶
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,071 g/g
Massaverlies	X

⁶ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.

Bijzonderheden tijdens de test

Na 8 minuten en 38 seconden is er een plotselinge schommeling in de gemeten massa te zien. Dit wordt veroorzaakt door het omvallen van de fiets (de massa neemt eerst toe en daarna af). Het omvallen van de fiets zorgt voor een onbetrouwbaarheid van de stralingsmetingen na 8 minuten en 38 seconden, aangezien de fiets van positie veranderd is ten opzichte van alle stralingsmeters.

De geleidelijke onverklaarbare massatoename (die plaatsvindt na 11 minuten en 31 seconden) heeft tot gevolg dat de berekeningen, waarbij is gebruikgemaakt van de massa-afname (zoals de yields en verbrandingswarmte) vanaf dat moment onbetrouwbaar zijn. De yields zijn daarom berekend over het tijdspad waarover de meting van de massa-afname betrouwbaar is. Gezien het brandverloop en het brandvermogen zijn de berekende yields naar verwachting representatief voor de gehele test.

Verder is het signaal van de HF-metingen weggevallen tijdens de test. Dit werd veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van fiets E onbetrouwbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.12 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.13 opgenomen.

Tabel 2.12 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test elektrische fiets met dubbele fietstas

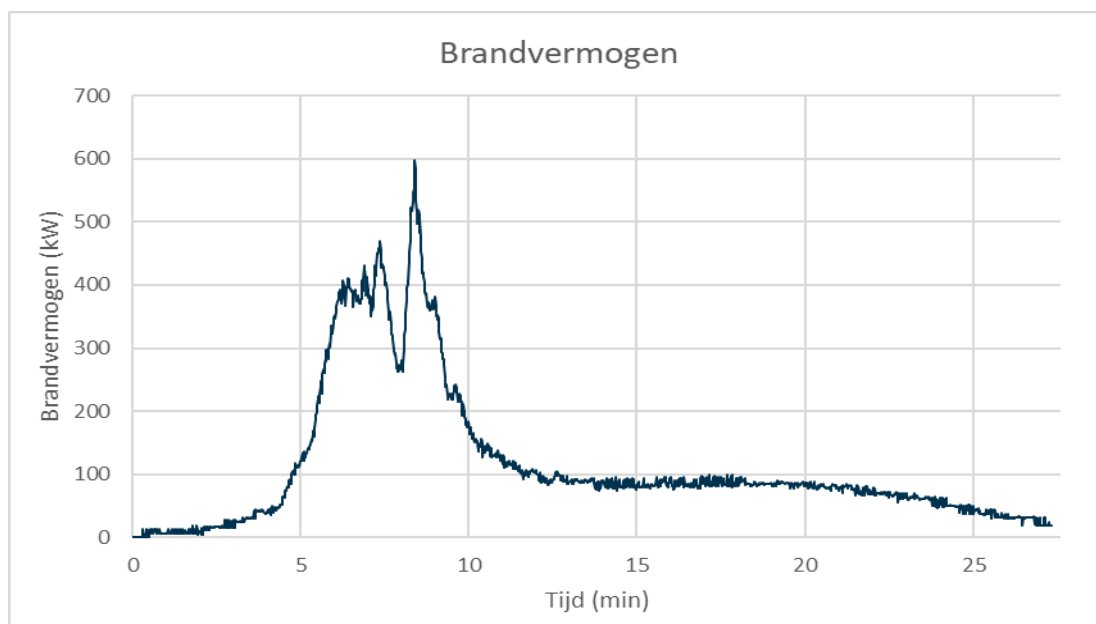
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	Na circa 5,5 minuten	Circa 50 cm	Circa 2 seconden

Tabel 2.13 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test elektrische fiets met dubbele fietstas

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	Na circa 6,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Zowel horizontale als verticale vlammen komen voor in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm
	Na circa 7,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden tot meer dan 10 seconden	Zowel horizontale als verticale vlammen komen voor in verschillende richtingen	Tot circa 200 cm

Brandvermogen

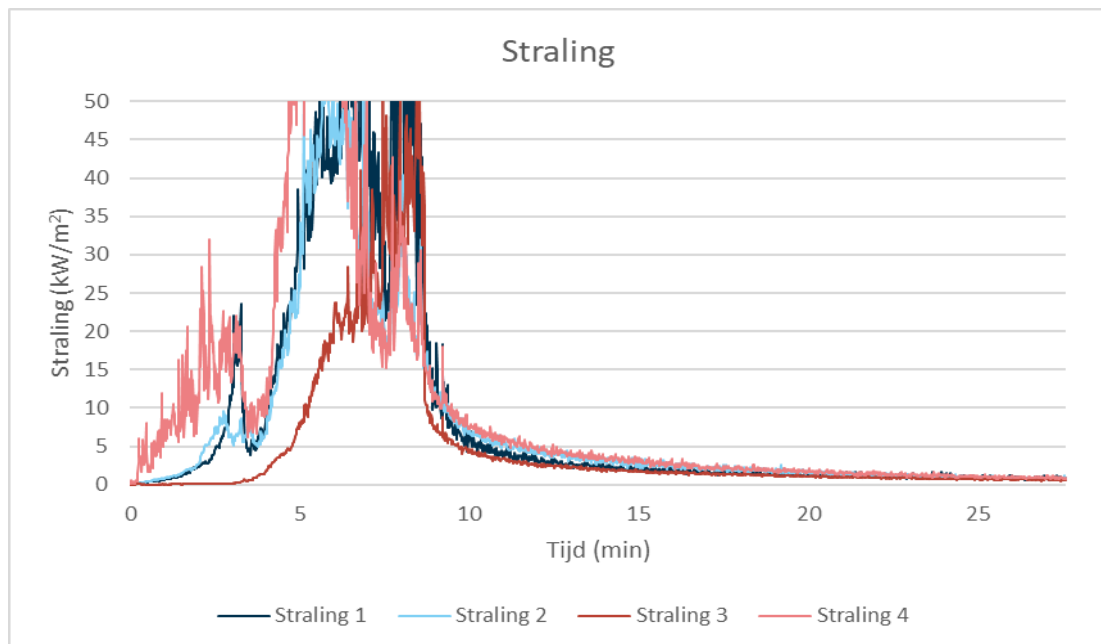
In figuur 2.23 op de volgende pagina is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test bijna de 600 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 599 kW, gemeten na ruim 8 minuten na de start van de test.



Figuur 2.23 Brandvermogen elektrische fiets met dubbele fietstas

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.24. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten na ruim 5 minuten door stralingsmeter 4 (bovenzijde). Ook de andere stralingsmeters hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling minimaal 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.24 Gemeten straling test elektrische fiets met dubbele fietstas (onbruikbare data na 8 min 38 sec)

2.5.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

In figuur 2.24 is te zien dat op alle stralingsmeters overschrijdingen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' (10 kW/m^2) zijn waargenomen. Na 56 seconden is op stralingsmeter 4 (bovenzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door alle stralingsmeters overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m^2 voor 'branduitbreiding aannemelijk'. Tussen 4 minuten en 4 seconden en 4 minuten en 34 seconden is de eerste overschrijding van deze grenswaarde waargenomen op stralingsmeter 4. Ook zijn overschrijdingen van de grenswaarde van 45 kW/m^2 waargenomen op stralingsmeters 1 (linkerzijde), 2 (rechterzijde) en 4. Tussen 4 minuten en 30 seconden en 5 minuten en 0 seconden is de overschrijding voor het eerst waargenomen op stralingsmeter 4.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er is één moment waargenomen waarop een accucel is weggeschoten en de nabrandduur ongeveer 2 seconden was. Er is geen nabrandduur van langer dan 10 seconden waargenomen.

In tabel 2.14 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.14 Branduitbreiding testobject E

Test	Piek warmtestraling in kW/m^2	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Branduitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	> 50	≤ 2 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, in alle richtingen

2.6 Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject F: elektrische fiets met kinderzitje.

2.6.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel het omhulsel van de accu die geplaatst is onder de bagagedrager. Circa 2 minuten na de ontsteking begint het kinderzitje te branden. Door vallend brandend materiaal begint ook de kettingkast mee te branden. Na ongeveer 3 minuten brandt het zadel. Na circa 3,5 minuten valt het kinderzitje van de bagagedrager af in de lekbak. Hierdoor begint ook de achterband te branden. Na circa 6,5 minuten komt de eerste cel in thermal runaway. Na 9 minuten wordt de piek warmtestraling gemeten van $> 50 \text{ kW/m}^2$. Een halve minuut daarna bereikt het brandvermogen een piek van 807 kW. Vervolgens vinden verschillende thermal runaways plaats tot aan circa 10,5 minuten. Na ongeveer 13 minuten valt de fiets om naar de linkerkant van de lekbak. Hierbij valt stralingsmeter 3 om in de lekbak. Er lijkt geen direct vlamcontact plaats te vinden tussen fiets F en stralingsmeter 3. Rond 14 minuten zijn de vlammen al wat minder geworden. Met name de kettingkast en de restanten naast de fiets branden nog. Na 29 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 212 MJ en de totale hoeveelheid vrijgekomen CO 254,0 gram.

Afbeeldingen van de elektrische fiets met kinderzitje voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.25, figuur 2.26 en figuur 2.27.



Figuur 2.25 Elektrische fiets met kinderzitje voorafgaand aan de test



Figuur 2.26 Elektrische fiets met kinderzitje gedurende de test bij piek brandvermogen (t = 9 minuten)



Figuur 2.27 Elektrische fiets met kinderzitje na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.15 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.15 Overzicht gegevens test elektrische fiets met kinderzitje

Elektrische fiets met kinderzitje	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,01 m ³ /sec
Piek brandvermogen	807 kW
Vrijgekomen energie	212 MJ
Verbrandingswarmte	26,5 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,021 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	254,0 g
Yield HF	X ⁷
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	1,0 g
Yield roet	0,098 g/g
Massaverlies	X

Bijzonderheden tijdens de test

Na 21 seconden is er een plotselinge schommeling in de massa-afname te zien, veroorzaakt door het omvallen van stralingsmeter 3 vlak na het ontsteken van de ontstekingsbron. De stralingsmeter is daarna weer overeind gezet. Deze afwijking heeft geen invloed gehad op andere berekende meetgegevens.

Na 13 minuten en 4 seconden is er een plotselinge schommeling van de massa-afname te zien. Dit wordt veroorzaakt door het omvallen van de fiets en stralingsmeter 3 (de massa-afname neemt eerst toe en daarna af). De meetgegevens van de massa-afname en stralingsmetingen (stralingsmeter 3) zijn vanaf dat moment onbetrouwbaar. Dit heeft tot gevolg dat de berekeningen waarvoor gebruik is gemaakt van de massa-afname (zoals de yields en verbrandingswarmte) ook onbetrouwbaar zijn vanaf dat moment. De yields zijn daarom berekend over het tijdspad waarbij de meting van de massa-afname wel betrouwbaar is. Gezien het brandverloop en het brandvermogen zijn de berekende yields naar verwachting representatief voor de gehele test. Verder is het signaal van de HF-metingen weggefallen tijdens de test. Dit komt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van fiets F onbetrouwbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.16 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.17 opgenomen.

⁷ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.

Tabel 2.16 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test elektrische fiets met kinderzitje

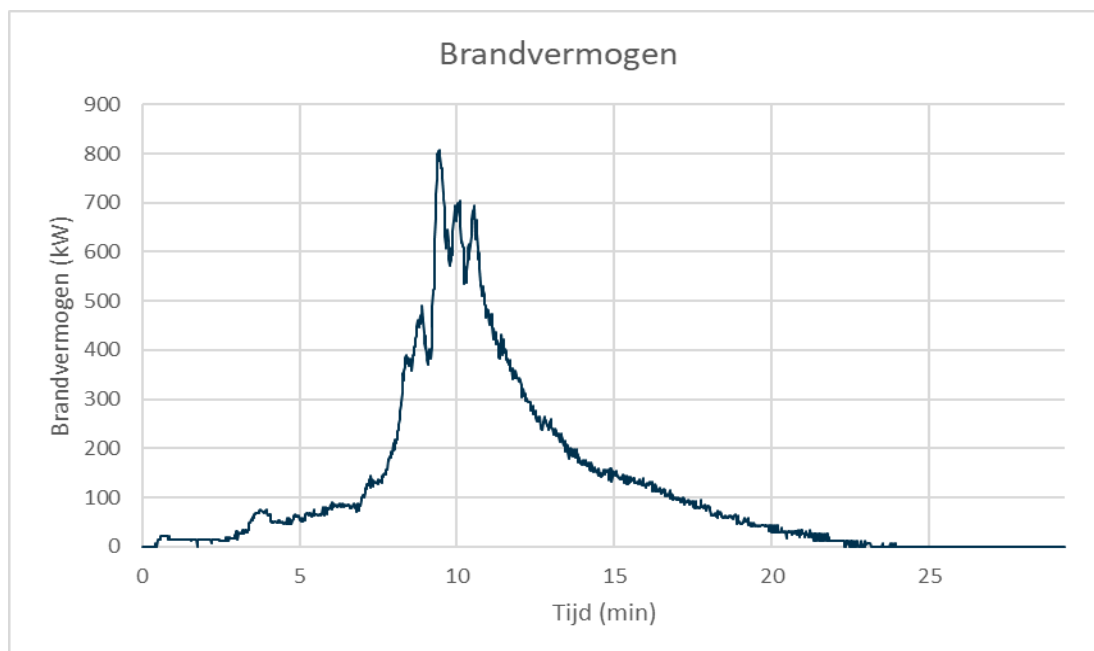
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje	Na circa 9 minuten	Ca 100 cm	Langer dan 10 seconden

Tabel 2.17 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test elektrische fiets met kinderzitje

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje	Na circa 7,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Verticale en schuine vlammen	Tot circa 100 cm
	Na circa 8 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm
	Na circa 9 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden tot meer dan 10 seconden	Verticale, schuine en horizontale vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm
	Na circa 10 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Verticale, schuine en horizontale vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm

Brandvermogen

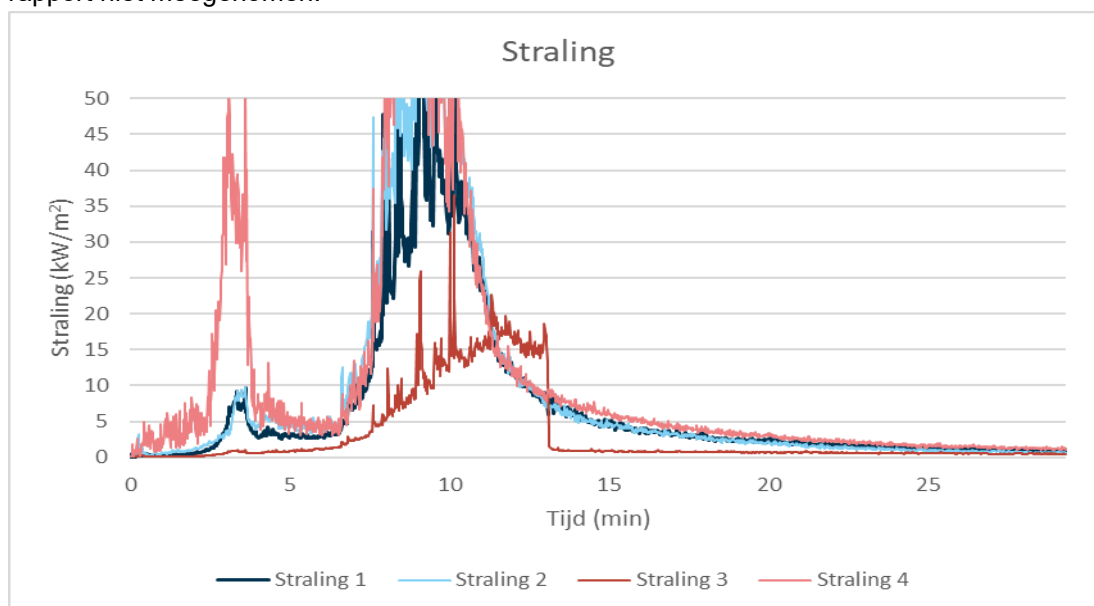
In figuur 2.28 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test de 800 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 807 kW, gemeten op 9 minuten na de start van de test.



Figuur 2.28 Brandvermogen elektrische fiets met kinderzitje

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.29. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten door stralingsmeter 2 (rechterzijde) op 9 minuten na de start van de test. Ook stralingsmeters 1 (linkerzijde) en 4 (bovenzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.29 Gemeten straling test elektrische fiets met kinderzitje (onbruikbare data stralingsmeter 3 na 13 min 6 sec)

2.6.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

Op alle stralingsmeters zijn overschrijdingen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' van 10 kW/m² waargenomen; dit is te zien in figuur 2.29. Na 2 minuten en 30 seconden is op stralingsmeter 4 (bovenzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door stralingsmeters 1 (linkerzijde), 2 en 4 overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m² ('branduitbreiding aannemelijk'). Tussen 2 minuten en 37 seconden en 3 minuten en 7 seconden is de eerste overschrijding van deze grenswaarde waargenomen op stralingsmeter 4. Ook zijn overschrijdingen van de grenswaarde van 45 kW/m² waargenomen op stralingsmeters 2 en 4. Tussen 7 minuten en 53 seconden en 8 minuten en 23 seconden is de overschrijding voor het eerst waargenomen op meter 4.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er is één moment waargenomen waarop een accucel is weggeschoten waarbij de nabrandduur meer dan 10 seconden is.

In tabel 2.18 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.18 Branduitbreiding testobject F

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand-uitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje	> 50	> 10 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, richting linkerzijde, rechterzijde en bovenzijde

2.7 Testobject G: Elektrische fiets met accu in het frame

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject G: elektrische fiets met accu in het frame.

2.7.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron is geen thermal runaway ontstaan in de accu. Daarom is vanaf circa 32,5 minuten na de start van de test een elektrische onkruidbrander ingezet om de accu in thermal runaway te krijgen. Omdat dit ook niet toereikend was, is vanaf circa 86,5 minuten seconden een gasbrander gebruikt. Circa 11 minuten na de ontsteking met de gasbrander komt de eerste cel in thermal runaway. Daarna vinden in korte tijd verschillende thermal runaways plaats tot aan circa 11,5 minuten na de ontsteking. Door het wegschieten en afblazen van de accucellen breidt de brand zich uit naar het zadel, de kettingkast, het stuur en de achterband. Ongeveer 12 na de ontsteking met de gasbrander worden het piek brandvermogen en de piek warmtestraling bereikt van respectievelijk 566 kW en > 50 kW/m². Ongeveer 19 minuten na de ontsteking met de gasbrander zijn er kleinere vlammen zichtbaar; na ruim 36 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 73 MJ. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 112,1 gram en de CO-yield bedraagt 0,033 gram CO per gram verbrande fiets.

Afbeeldingen van de elektrische fiets met accu in het frame voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.30, figuur 2.31 en figuur 2.32.



Figuur 2.30 Elektrische fiets met accu in het frame voorafgaand aan de test



Figuur 2.31 Elektrische fiets met accu in het frame gedurende de test bij piek brandvermogen (t = 98 minuten)



Figuur 2.32 Elektrische fiets met accu in het frame na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.19 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.19 Overzicht gegevens test elektrische fiets met accu in het frame

Elektrische fiets met accu in het frame	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,16 m ³ /sec
Piek brandvermogen	566 kW
Vrijgekomen energie	73 MJ
Verbrandingswarmte	21,6 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO ⁸	0,033 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	112,1 g
Yield HF	X ⁹
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet ⁸	0,084 g/g
Massaverlies	3,39 kg

Bijzonderheden tijdens de test

De slang van de gasbrander heeft korte tijd op de weegopstelling gelegen en is er daarna weer af gehaald. Dit heeft mogelijk gezorgd voor een verstoring van de meetgegevens van de massa-afname. Verder is het signaal van de HF-metingen weggevallen tijdens de test. Dit

⁸ De soot yield en CO-yield zijn alleen berekend over het gedeelte waarbij gebruik werd gemaakt van de gasbrander.

⁹ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar of bruikbaar zijn.

is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van fiets G onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.20 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen staan in tabel 2.21.

Tabel 2.20 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test elektrische fiets met accu in frame

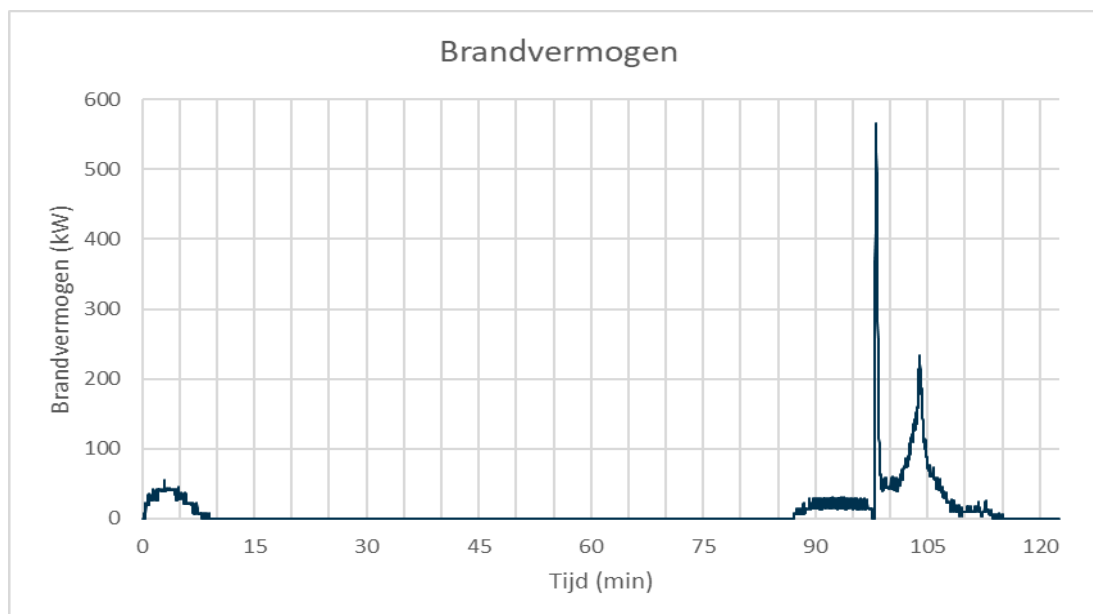
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject G: Elektrische fiets met accu in frame	Na circa 97,5 minuten (meerdere keren wegschieten)	Circa 150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden

Tabel 2.21 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test elektrische fiets met accu in frame

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject G: Elektrische fiets met accu in frame	Na circa 97,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Verticale, schuine en horizontale vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm

Brandvermogen

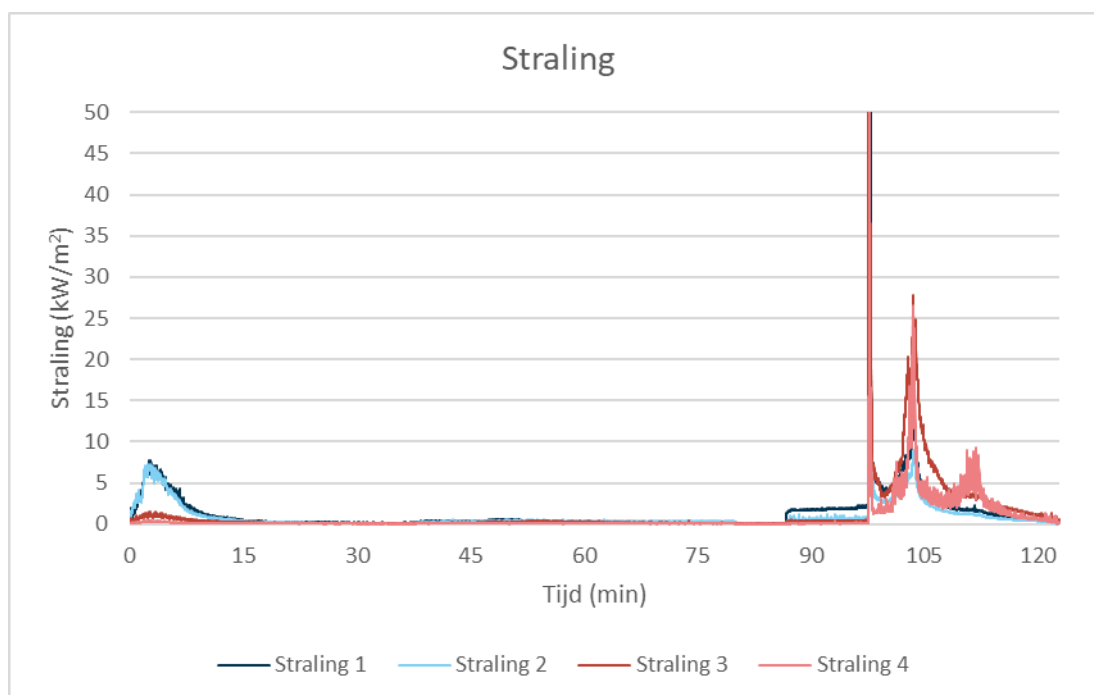
In figuur 2.33 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test bijna de 600 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 566 kW, gemeten op 98 minuten na de start van de test.



Figuur 2.33 Brandvermogen elektrische fiets met accu in het frame

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.34. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten na 98 minuten door stralingsmeter 1 (linkerzijde). Ook stralingsmeters 3 (tegenovergelegen fiets) en 4 (bovenzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.34 Gemeten straling test elektrische fiets met accu in het frame

2.7.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

In figuur 2.34 is te zien dat op alle stralingsmeters de grenswaarde van 10 kW/m^2 voor 'branduitbreiding mogelijk' overschrijden. Na 97 minuten en 38 seconden is op zowel stralingsmeter 1 als stralingsmeter 3 de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast is door stralingsmeter 1 een overschrijding waargenomen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' (25 kW/m^2). Tussen 97 minuten en 25 seconden en 97 minuten en 55 seconden is de eerste overschrijding van deze grenswaarde waargenomen op stralingsmeter 1. Er zijn geen overschrijdingen van de grenswaarde van 45 kW/m^2 gemeten.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er is 1 moment waargenomen waarop een accucel is weggeschoten, waarbij de nabrandduur meer dan 2 seconden is, maar korter dan 10 seconden.

In tabel 2.22 op de volgende pagina is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.22 Branduitbreiding testobject G

Test	Piek warmte- straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand- uitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject G: Elektrische fiets met accu in het frame	> 50	> 2 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, richting linkerzijde

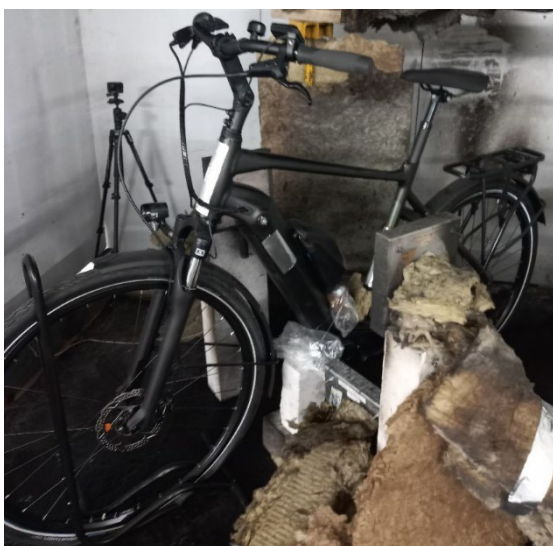
2.8 Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject H: elektrische fiets met twee accu's.

2.8.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron is geen thermal runaway ontstaan in de accu. Circa 35,5 minuten na de start van de test wordt een gasbrander gebruikt om de cellen in thermal runaway te krijgen. Na ontsteking met de gasbrander branden al snel het omhulsel van de accu, de voorband en het spatbord. Circa 6 minuten na de ontsteking met de gasbrander komt de eerste cel in thermal runaway. Daarna vinden verschillende thermal runaways plaats tot aan circa 9 minuten na de ontsteking. Na ongeveer 7 minuten bereikt het brandvermogen een piek van 272 kW. Door het wegschieten en afblazen van de accucellen breidt de brand zich uit naar de kettingkast en het stuur. Op 8 minuten na de ontsteking met de gasbrander wordt de piek warmtestraling van > 50 kW/m² bereikt. Ongeveer 15 minuten na ontsteking zijn er kleinere vlammen zichtbaar. Voornamelijk de kettingkast, de voorband en restanten naast de fiets branden nog. Ruim 63 minuten na de ontsteking met de gasbrander zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 27 MJ. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO tijdens deze test is 73,1 gram en de CO-yield bedraagt 0,034 gram CO per gram verbrande fiets.

Afbeeldingen van de elektrische fiets met twee accu's voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.35, figuur 2.36 en figuur 2.37.

**Figuur 2.35 Elektrische fiets met twee accu's voorafgaand aan de test**



Figuur 2.36 Elektrische fiets met twee accu's gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 42$ minuten)



Figuur 2.37 Elektrische fiets met twee accu's na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.23 op de volgende pagina is een overzicht met gegevens van de test met de elektrische fiets met accu in het frame opgenomen.

Tabel 2.23 Overzicht gegevens test elektrische fiets met twee accu's

Elektrische fiets met twee accu's	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,12 m ³ /sec
Piek brandvermogen	272 kW
Vrijgekomen energie	27 MJ
Verbrandingswarmte	12,6 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO ⁸	0,034 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	73,1 g
Yield HF	X ¹⁰
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet ⁸	0,117 g/g
Massaverlies	2,14 kg

Bijzonderheden tijdens de test

Het signaal van de HF-metingen is weggefallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van fiets H onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.24 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen staan in tabel 2.25.

Tabel 2.24 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test elektrische fiets met twee accu's

Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's	Na circa 42 minuten (meerdere keren wegschieten)	Circa 30 cm tot 150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na circa 43 minuten	Circa 150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden

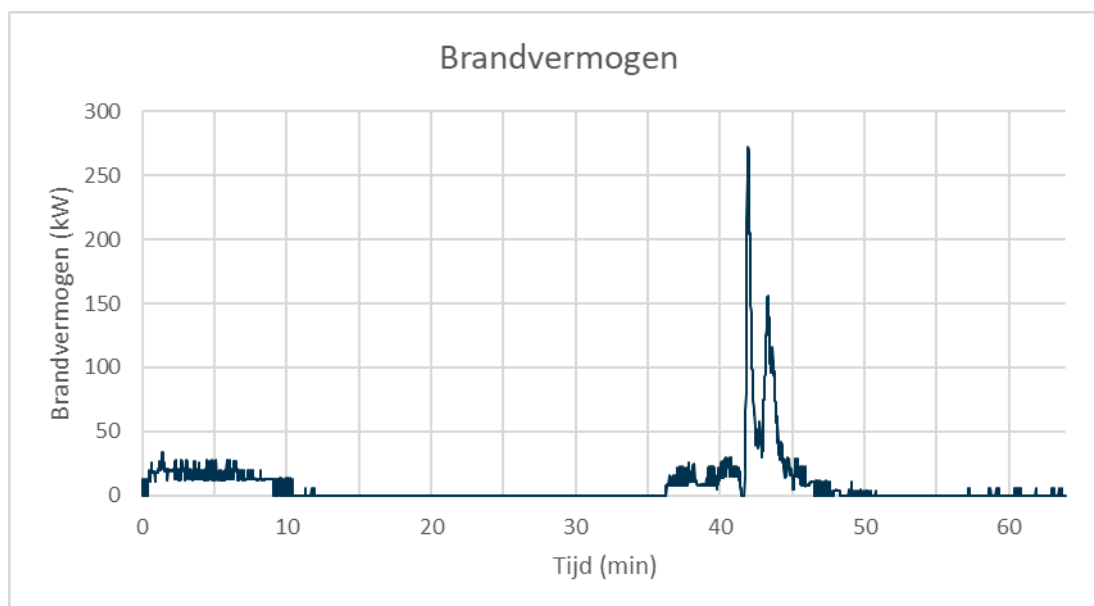
¹⁰ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

Tabel 2.25 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test elektrische fiets met twee accu's

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's	Na circa 41 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm
	Na circa 42 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm

Brandvermogen

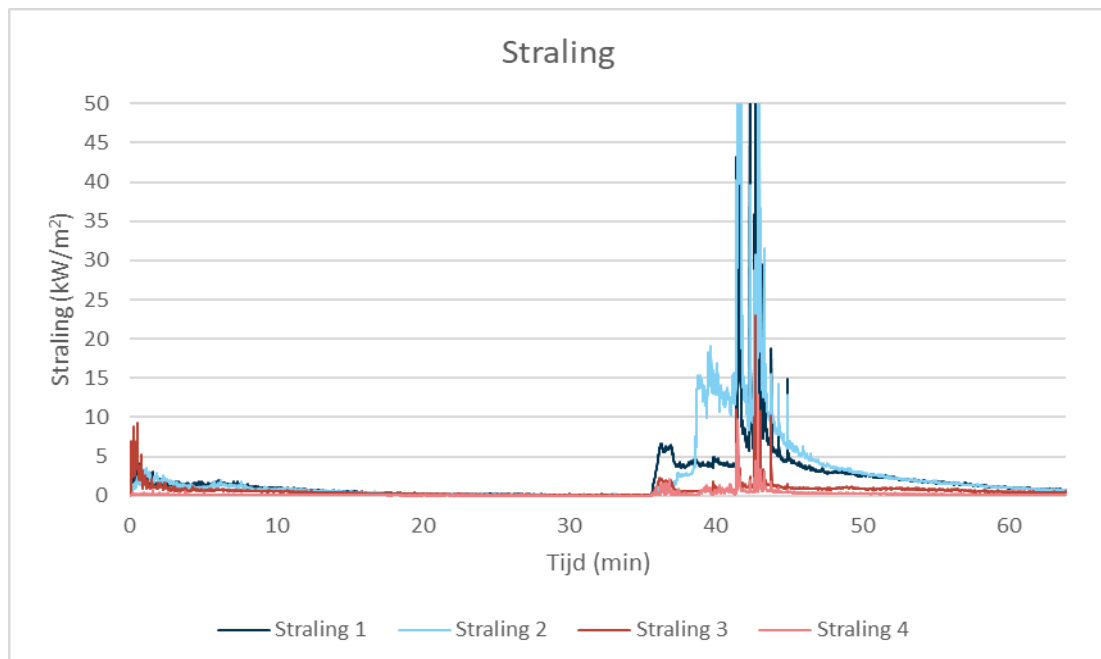
In figuur 2.38 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test bijna de 300 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 272 kW, gemeten op 42 minuten na start van de test (7 minuten na ontsteking met gasbrander).



Figuur 2.38 Brandvermogen elektrische fiets met twee accu's

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.39. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten op 43 minuten na de start van de test door stralingsmeter 2 (rechterzijde). Ook stralingsmeter 1 (linkerzijde) heeft waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.39 Gemeten straling test elektrische fiets met twee accu's

2.8.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

Op alle stralingsmeters is een overschrijding van de grenswaarde van 10 kW/m² ('brand-uitbreiding mogelijk') waargenomen; dit is weergegeven in figuur 2.39. Na 38 minuten en 45 seconden is op stralingsmeter 2 (rechterzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast is door stralingsmeter 2 een overschrijding waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m² ('branduitbreiding aannemelijk'). Tussen 41 minuten en 9 seconden en 41 minuten en 39 seconden is de eerste overschrijding waargenomen. Bij stralingsmeter 1 is wel een straling hoger dan 25 kW/m² gemeten, maar niet gedurende 30 seconden of meer, zodat de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' niet is overschreden. Op stralingsmeters 1 en 2 zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten, maar niet gedurende 10 seconden of meer, zodat ook daar de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' niet is overschreden.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er zijn momenten waargenomen waarop een accucel is weggeschoten en waarbij de nabrandduur meer dan 2 seconden was, maar korter dan 10 seconden.

In tabel 2.26 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.26 Branduitbreiding testobject H

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand-uitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's	> 50	> 2 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, richting rechterzijde

2.9 Testobject I: Benzinescooter

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject I: benzinescooter.

2.9.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel het spatbord aan de voorzijde van de scooter. Na ongeveer 1,5 minuten beginnen de kap van de stuurkolom en de voorband te branden. Na ongeveer 2,5 minuten brandt het zadel en breidt de brand zich uit naar de treeplank. Circa 3 minuten en 8 seconden na de ontsteking vindt er een brandversnelling plaats nabij de stuurkolom in de hoek van de lekbak. Circa 4 minuten en 50 seconden na de ontsteking vindt er brandversnelling plaats in de hele lekbak. Vermoedelijk vindt het lekraken van de benzinetank op dit moment plaats. Na ruim 5 minuten piekt het brandvermogen op 2.564 kW. Een minuut later is ook de piek warmtestraling bereikt van $> 50 \text{ kW/m}^2$. Na 15 minuten neemt de brand af en worden de vlammen kleiner. Na 37 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 939 MJ.

Afbeeldingen van de benzinescooter voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.40, figuur 2.41 en figuur 2.42.



Figuur 2.40 Benzinescooter voorafgaand aan de test



Figuur 2.41 Benzinescooter gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 5$ minuten)



Figuur 2.42 Benzinescooter na de test

Gegevens van de test

In Tabel 2.27 is een overzicht met gegevens van de test met de benzinescooter opgenomen.

Tabel 2.27 Overzicht gegevens test benzinescooter

Benzinescooter	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,26 m ³ /sec
Piek brandvermogen	2.564 kW
Vrijgekomen energie	939 MJ
Verbrandingswarmte	27,3 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	X ¹¹
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	X
Yield HF	X
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,106 g/g
Massaverlies	34,45 kg

Bijzonderheden tijdens de test

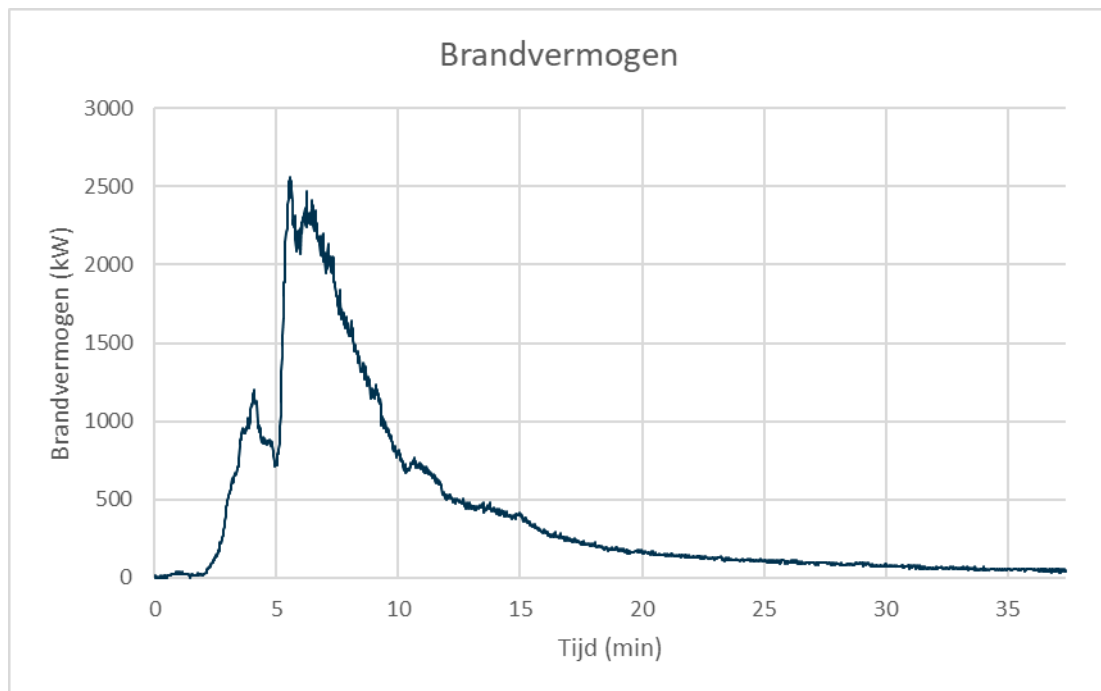
In afwijking van het testprotocol was stralingsmeter 4 gepositioneerd op een afstand van 40 cm vanaf de achterzijde van het zadel van de scooter. Stralingsmeter 2 was defect tijdens de test. Ook is tijdens de test het signaal van de HF-metingen weggevallen en zijn de signalen van de CO-meter verstoord door de hoge temperaturen (tot 600 °C) die gemeten zijn in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF- en CO-metingen van scooter I onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn. De mate van uitstroom van benzine is niet met zekerheid te bepalen aan de hand van de beelden.

Verder komt na circa 4 minuten een relatief klein gedeelte van de rook vrij buiten de afzuigkap door het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot circa 11 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn en in dat geval zou het berekende brandvermogen waarschijnlijk eveneens (iets) hoger geweest zijn.

Brandvermogen

In figuur 2.43 is te zien dat het brandvermogen gedurende de test boven de 2.500 kW uitkomt en na ruim 5 minuten na de start van de test piekt bij 2.564 kW.

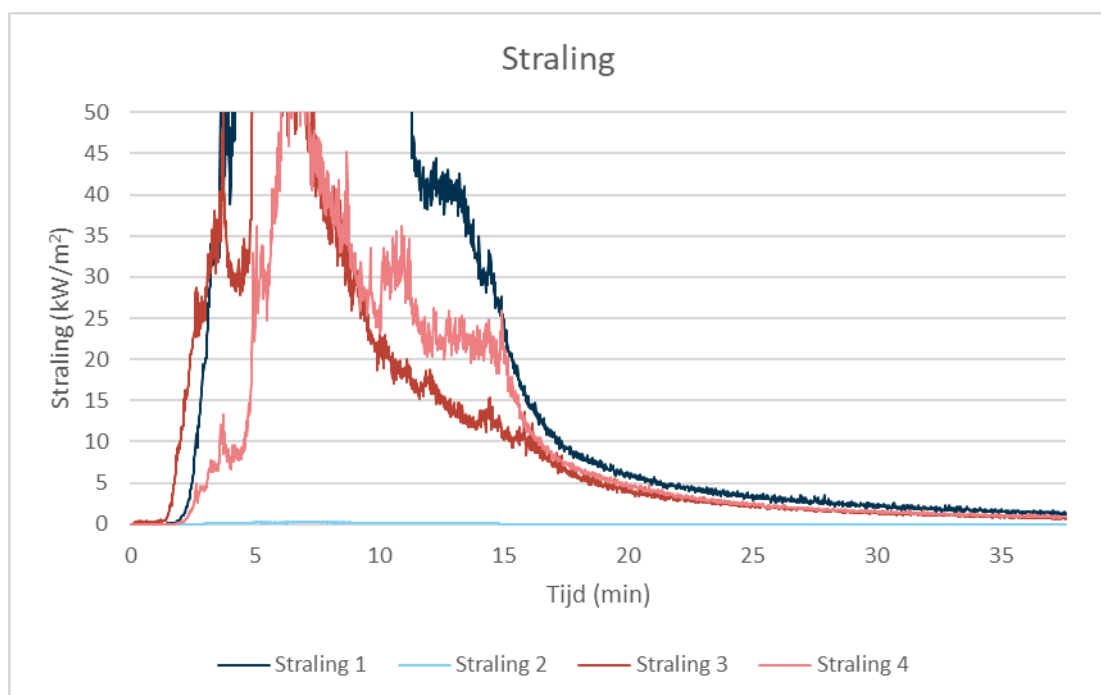
¹¹ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.



Figuur 2.43 Brandvermogen benzinescooter

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.44. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten door stralingsmeter 1 (linkerzijde) op 6 minuten na de start van de test. Ook stralingsmeters 3 (tegenovergelegen zijde) en 4 (achterzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.44 Gemeten straling test benzinescooter (stralingsmeter 2 defect)

2.9.2 Branduitbreiding

In figuur 2.44 is te zien dat op alle werkende stralingsmeters de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' (10 kW/m^2) wordt overschreden. Dit gebeurt voor het eerst na 2 minuten en 4 seconden op stralingsmeter 3.

Daarnaast zijn door alle werkende stralingsmeters overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m^2 ('branduitbreiding aannemelijk'). Tussen 2 minuten en 32 seconden en 3 minuten en 2 seconden is de eerste overschrijding van deze grenswaarde waargenomen op stralingsmeter 3. Ook zijn overschrijdingen van de grenswaarde van 45 kW/m^2 waargenomen op alle werkende stralingsmeters. Tussen 3 minuten en 36 seconden en 4 minuten en 6 seconden is de overschrijding voor het eerst waargenomen op stralingsmeter 1.

Stralingsmeter 2 (rechterzijde) was defect bij deze test. Op basis van videobeelden wordt met zekerheid verwacht dat branduitbreiding ook naar de rechterzijde aannemelijk was.

In tabel 2.28 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.28 Branduitbreiding testobject I

Test	Piek warmte-straling in kW/m^2	Branduitbreiding mogelijk (op basis van warmtestraling)	Branduitbreiding aannemelijk (op basis van warmtestraling)
Testobject I: Benzinescooter	> 50	Ja, in alle richtingen	Ja, in alle richtingen

2.10 Testobject J: Basismodel elektrische scooter

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject J: basismodel elektrische scooter.

2.10.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Na ongeveer 2 minuten brandt ook het zadel. Na 3,5 minuten branden de kappen onder het zadel. Circa 5 minuten na de ontsteking komt waarschijnlijk de eerste cel in thermal runaway. Daarna zijn er wat knallen te horen. Het is niet duidelijk wanneer precies de thermal runaway van de eerste cel plaatsvindt. Brandfenomenen zoals afblazen en wegschieten van cellen zijn slecht waarneembaar. Na ongeveer 6 minuten branden de treeplank en de stuurkolom. Het piek brandvermogen van 1.238 kW wordt bereikt na ruim 7 minuten na de start van de test. Na 7,5 minuten staat de volledige scooter in brand. De piek warmtestraling van $> 50 \text{ kW/m}^2$ wordt na 12 minuten bereikt. Na 14 minuten neemt de brand af en worden de vlammen wat kleiner. Vanaf 20 minuten zijn er nog kleine vlammen zichtbaar. Na 29 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De vrijgekomen energie tijdens deze test is 497 MJ . De totale hoeveelheid vrijgekomen CO tijdens deze test is $716,4 \text{ gram}$ en de CO-yield bedraagt $0,051 \text{ gram CO per gram}$ verbrande scooter.

Afbeeldingen van de het basismodel elektrische scooter voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.45, figuur 2.46 en figuur 2.47.



Figuur 2.45 Basismodel elektrische scooter voorafgaand aan de test



Figuur 2.46 Basismodel elektrische scooter gedurende de test bij piek brandvermogen (t = 7 minuten)



Figuur 2.47 Basismodel elektrische scooter na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.29 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.29 Overzicht gegevens test basismodel elektrische scooter

Elektrische fiets met kinderzitje	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,53 m ³ /sec
Piek brandvermogen	1.238 kW
Vrijgekomen energie	497 MJ
Verbrandingswarmte	35,3 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,051 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	716,4 g
Yield HF	X ¹²
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,147 g/g
Gemiddelde concentratie roet	276,2 mg/m ³
Massaverlies	14,07 kg

¹² Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

Bijzonderheden tijdens de test

Na circa 6 minuten komt een relatief klein gedeelte van de rook komt vrij buiten de afzuigkap door toedoen van het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot circa 11 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn en in dat geval zou het berekende brandvermogen waarschijnlijk eveneens (iets) hoger geweest zijn. Het signaal van de HF-metingen is weggefallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van scooter J onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.30 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.31 opgenomen.

Tabel 2.30 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test basismodel elektrische scooter

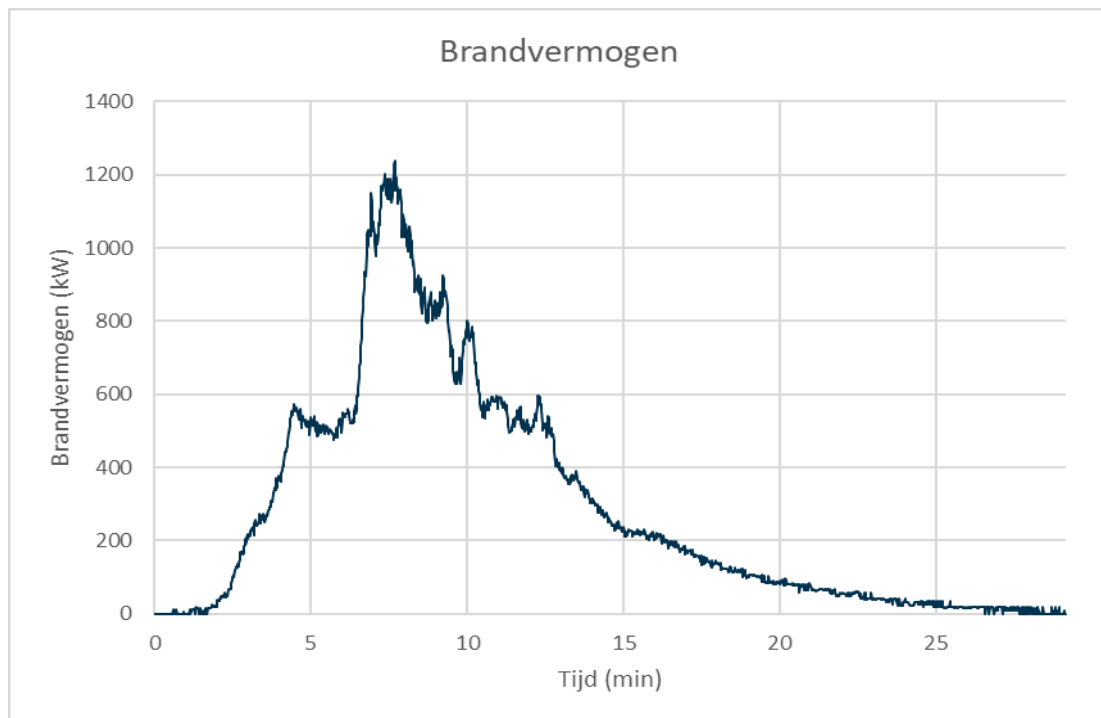
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject J: Basismodel elektrische scooter	Slecht waarneembaar	Slecht waarneembaar	Slecht waarneembaar

Tabel 2.31 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test basismodel elektrische scooter

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject J: Basismodel elektrische scooter	Slecht waarneembaar	Slecht waarneembaar	Slecht waarneembaar	Slecht waarneembaar

Brandvermogen

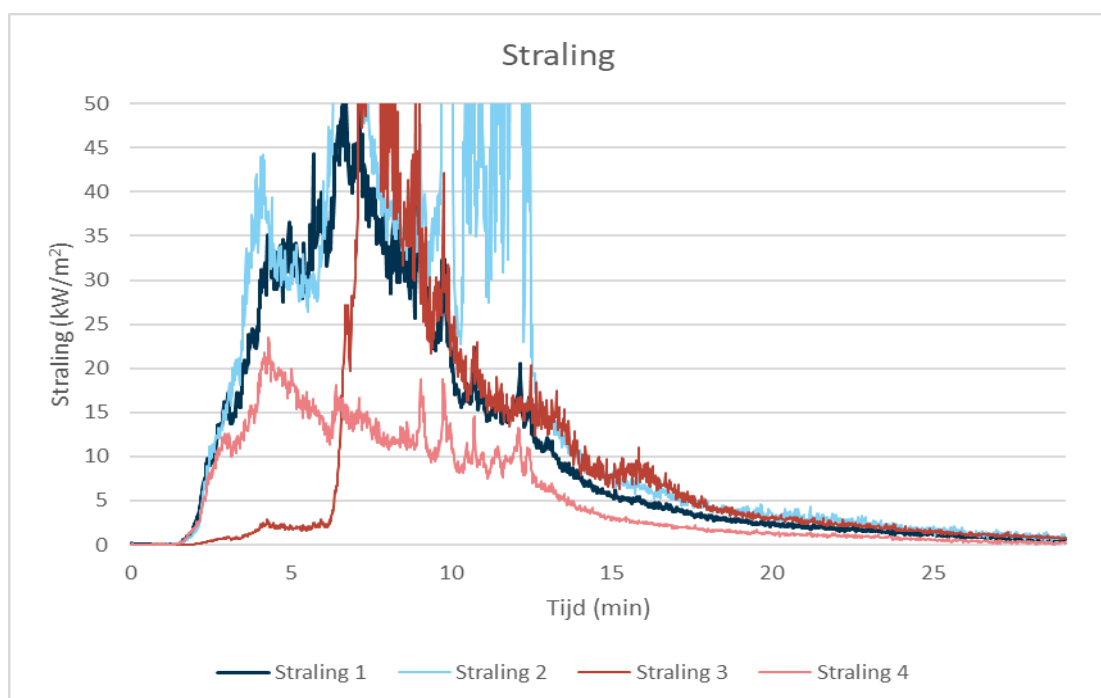
In figuur 2.48 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test de 1.200 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 1.238 kW, gemeten op 7 minuten na de start van de test.



Figuur 2.48 Brandvermogen basismodel elektrische scooter

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.49. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is na ruim 12 minuten gemeten door stralingsmeter 2 (rechterzijde). Ook stralingsmeters 1 (linkerzijde) en 3 (tegenovergelegen zijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.49 Gemeten straling test basismodel elektrische scooter

2.10.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

De grenswaarde van 10 kW/m² ('branduitbreiding mogelijk') wordt op alle stralingsmeters overschreden. Na 2 minuten en 38 seconden is op stralingsmeter 2 (rechterzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door stralingsmeters 1 (linkerzijde), 2 en 3 (tegenovergelegen zijde) overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m² ('branduitbreiding aannemelijk'). Tussen 3 minuten en 18 seconden en 3 minuten en 48 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 2. Op stralingsmeters 1, 2 en 3 zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten. Tussen 6 minuten en 5 seconden en 6 minuten en 35 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 2.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Het is niet waargenomen dat accucellen zijn weggeschoten.

In tabel 2.32 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.32 Branduitbreiding testobject J

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand-uitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject J: Basismodel elektrische scooter	> 50	Slecht waarneembaar	Ja, in alle richtingen	Ja, richting linkerzijde, rechterzijde en tegenovergelegen zijde

2.11 Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject K: mid-range model elektrische scooter zonder accessoires.

2.11.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Na ongeveer 3 minuten branden het zadel en de kap daaronder. Na 6 minuten is de brand uitgebreid naar het stuur en de treeplank. Circa 6,5 minuten na de ontsteking komt de eerste cel in thermal runaway. Na circa 8 minuten valt de scooter om naar de rechterkant van de lekbak. Hierbij blijven de stralingsmeters staan. Er lijkt direct vlamcontact plaats te vinden tussen de scooter en stralingsmeter 2. Het piek brandvermogen van 1.050 kW wordt na bijna 9 minuten bereikt. Na 10 minuten staat vrijwel de volledige scooter in brand. Na bijna 11 minuten bereikt de warmtestraling zijn piek van > 50 kW/m². Verschillende thermal runaways vinden plaats tot circa 16,5 minuten na de ontsteking. Hierna neemt de brand af en zijn vanaf 23 minuten kleinere vlammen te zien. Na 50 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO tijdens deze test bedraagt 1.236,4 gram.

Afbeeldingen van het mid-range model elektrische scooter zonder accessoires voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.50, figuur 2.51 en figuur 2.53.



Figuur 2.50 Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires voorafgaand aan de test



Figuur 2.51 Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires gedurende de test bij piek brandvermogen (t = 9 minuten)



Figuur 2.52 Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.33 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.33 Overzicht gegevens test mid-range model elektrische scooter zonder accessoires

Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,65 m ³ /sec
Piek brandvermogen	1.050 kW
Vrijgekomen energie	X ¹³
Verbrandingswarmte	X
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,038 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	1.236,4 g
Yield HF	X
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,125 g/g
Massaverlies	X

Bijzonderheden tijdens de test

Na 8 minuten en 9 seconden is er een plotselinge schommeling te zien in de massa-afname. Dit wordt veroorzaakt door het omvallen van de scooter tegen stralingsmeter 2 (de massa-afname neemt eerst toe en daarna af). Het omvallen van de scooter en stralingsmeter 2 zorgt voor onbetrouwbare metingen na 8 minuten en 9 seconden van stralingsmeter 2. Ook is de afstand van de overige stralingsmeters ten opzichte van de scooter hierdoor veranderd en daarmee afwijkend van het testprotocol.

¹³ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

Na 30 minuten en 16 seconden vindt er een onverklaarbare massa-afname plaats. Hierdoor zijn de massa-afname metingen vanaf dat moment onbetrouwbaar. Dit heeft tot gevolg dat de berekeningen waarbij gebruik is gemaakt van de massa-afname, zoals de verbrandingswarmte en yields, ook onbetrouwbaar zijn vanaf dat moment. De yields zijn daarom berekend over het tijdspad waarbij de meting van de massa-afname wel betrouwbaar is. Gezien het brandverloop en het brandvermogen zijn de berekende yields naar verwachting representatief voor de gehele test.

Na ongeveer 8 minuten komt een relatief klein gedeelte van de rook vrij buiten de afzuigkap door toedoen van het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot ongeveer 13 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn, en in dat geval zou het berekende brandvermogen waarschijnlijk eveneens (iets) hoger geweest zijn. Verder is het signaal van de HF-metingen weggevallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van scooter K onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Tot slot is te zien dat de zuurstofconcentratie aan het einde van de test (vanaf ongeveer 35 minuten) hoger is dan aan het begin van de test. Dit betekent, dat de zuurstofconcentraties aan het einde van de test minder betrouwbaar zijn. Hierdoor zijn berekeningen met zuurstofconcentraties, zoals het brandvermogen en de totale vrijgekomen energie, ook minder betrouwbaar.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.34 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.35 opgenomen.

Tabel 2.34 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test mid-range model elektrische scooter zonder accessoires

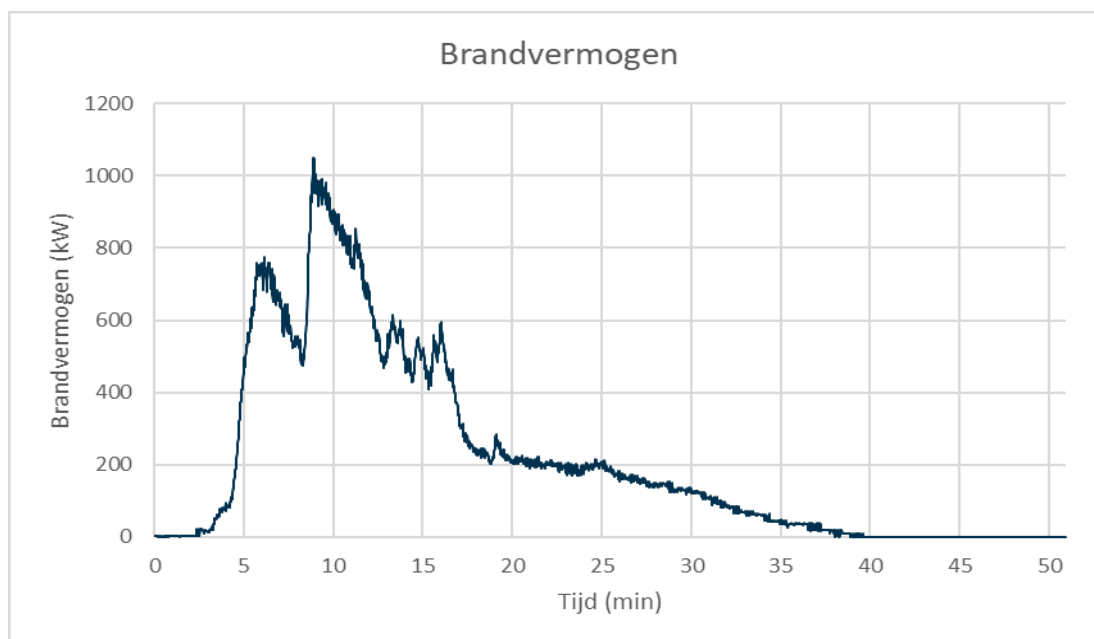
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	Na circa 13 minuten tot 14 minuten (twee keer wegschieten)	Circa 150 cm	Slecht waarneembaar

Tabel 2.35 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test mid-range model elektrische scooter zonder accessoires

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	Na circa 7 minuten tot circa 16,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 100 cm

Brandvermogen

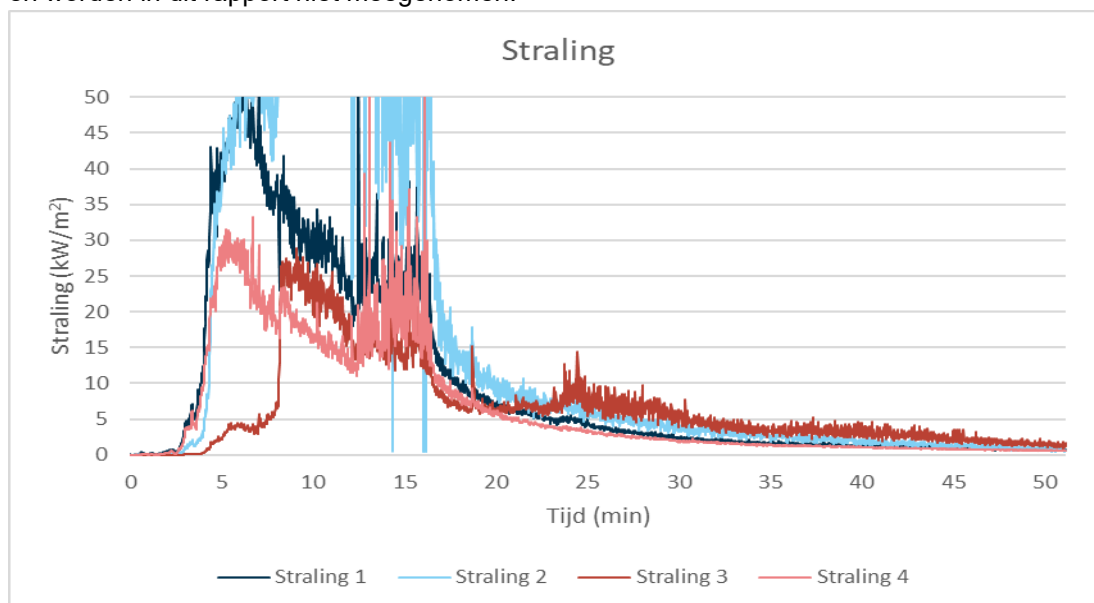
In figuur 2.53 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test de 1.000 kW bereikt. Het piek brandvermogen is gemeten na 9 minuten en ligt op 1.050 kW.



Figuur 2.53 Brandvermogen mid-range model elektrische scooter zonder accessoires (onbruikbare data na 35 minuten)

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.54. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten door stralingsmeter 2 (rechterzijde) na bijna 11 minuten na de start van de test. Ook stralingsmeters 1 (linkerzijde) en 4 (achterzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.54 Gemeten straling test mid-range model elektrische scooter zonder accessoires (onbruikbare data stralingsmeter 2 na 8 minuten en 9 seconden)

2.11.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

Op alle stralingsmeters zijn overschrijdingen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' van 10 kW/m² waargenomen. Na 3 minuten en 55 seconden is op stralingsmeter 1 (linkerzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door alle stralingsmeters overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' van 25 kW/m². Tussen 4 minuten en 1 seconde en 4 minuten en 31 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1. Op stralingsmeters 1 en 2 zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten. Tussen 5 minuten en 17 seconden en 5 minuten en 47 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er is een moment waargenomen waarop een accucel is weggeschoten, maar de nabrandduur was slecht waarneembaar.

In tabel 2.36 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.36 Branduitbreiding testobject K

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand-uitbreiding mogelijk	Brand-uitbreiding aannemelijk
Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	> 50	Slecht waarneembaar	Ja, in alle richtingen	Ja, in alle richtingen

2.12 Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject L: mid-range model elektrische scooter met windscherm.

2.12.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Na ongeveer 3 minuten brandt ook het zadel en vindt er uitbreiding plaats richting de kap onder het zadel en de treeplank. Ca 5,5 minuten na de ontsteking komt waarschijnlijk de eerste cel in thermal runaway. Na circa 6 minuten brandt het windscherm op de stuurkolom. Na 6,5 minuten valt de scooter om naar de linkerkant van de lekbak, tegen stralingsmeter 1 aan (die ook omvalt). Er lijkt direct vlamcontact plaats te vinden tussen de scooter en stralingsmeter 1. Het windscherm en de stuurkolom liggen hierbij buiten de lekbak. Na ruim 7 minuten piekt het brandvermogen op 1.531 kW. De piek warmtestraling van > 50 kW/m² wordt na ruim 9 minuten bereikt. Verschillende thermal runaways vinden plaats tot circa 16,5 minuten na de ontsteking. Hierna neemt de brand af en zijn vanaf 23 minuten kleinere vlammen te zien. Na 42 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. De totale vrijgekomen energie bedraagt 691 MJ. In totaal is 1.108,2 gram CO vrijgekomen tijdens deze test. Afbeeldingen van het mid-

range model elektrische scooter met windscherm voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.55, figuur 2.56 en figuur 2.57



Figuur 2.55 Mid-range model elektrische scooter met windscherm voorafgaand aan de test



Figuur 2.56 Mid-range model elektrische scooter met windscherm gedurende de test bij piek brandvermogen (t = 7 minuten)



Figuur 2.57 Mid-range model elektrische scooter met windscherm na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.37 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.37 Overzicht gegevens test mid-range model elektrische scooter met windscherm

Mid-range model elektrische scooter met windscherm	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,52 m ³ /sec
Piek brandvermogen	1.531 kW
Vrijgekomen energie	691 MJ
Verbrandingswarmte	23,7 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,038 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	1.108,2 g
Yield HF	X ¹⁴
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,123 g/g
Massaverlies	X

Bijzonderheden tijdens de test

Rondom 6 minuten en 37 seconden is er een plotselinge schommeling te zien in de massa-afname. Dit wordt veroorzaakt door het omvallen van de scooter en stralingsmeter 1 (de massa-afname neemt eerst toe en daarna af). Na het omvallen van de scooter ligt het wind-

¹⁴ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

scherm tezamen met een gedeelte van de stuurkolom buiten de lekbak. Hierdoor vallen onderdelen naast de lekbak en lekken oliën op de grond naast de weegopstelling. Het gevolg hiervan is, dat de metingen van de massa-afname rondom 6 minuten en 37 seconden minder betrouwbaar zijn. Dit heeft tot gevolg dat berekeningen waarbij gebruik is gemaakt van de massa-afname, zoals de verbrandingswarmte en yields, ook minder betrouwbaar zijn. Naar verwachting zijn de berekende yields representatief voor de gehele test.

Het omvallen van de scooter en stralingsmeter 1 zorgt ook voor onbetrouwbare metingen van stralingsmeter 1. Ook is de afstand van de overige stralingsmeters ten opzichte van de scooter hierdoor veranderd, en daarmee afwijkend van het testprotocol.

Na ongeveer 6,5 minuten komt een relatief klein gedeelte van de rook vrij buiten de afzuigkap door toedoen van het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot ongeveer 13 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn en in dat geval zou ook het berekende brandvermogen waarschijnlijk (iets) hoger geweest zijn.

Tot slot is het signaal van de HF-metingen weggefallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van scooter K onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.38 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.39 opgenomen.

Tabel 2.38 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test mid-range model elektrische scooter met windscherm

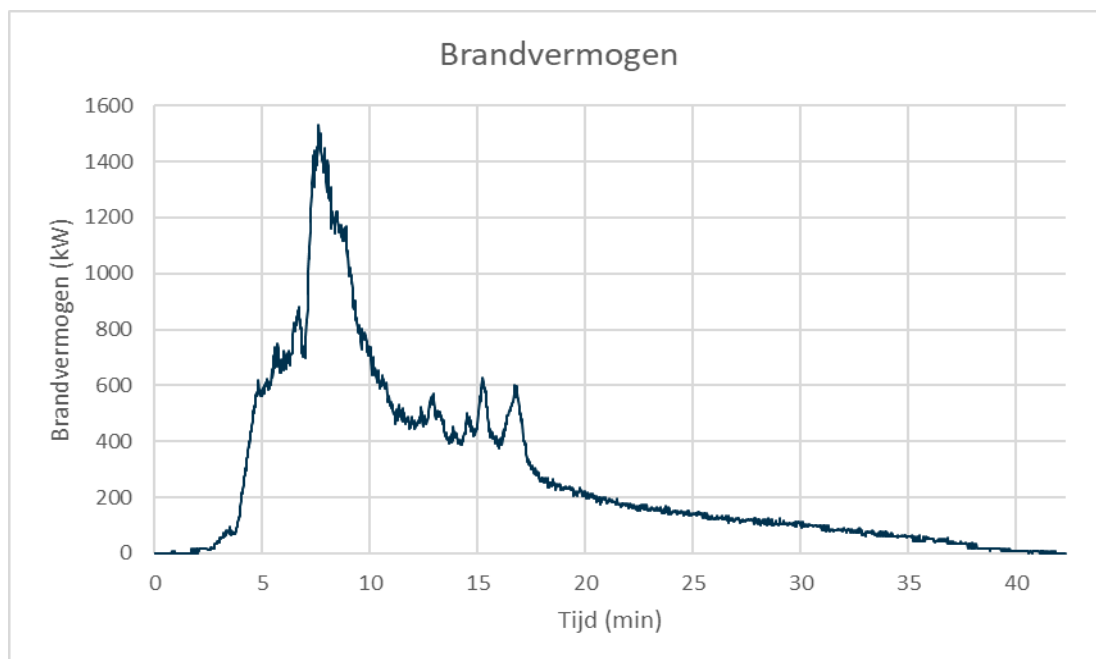
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm	Na circa 9,5 minuten	Circa 150 cm	Langer dan 10 seconden
	Na circa 10,5 minuten	Circa 150 cm	Langer dan 10 seconden
	Na circa 12,5 minuten	Circa 150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden

Tabel 2.39 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test mid-range model elektrische scooter met windscherm

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm	ca, 9 minuten tot circa 16,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 200 cm

Brandvermogen

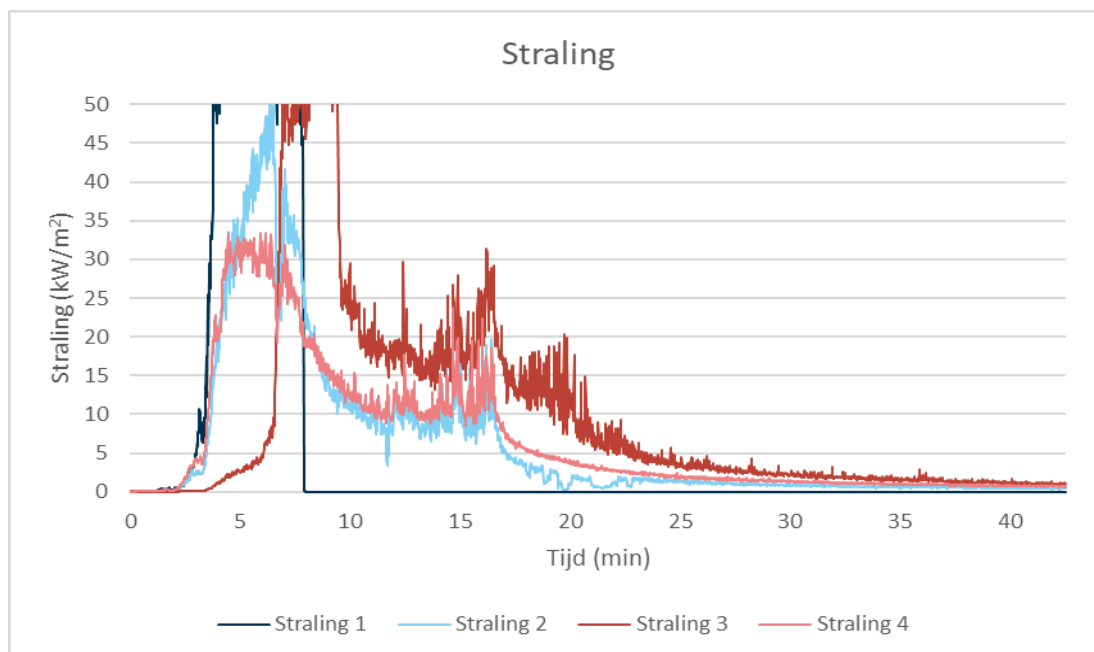
In figuur 2.58 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test de 1.500 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 1.531 kW en is bereikt na ruim 7 minuten na de start van de test.



Figuur 2.58 Brandvermogen mid-range model elektrische scooter met windscherm

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.59. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is na ruim 9 minuten gemeten door stralingsmeter 3 (tegenovergelegen zijde). Ook stralingsmeters 1 (linkerzijde) en 2 (rechterzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.59 Gemeten straling test mid-range model elektrische scooter met windscherm (onbruikbare data stralingsmeter 1 vanaf 6 minuten 37 seconden)

2.12.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

Zoals te zien is in figuur 2.59, zijn op alle stralingsmeters overschrijdingen van de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' van 10 kW/m² waargenomen. Na 3 minuten en 11 seconden is op stralingsmeter 1 (linkerzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door alle stralingsmeters overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m², 'branduitbreiding aannemelijk'. Tussen 3 minuten en 23 seconden en 3 minuten en 53 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1. Op stralingsmeters 1, 2 (rechterzijde) en 3 (tegenovergelegen zijde) zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten. Tussen 3 minuten en 41 seconden en 4 minuten en 11 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er zijn drie momenten waargenomen waarop een accu is weggeschoten: eenmaal was de nabrandduur langer dan 2 seconden en tweemaal was de nabrandduur meer dan 10 seconden.

In tabel 2.40 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.40 Branduitbreiding testobject L

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand-uitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm	> 50	> 10 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, in alle richtingen

2.13 Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject M: mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer.

2.13.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Circa 3 minuten na de ontsteking begint de topkoffer te branden en een minuut later volgt het zadel. Na circa 5,5 minuten branden de treeplank en het windscherm op de stuurkolom. Na circa 6 minuten komt waarschijnlijk de eerste cel in thermal runaway. Na ongeveer 8 minuten staat de volledige scooter in brand en worden het piek brandvermogen en de piek warmtestraling bereikt van respectievelijk 1.777 kW en $> 50 \text{ kW/m}^2$. Verschillende thermal runaways vinden plaats tot circa 18,5 minuten; de meeste daarvan treden op na circa 12 minuten. Na 18,5 minuten neemt de brand af; vanaf 21 minuten zijn kleinere vlammen te zien. Na 33 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. Tijdens deze test is in totaal 598 MJ vrijgekomen aan energie. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 992,8 gram en de CO-yield bedraagt 0,031 gram CO per gram verbrande scooter. Afbeeldingen van het mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.60, figuur 2.61 en figuur 2.62.



Figuur 2.60 Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer voorafgaand aan de test



Figuur 2.61 Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 8$ minuten)



Figuur 2.62 Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.41 is een overzicht met gegevens van de test met een mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer opgenomen.

Tabel 2.41 Overzicht gegevens test mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,34 m ³ /sec
Piek brandvermogen	1.777 kW
Vrijgekomen energie	598 MJ
Verbrandingswarmte	18,6 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,031 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	992,8 g
Yield HF	X ¹⁵
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,124 g/g
Massaverlies	32,10 kg

Bijzonderheden tijdens de test

Na ongeveer 6,5 minuten komt een relatief klein gedeelte van de rook vrij buiten de afzuigkap door toedoen van het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot ongeveer 17 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn, en in dat geval zou het berekende brandvermogen waarschijnlijk ook (iets) hoger geweest zijn. Tot slot is het signaal van de HF-metingen weggefallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van scooter M onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.42 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.43 opgenomen.

¹⁵ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

Tabel 2.42 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

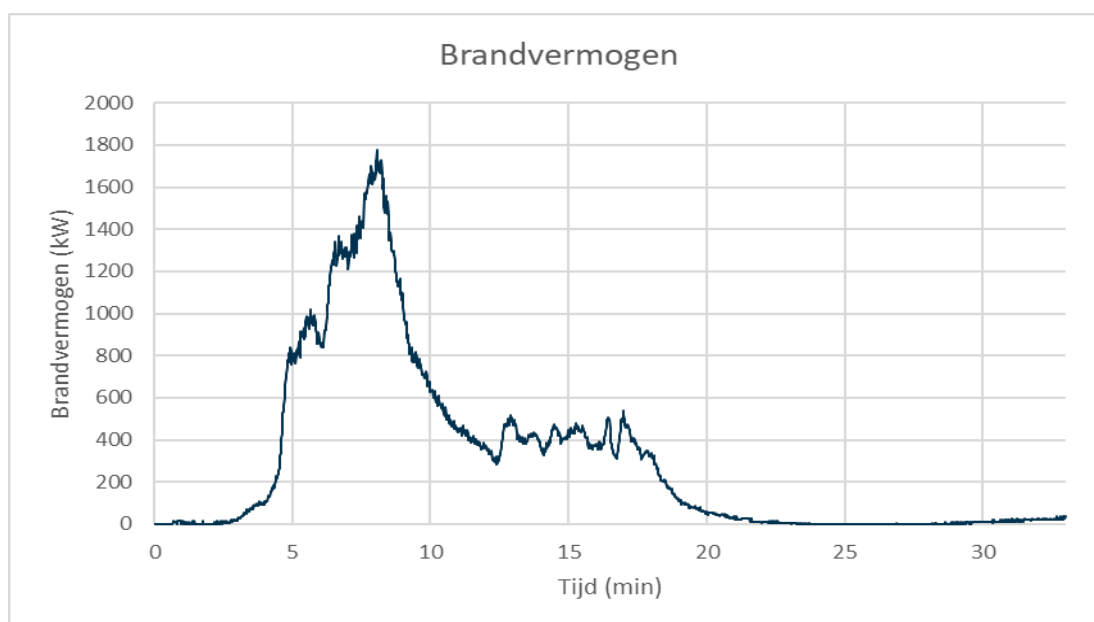
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Na circa 13 tot 14 minuten (meerdere keren wegschieten)	Circa 30 cm tot 150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden

Tabel 2.43 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Na circa 12 minuten tot circa 18,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 200 cm

Brandvermogen

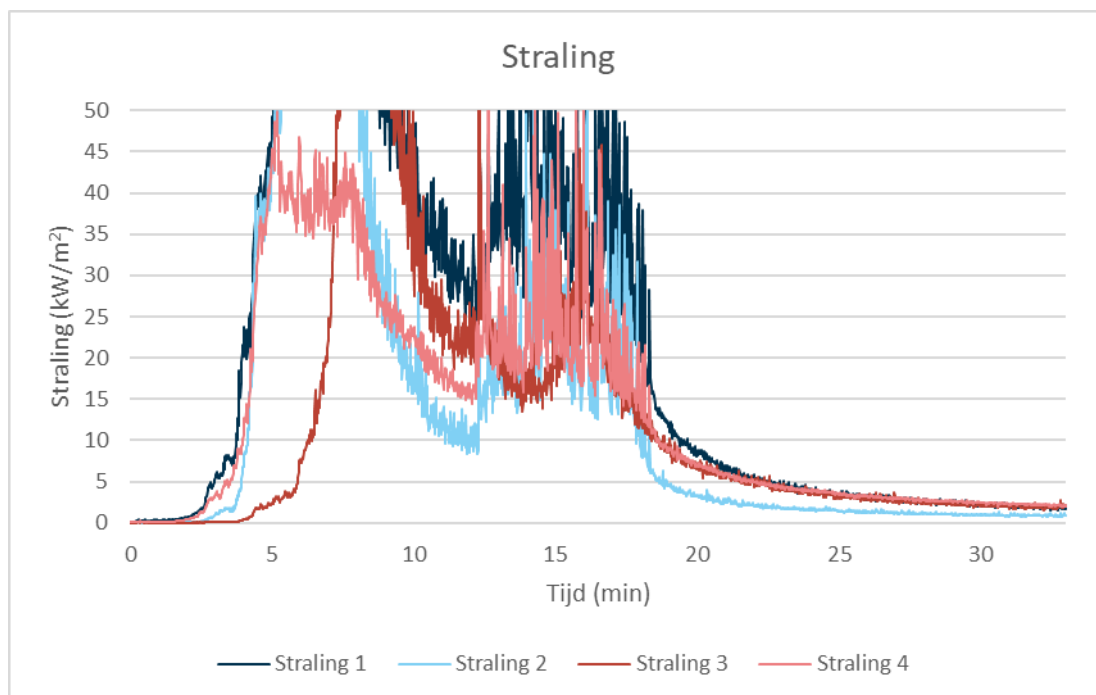
In figuur 2.63 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test ruim de 1.500 kW bereikt. Het piek brandvermogen ligt op 1.777 kW, gemeten na 8 minuten na de start van de test.



Figuur 2.63 Brandvermogen mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.64. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten door stralingsmeter 3 (tegenovergelegen zijde) na 8 minuten na de start van de test. Ook de andere stralingsmeters hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.64 Gemeten straling test mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

2.13.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

De grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' (10 kW/m^2) wordt op alle stralingsmeters overschreden. Dit is ook te zien in figuur 2.64. Na 3 minuten en 47 seconden is op stralingsmeter 1 (linkerzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door alle stralingsmeters overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m^2 , 'branduitbreiding aannemelijk'. Tussen 3 minuten en 59 seconden en 4 minuten en 29 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1. Op stralingsmeters 1, 2 (rechterzijde) en 3 (tegenovergelegen zijde) zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m^2 gemeten. Tussen 4 minuten en 43 seconden en 5 minuten en 13 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er zijn in 1 minuut meerdere wegschietende accucellen waargenomen waarbij de nabrandduur langer dan 2 seconden was, maar korter dan 10 seconden.

In tabel 2.44 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.44 Branduitbreiding testobject M

Test	Piek warmtestraling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Branduitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	> 50	> 2 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, in alle richtingen

2.14 Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject N: high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer.

2.14.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Na ongeveer 3 minuten brandt de topkoffer en breidt de brand zich uit richting het zadel. Circa 5,5 minuten na de ontsteking brandt het windscherm op de stuurkolom en een halve minuut later volgt de treeplank. Na 6,5 minuten komt de eerste cel in thermal runaway. Na ongeveer 8 minuten staat de volledige scooter in brand. Na ruim 9 minuten wordt de piek warmtestraling van > 50 kW/m² bereikt. Een kleine minuut later bereikt ook het brandvermogen zijn piek van 2.974 kW. Er vinden verschillende thermal runaways plaats tot circa 11 minuten. Hierbij valt op dat er na circa 6,5 minuten, 9 minuten en 10,5 minuten veel cellen tegelijk in thermal runaway gaan. Vanaf 11 minuten neemt de brand af; vanaf 18 minuten zijn kleinere vlammen te zien. Na 50 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. In totaal is 914 MJ vrijgekomen aan energie tijdens deze test. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 1.139,2 gram en de CO-yield bedraagt 0,027 gram CO per gram verbrande scooter.

Afbeeldingen van het high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.65, figuur 2.66 en figuur 2.67.



Figuur 2.65 High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer voorafgaand aan de test



Figuur 2.66 High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer gedurende de test bij piek brandvermogen ($t = 10$ minuten)



Figuur 2.67 High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.45 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.45 Overzicht gegevens test high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,41 m ³ /sec
Piek brandvermogen	2.974 kW
Vrijgekomen energie	914 MJ
Verbrandingswarmte	21,3 MJ/kg
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	0,027 g/g
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	1.139,2 g
Yield HF	X ¹⁶
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	0,110 g/g
Massaverlies	42,92 kg

Bijzonderheden tijdens de test

In afwijking van het testprotocol is stralingsmeter 4 gepositioneerd op een afstand van 42 cm vanaf de achterband van de scooter. Hier is voor gekozen omdat de stralingsmeter anders niet goed geplaatst kon worden binnen de kooi waar de scooter in staat. Na ongeveer 5

¹⁶ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

minuten komt een significante hoeveelheid van de rook vrij buiten de afzuigkap door toedoen van het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot ongeveer 13 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn, en in dat geval zou ook het berekende brandvermogen waarschijnlijk (iets) hoger geweest zijn. Tot slot is het signaal van de HF-metingen weggevallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van scooter N onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.46 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.47 opgenomen.

Tabel 2.46 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

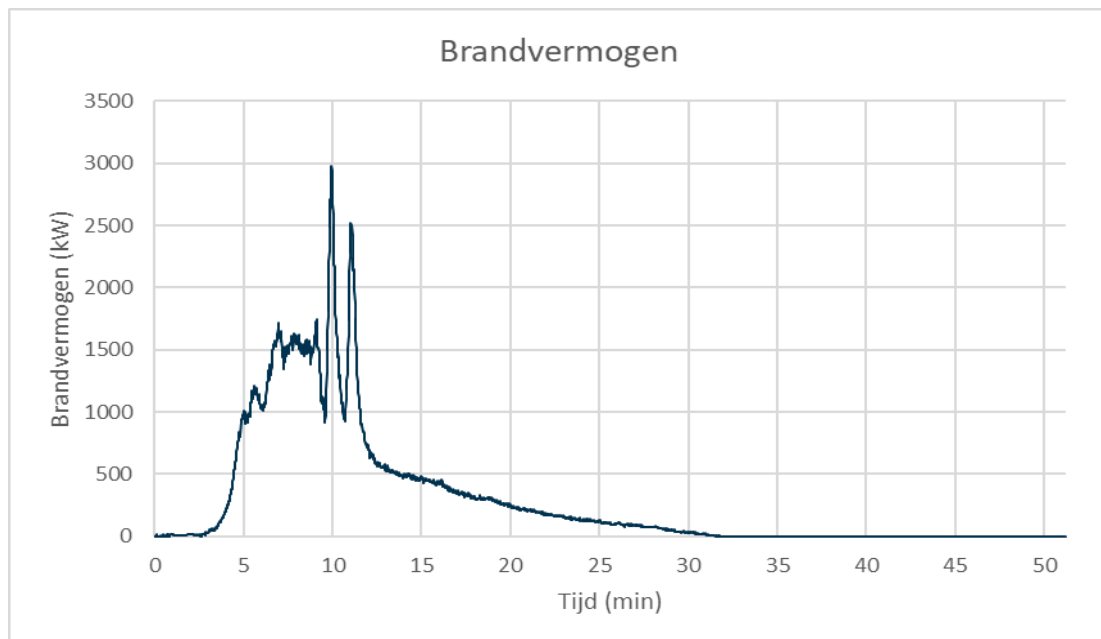
Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Na circa 10 minuten	150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden
	Na circa 10,5 minuten	150 cm	Langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden

Tabel 2.47 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Na circa 6,5 minuten tot circa 11 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden tot meer dan 10 seconden	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen. Horizontale vlammen worden ook waargenomen	Tot circa 200 cm

Brandvermogen

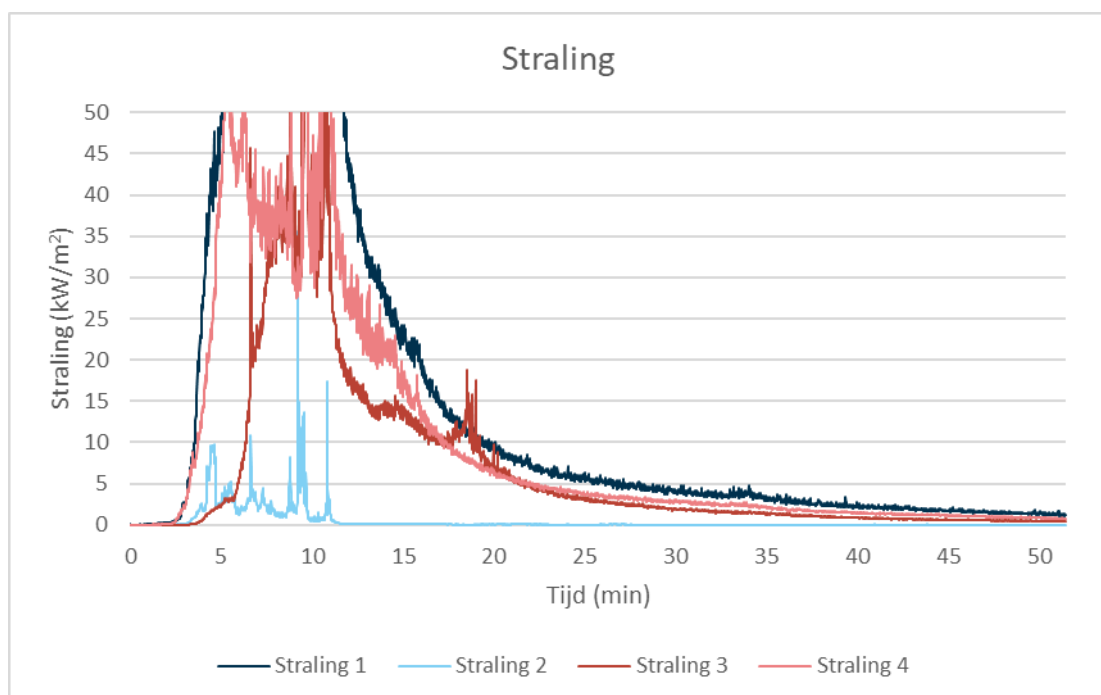
In figuur 2.68 is te zien dat het brandvermogen tijdens deze test bijna de 3.000 kW bereikt. Het piek brandvermogen is gemeten op 10 minuten na de start van de test en ligt op 2.974 kW.



Figuur 2.68 Brandvermogen high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.69. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten na ruim 9 minuten door stralingsmeter 1 (linkerzijde). Ook stralingsmeters 3 (tegenovergelegen zijde) en 4 (achterzijde) hebben waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.69 Gemeten straling test high-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

2.14.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

Zoals in figuur 2.69 is te zien, worden op alle stralingsmeters de grenswaarde van 10 kW/m² ('branduitbreiding mogelijk') waargenomen. Na 3 minuten en 36 seconden is op stralingsmeter 1 (linkerzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door stralingsmeters 1, 3 (tegenovergelegen zijde) en 4 (achterzijde) overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m² ('branduitbreiding aannemelijk'). Tussen 3 minuten en 44 seconden en 4 minuten en 14 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1. Op stralingsmeters 1 en 4 zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten. Tussen 4 minuten en 37 seconden en 5 minuten en 7 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 1. Bij stralingsmeter 3 is wel een straling hoger dan 45 kW/m² gemeten, maar niet gedurende 10 seconden of meer, zodat de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' niet is overschreden.

Bij stralingsmeter 2 (rechterzijde) zijn de grenswaarden voor 'branduitbreiding aannemelijk' niet overschreden. Op basis van de beelden kan geconcludeerd worden dat ook branduitbreiding naar een eventuele scooter aan de rechterzijde te verwachten is. Er is geen sluitende verklaring voor de gemeten warmtestraling lager is dan je op basis van beelden van de brand zou verwachten.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er zijn 2 momenten waargenomen waarop accucellen zijn weggeschoten. Hierbij was de nabrandduur langer dan 2 seconden, maar korter dan 10 seconden.

In tabel 2.48 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.48 Branduitbreiding testobject N

Test	Piek warmtestraling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Branduitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	> 50	> 2 seconden	Ja, in alle richtingen	Ja, in alle richtingen

2.15 Testobject O: E-chopper elektrische scooter

In deze paragraaf worden de resultaten weergegeven van testobject O: E-chopper elektrische scooter.

2.15.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord, zadel en de achterband van de scooter. Na ongeveer 2 minuten brandt de treeplank. Na ruim 3 minuten breidt de brand zich uit via het frame naar de voorzijde van de scooter. Ruim 4 minuten na de start van de test wordt de piek warmtestraling van > 50 kW/m² bereikt. Na 5 minuten heeft de brand het stuur bereikt. Na ongeveer 10 minuten staat de volledige scooter in brand. Circa 13 minuten na de ontsteking komt de eerste cel in thermal runaway. Door het

afblazen van cellen zorgt dit voor een gasvlam. Deze gasvlam is vanaf circa 14,5 minuten tot circa 17 minuten vrijwel de hele tijd aanwezig door het constante afblazen van de cellen. Alle thermal runaways vinden plaats tot circa 18 minuten. Hierna neemt de brand af en zijn kleinere vlammen te zien. Na 64 minuten zijn er vrijwel geen vlammen meer zichtbaar en is de test gestopt. In totaal is 998,4 gram aan CO vrijgekomen tijdens deze test.

Afbeeldingen van de e-chopper elektrische scooter voorafgaand aan, gedurende en na de test zijn opgenomen in figuur 2.70, figuur 2.71 en figuur 2.72.



Figuur 2.70 E-chopper elektrische scooter voorafgaand aan de test



Figuur 2.71 E-chopper elektrische scooter gedurende de test bij piek warmtestraling (t = 4 minuten)



Figuur 2.72 E-chopper elektrische scooter na de test

Gegevens van de test

In tabel 2.49 is een overzicht met gegevens van de test opgenomen.

Tabel 2.49 Overzicht gegevens test e-chopper elektrische scooter

E-chopper elektrische scooter	Waarden
Debiet afvoerventilator	Gemiddeld 3,66 m ³ /sec
Piek brandvermogen	X ¹⁷
Vrijgekomen energie	X
Verbrandingswarmte	X
Piek warmtestraling	> 50 kW/m ²
Yield CO	X
Totale hoeveelheid vrijgekomen CO	998,4 g
Yield HF	X
Totale hoeveelheid vrijgekomen HF	X
Yield roet	X
Massaverlies	X

¹⁷ Een 'X' in de tabel betekent dat de data volgens het brandlab onvoldoende betrouwbaar / bruikbaar is.

Bijzonderheden tijdens de test

In afwijking van het testprotocol was stralingsmeter 4 gepositioneerd op een afstand van 57 cm vanaf de achterzijde van het zadel van de scooter. Hier is voor gekozen omdat de stralingsmeter anders niet goed geplaatst kon worden binnen de kooi waar de scooter in staat.

Uit de resultaten blijkt dat stralingsmeter 2 geen signaal heeft gegeven. Deze stralingsmeter was waarschijnlijk defect tijdens de test.

Tussen 0 seconden en 15 minuten en 9 seconden vinden er onverklaarbare schommelingen van de massa-afname plaats (deze neemt eerst af en daarna toe); op de videobeelden zijn echter geen omvallende objecten waar te nemen). Daarom zijn de metingen van de massa-afname onbetrouwbaar. Dit heeft tot gevolg dat berekeningen waarbij is gebruikgemaakt van de massa-afname, zoals de verbrandingswarmte, yields en roet, ook onbetrouwbaar zijn.

Na ongeveer 16,5 minuten komt een verwaarloosbaar klein gedeelte van de rook vrij buiten de afzuigkap door toedoen van het bereiken van het maximale rookvolume in combinatie met de afzuigcapaciteit (verzadiging). Dit duurt tot ongeveer 18 minuten en heeft geen directe gevolgen voor de bruikbaarheid van de metingen, omdat er geen sprake is van ontbrekende data. Bij een passende afzuigcapaciteit zou het gemeten debiet (iets) hoger geweest zijn, en in dat geval zou het berekende brandvermogen waarschijnlijk ook (iets) hoger geweest zijn.

Verder is het signaal van de HF-metingen weggefallen tijdens de test. Dit is veroorzaakt door de hoge temperaturen in het afzuigkanaal. Het gevolg is dat de HF-metingen van scooter O onbetrouwbaar en onbruikbaar zijn.

Tot slot is te zien dat de zuurstofconcentratie aan het einde van de test hoger is dan aan het begin. Dit betekent, dat de zuurstofconcentraties aan het einde van de test minder betrouwbaar zijn. Hierdoor zijn berekeningen waarbij gebruik is gemaakt van zuurstofconcentraties, zoals het brandvermogen en de totale vrijgekomen energie, ook minder betrouwbaar.

Bijzondere brandfenomenen

In tabel 2.50 zijn de waarnemingen van wegschietende accucellen opgenomen. De waarnemingen van het afblazen van accucellen zijn in tabel 2.51 opgenomen.

Tabel 2.50 Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen) test e-chopper elektrische scooter

Bijzondere brandfenomenen (wegschieten accucellen)			
Test	Tijdstip	Afstand	Tijdsduur nabranden
Testobject O: E-chopper elektrische scooter	Niet waargenomen	Niet waargenomen	Niet waargenomen

Tabel 2.51 Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen) test e-chopper elektrische scooter

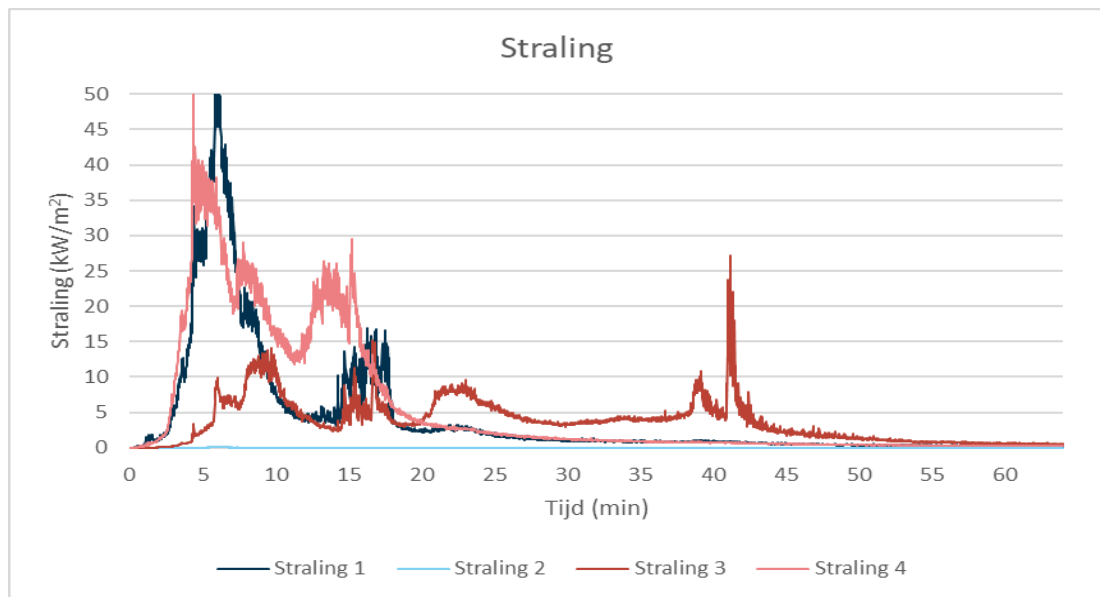
Bijzondere brandfenomenen (afblazen accucellen)				
Test	Tijdstip	Tijdsduur per cel	Richting vlam	Lengte vlam
Testobject O: E-chopper elektrische scooter	Vanaf circa 13 minuten tot circa 14,5 minuten (meerdere keren afblazen)	Enkele seconden	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Circa 50 cm tot circa 100 cm
	Vanaf circa 14,5 minuten tot circa 17 minuten (cellen achter elkaar)	2,5 minuten lang (verschillende cellen achter elkaar)	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 200 cm
	Vanaf circa 17 minuten tot circa 18 minuten	Enkele seconden	Voornamelijk verticale en schuine vlammen in verschillende richtingen	Tot circa 200 cm

Brandvermogen

Vanwege de onzekerheid in de data van het brandvermogen is de bijbehorende grafiek niet opgenomen.

Straling

De gemeten straling is weergegeven in figuur 2.73. De hoogst gemeten waarde tijdens de test is $> 50 \text{ kW/m}^2$; deze is gemeten door stralingsmeter 4 (achterzijde) na ruim 4 minuten na de start van de test. Ook stralingsmeter 1 (linkerzijde) heeft waarden $> 50 \text{ kW/m}^2$ gemeten. Het meetbereik van de stralingsmeters is $0 - 50 \text{ kW/m}^2$; tussen deze waarden zijn de metingen nauwkeurig. Bij hogere meetwaarden heeft de straling in ieder geval 50 kW/m^2 bereikt. Alle meetwaarden daarboven zijn niet nauwkeurig en worden in dit rapport niet meegenomen.



Figuur 2.73 Gemeten straling test e-chopper elektrische scooter (stralingsmeter 2 defect)

2.15.2 Branduitbreiding

Warmtestraling

In figuur 2.73 is te zien dat op alle werkende stralingsmeters de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' (10 kW/m²) wordt overschreden. Na 3 minuten en 9 seconden is op stralingsmeter 4 (achterzijde) de eerste overschrijding waargenomen.

Daarnaast zijn door stralingsmeters 1 (linkerzijde) en 4 overschrijdingen waargenomen van de grenswaarde van 25 kW/m² ('branduitbreiding aannemelijk'). Tussen 3 minuten en 44 seconden en 4 minuten en 14 seconden is de eerste overschrijding waargenomen op stralingsmeter 4. Op stralingsmeter 1 zijn ook waarden van meer dan 45 kW/m² gemeten. Tussen 5 minuten en 40 seconden en 6 minuten en 10 seconden is de eerste overschrijding waargenomen.

Nabrandduur weggeschoten accucellen

Er zijn geen momenten waargenomen waarop accucellen zijn weggeschoten. In tabel 2.52 is het resultaat van de analyse ten aanzien van branduitbreiding weergegeven.

Tabel 2.52 Branduitbreiding testobject O

Test	Piek warmte-straling in kW/m ²	Nabrandduur weggeschoten accucellen	Brand-uitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Testobject O: E-chopper elektrische scooter	> 50	Niet waargenomen	Ja, in alle richtingen	Ja, richting linkerzijde en achterzijde

2.16 Overzicht testen

In deze paragraaf worden overzichten opgenomen van gegevens van alle testen met (elektrische) fietsen en (elektrische) scooters. Ook worden verwachtingen ten aanzien van de branduitbreiding in overzichten weergegeven.

2.16.1 Fietsen

In tabel 2.53 in een overzicht opgenomen van alle testen met (elektrische) fietsen en de gemeten waarden van het piek brandvermogen, de vrijgekomen energie, de yields CO en HF en de totale vrijgekomen hoeveelheid CO en HF. Waar een 'X' staat vermeld in de tabel, geldt dat de waarde niet is opgenomen, omdat door het brandlab is aangegeven dat deze onvoldoende betrouwbaar of onbruikbaar is.

Tabel 2.53 Overzicht gegevens testen fietsen en elektrische fietsen

Testobject	Piek brand- vermogen in kW	Vrijgeko- men ener- gie in MJ	Yield CO in g/g	Yield HF in g/g	Totale hoeveel- heid vrijgeko- men CO in g	Totale hoeveel- heid vrijge- komen HF in g
A: Niet- elektrische fiets zonder accessoires	60	X	0,032	0,000	35	0,1
B: Niet- elektrische fiets met dubbele fietstas	X	X	0,04	0,000	97	0,1
C: Niet- elektrische fiets met kinderzitje	290	173	0,023	0,000	108	0,1
D: Elektrische fiets zonder accessoires	251	131	0,032	0,002	175	6,5
E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	599	188	0,023	X	269	X
F: Elektrische fiets met kinderzitje	807	212	0,021	X	254	X
G: Elektrische fiets met accu in het frame	566	73	0,033	X	112	X
H: Elektrische fiets met twee accu's	272	27	0,034	X	73	X

In tabel 2.54 is de kans op branduitbreiding weergegeven voor alle testen met (elektrische) fietsen. Er is aangegeven of branduitbreiding mogelijk of aannemelijk is, waardoor en vanaf welk moment. Bij 'branduitbreiding aannemelijk' is ook weergegeven in welke richting de branduitbreiding te verwachten is. De richting is enkel bepaald op basis van de gemeten warmtestraling. Het wegschieten van accucellen kan in de praktijk echter in alle richtingen gebeuren.

Tabel 2.54 Kans op branduitbreiding testen fietsen en elektrische fietsen

Testobject	Branduitbreiding mogelijk		Branduitbreiding aannemelijk		
	Ja / Nee	Grenswaarde	Ja / Nee	Grenswaarde	Richting brand-uitbreiding ¹⁸
A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires	Ja	Warmtestraling (6:53 min.)	Nee		
B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas	Ja	Warmtestraling (21:26 min.)	Nee		
C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje	Ja	Warmtestraling (6:33 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (6:44 min.) > 45 kW/m ² (7:09 min.)	Linkerzijde Bovenzijde
D: Elektrische fiets zonder accessoires	Ja	Warmtestraling (0:50 min.) Nabrandduur cellen (7:00 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (9:04 min.) Nabrandduur cellen (14:00 min.)	Bovenzijde
E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	Ja	Warmtestraling (0:50 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (4:04 min.) > 45 kW/m ² (4:30 min.)	Linkerzijde Rechterzijde Voorzijde Bovenzijde
F: Elektrische fiets met kinderzitje	Ja	Warmtestraling (2:30 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (2:37 min.) > 45 kW/m ² (7:53 min.) Nabrandduur cellen (9:00 min.)	Linkerzijde Rechterzijde Bovenzijde
G: Elektrische fiets met accu in het frame	Ja	Warmtestraling (97:38 min., 11:08 min. na ontsteking met gasbrander) Nabrandduur cellen (98:00 min. , 11:30 min. na ontsteking met gasbrander)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (97:25 min., 10:55 min. na ontsteking met gasbrander)	Linkerzijde
H: Elektrische fiets met twee accu's	Ja	Warmtestraling (38:45 min., 3:35 min. na ontsteking met gasbrander) Nabrandduur cellen (42:10 min. 7:00 min. na ontsteking met gasbrander)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (41:09 min., 5:59 min. na ontsteking met gasbrander))	Rechterzijde

¹⁸ Op basis van warmtestraling.

2.16.2 Scooters

In tabel 2.55 in een overzicht opgenomen van alle testen met (elektrische) scooters en de gemeten waarden van het piek brandvermogen, de vrijgekomen energie, de yields CO en HF en de totale vrijgekomen hoeveelheid CO en HF. Waar een 'X' staat vermeld in de tabel, geldt dat de waarde niet is opgenomen, omdat door het brandlab is aangegeven dat deze onvoldoende betrouwbaar of onbruikbaar is.

Tabel 2.55 Overzicht gegevens testen benzinescooter en elektrische scooters

Testobject	Piek brand-vermogen in kW	Vrij-gekomen energie in MJ	Yield CO in g/g	Yield HF in g/g	Totale hoeveelheid vrijgekomen CO in g	Totale hoeveelheid vrijgekomen HF in g
I: Benzine scooter	2.564	939	X	X	X	X
J: Basismodel elektrische scooter	1.238	497	0,051	X	716	X
K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	1.050	X	0,038	X	1.236	X
L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm	1.531	691	0,038	X	1.108	X
M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	1.777	598	0,031	X	993	X
N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	2.974	914	0,027	X	1.139	X
O: E-chopper elektrische scooter	X	X	X	X	998	X

In tabel 2.56 op de volgende pagina is de kans op branduitbreiding weergegeven voor alle testen met (elektrische) scooters. Er is aangegeven of branduitbreiding mogelijk of aannemelijk is, waardoor en vanaf welk moment. Bij 'branduitbreiding aannemelijk' is ook weergegeven in welke richting de branduitbreiding te verwachten is. De richting is enkel bepaald op basis van de gemeten warmtestraling. Het wegschieten van accucellen kan echter in de praktijk in alle richtingen gebeuren.

Tabel 2.56 Kans op branduitbreiding testen benzinescooter en elektrische scooters

Testobject	Ja/ Nee	Branduitbreiding mogelijk		Branduitbreiding aannemelijk	
		Grenswaarde	Ja/ Nee	Grenswaarde	Richting branduitbreiding ¹⁹
I: Benzinescooter	Ja	Warmtestraling (2:04 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (2:32 min.) > 45 kW/m ² (3:36 min.)	Linkerzijde Voorzijde Achterzijde
J: Basismodel elektrische scooter	Ja	Warmtestraling (2:38 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (3:18 min.) > 45 kW/m ² (6:05 min.)	Linkerzijde Rechterzijde Voorzijde
K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	Ja	Warmtestraling (3:55 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (4:01 min.) > 45 kW/m ² (5:17 min.)	Linkerzijde Rechterzijde Voorzijde Achterzijde
L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm	Ja	Warmtestraling (3:11 min.) Nabrandduur cellen (13:00 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (3:23 min.) > 45 kW/m ² (3:41 min.) Nabrandduur cellen (10:00 min.)	Linkerzijde Rechterzijde Voorzijde
M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Ja	Warmtestraling (3:47 min.) Nabrandduur cellen (13:00 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (3:59 min.) > 45 kW/m ² (4:43 min.)	Linkerzijde Rechterzijde Voorzijde
N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer	Ja	Warmtestraling (3:36 min.) Nabrandduur cellen (10:00 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (3:44 min.) > 45 kW/m ² (4:37 min.)	Linkerzijde Voorzijde Achterzijde
O: E-chopper elektrische scooter	Ja	Warmtestraling (3:09 min.)	Ja	Warmtestraling > 25 kW/m ² (3:44 min.) > 45 kW/m ² (5:40 min.)	Linkerzijde Achterzijde

¹⁹ Op basis van warmtestraling.

3 Beantwoording onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen beantwoord. De onderzoeksvragen bij dit onderzoek zijn:

1. Wat zijn het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) fiets in verschillende uitvoeringen?
2. Wat zijn het brandverloop en brandgedrag van één (elektrische) scooter in verschillende uitvoeringen?
3. Wat is de kans op branduitbreiding naar andere objecten bij een brand met één (elektrische) fiets?
4. Wat is de kans op branduitbreiding naar andere objecten bij een brand met één (elektrische) scooter?

Er is voor gekozen om bij de beantwoording van de onderzoeksvragen testobjecten met een relatief gelijk ontwerp met elkaar te clusteren. De onderzoeksvragen worden beantwoord voor de volgende clusters:

- > niet-elektrische fietsen
- > elektrische fietsen met accu onder de bagagedrager
- > elektrische fietsen met accu in het frame
- > benzinescooter
- > elektrische scooters.

3.1 Niet-elektrische fietsen

Er zijn drie niet-elektrische fietsen getest: een fiets zonder accessoires, een fiets met dubbele fietstas en een fiets met kinderzitje.

3.1.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel de achterband van de fiets en verspreidt de brand zich via de achterband naar de kettingkast en bagagedrager. Het zadel brandt niet mee, maar smelt door de warmte. Bij de fietsen met de dubbele fietstas en het kinderzitje begint na 5 tot 6 minuten de dubbele fietstas of kinderzitje mee te branden. Uiteindelijk zijn bij alle fietsen vrijwel alle brandbare delen aan de achterzijde weggebrand.

Het piek brandvermogen van de niet-elektrische fietsen ligt tussen de 60 (fiets zonder accessoires) en 290 kW (fiets met kinderzitje). De vrijgekomen energie is 173 MJ bij de fiets met kinderzitje; van de andere twee niet-elektrische fietsen zijn de data van de vrijgekomen energie onbruikbaar. Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan liggen de gemeten waarden tussen de 0,0032 (fiets met kinderzitje) en 0,04 g CO per gram verbrande fiets (fiets met dubbele fietstas). De totale hoeveelheid vrijgekomen CO ligt tussen de 35 (fiets zonder

accessoires) en 108 g (fiets met kinderzitje). Er is nagenoeg geen HF gemeten tijdens deze testen.

3.1.2 Branduitbreiding

Bij een brand in een niet-elektrische fiets zonder accessoires of een niet-elektrische fiets met dubbele fietstas is branduitbreiding theoretisch gezien mogelijk, maar zal in de praktijk waarschijnlijk niet plaatsvinden. De piek warmtestraling ligt bij deze testen slechts licht boven de grenswaarde van 10 kW/m² waarbij branduitbreiding mogelijk is. Over het algemeen is een erg langdurige blootstelling aan deze hoeveelheid warmtestraling nodig om branduitbreiding naar een andere fiets te kunnen veroorzaken. Dit is bij deze testen niet het geval. Bij een brand in een niet-elektrische fiets met kinderzitje is het wel mogelijk en aannemelijk dat er branduitbreiding plaatsvindt naar andere fietsen aan de linkerzijde of bovenzijde.

3.2 Elektrische fietsen

Er zijn vijf elektrische fietsen getest: een elektrische fiets zonder accessoires, een elektrische fiets met dubbele fietstas, een elektrische fiets met kinderzitje, een elektrische fiets met accu in het frame en een elektrische fiets met twee accu's in het frame. Vanwege het verschil in brandverloop is deze paragraaf is opgedeeld in twee delen, namelijk elektrische fietsen met de accu onder de bagagedrager en elektrische fietsen met de accu in het frame.

3.2.1 Elektrische fietsen met de accu onder de bagagedrager

Brandverloop en brandgedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel het omhulsel van de accu die geplaatst is onder de bagagedrager. Na circa 2 minuten beginnen de fietstassen en het kinderzitje te branden. Na ongeveer 5 tot 6,5 minuten komt de eerste cel in thermal runaway. De zadels en kettingkasten van de fietsen branden ook mee. De thermal runaways houden ongeveer 4 tot 8,5 minuten aan. Uiteindelijk zijn bij alle fietsen vrijwel alle brandbare delen aan de achterzijde weggebrand, inclusief het zadel.

Het piek brandvermogen van de elektrische fietsen met de accu onder de bagagedrager ligt tussen de 251 (fiets zonder accessoires) en 807 kW (fiets met kinderzitje). De vrijgekomen energie ligt tussen de 131 (fiets zonder accessoires) en 212 MJ (fiets met kinderzitje). Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan liggen de gemeten waarden tussen de 0,021 (fiets met kinderzitje) en 0,032 gram CO per gram verbrande fiets (fiets zonder accessoires). De totale hoeveelheid vrijgekomen CO ligt tussen de 175 (fiets zonder accessoires) en 269 g (fiets met dubbele fietstas). De HF-yield is bij de fiets zonder accessoires 0,002 g/g. Van de andere twee elektrische fietsen met accu onder de bagagedrager is de HF-yield onbruikbaar. De totale hoeveelheid vrijgekomen HF is 6,5 g bij de fiets zonder accessoires; van de andere twee elektrische fietsen met accu onder de bagagedrager is de meting van HF onbruikbaar.

Branduitbreiding

Bij een brand in een elektrische fiets met de accu onder de bagagedrager is het mogelijk en aannemelijk dat er branduitbreiding plaatsvindt naar andere fietsen. Bij een elektrische fiets zonder accessoires is de branduitbreiding te verwachten naar fietsen die erboven gestald staan. Bij een elektrische fiets met dubbele fietstas is te verwachten dat de brand zich

uitbreidt naar fietsen aan alle zijden. Branduitbreiding bij een elektrische fiets met kinderzitje is te verwachten naar fietsen aan de linker-, rechter- en bovenzijde.

3.2.2 Elektrische fietsen met de accu in het frame

Brandverloop en brandgedrag

Bij de fietsen met de accu in het frame is na het aansteken van de ontstekingsbron geen thermal runaway ontstaan in de accu. Daarom is na enige tijd een gasbrander gebruikt om de accu in thermal runaway te krijgen. Al snel brandt vervolgens het omhulsel van de accu. Na ongeveer 6 tot 11 minuten na de ontsteking met de gasbrander, komt de eerste cel in thermal runaway. De thermal runaways houden ongeveer 0,5 tot 3 minuten aan. Bij de fiets met één accu in het frame zijn voornamelijk aan de achterzijde van de fiets vrijwel alle brandbare onderdelen weggebrand, inclusief het zadel. Bij de fiets met twee accu's in het frame zijn aan de voorzijde vrijwel alle brandbare onderdelen weggebrand, maar niet het zadel.

Het piek brandvermogen van de elektrische fietsen met de accu in het frame is 272 (fiets met twee accu's) en 566 kW (fiets met één accu). De vrijgekomen energie is 27 (fiets met twee accu's) en 73 MJ (fiets met accu). Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan zijn de gemeten waarden 0,033 – 0,034 gram CO per gram verbrande fiets. De totale hoeveelheid vrijgekomen CO is 73 (fiets met twee accu's) en 112 g (fiets met accu). De metingen van HF waren onbruikbaar bij deze testen.

Branduitbreiding

Bij een brand in een elektrische fiets met de accu in het frame is branduitbreiding naar andere fietsen mogelijk en aannemelijk. Branduitbreiding bij een elektrische fiets met één accu in het frame is te verwachten naar fietsen aan de linkerzijde. Bij een elektrische fiets met twee accu's in het frame is branduitbreiding te verwachten naar fietsen aan de rechterzijde.

3.3 De benzinescooter

3.3.1 Brandverloop en -gedrag

Er is één benzinescooter getest. Na het aansteken van de ontstekingsbron brandt al snel het spatbord aan de voorzijde van de scooter. De brand breidt zich uit naar de kap van de stuurkolom en de voorband. Kort daarna brandt ook het zadel en breidt de brand zich uit naar de treeplank. Na ongeveer 3 minuten raakt de benzinetank lek en vindt er een versnelling van de brand plaats. Uiteindelijk zijn alle brandbare delen van de scooter weggebrand.

Het piek brandvermogen van de benzinescooter is 2.564 kW. De vrijgekomen energie is 939 MJ. De metingen van CO en HF waren onbruikbaar bij deze testen.

3.3.2 Branduitbreiding

Bij een brand in een benzinescooter is het mogelijk en aannemelijk dat uitbreiding plaatsvindt naar scooters aan de linker-, voor- en achterzijde. De stralingsmeter aan de rechterzijde was defect, maar op basis van videobeelden kan gesteld worden dat ook branduitbreiding naar deze zijde te verwachten is.

3.4 Elektrische scooters

Er zijn zes elektrische scooters getest: een basismodel, drie mid-range modellen (zonder accessoires, met windscherm en met windscherm en topkoffer), een high-end elektrische scooter met windscherm en topkoffer en een e-chopper elektrische scooter.

3.4.1 Brandverloop en -gedrag

Na het aansteken van de ontstekingsbron branden al snel het spatbord en de achterband van de scooter. Na ongeveer 3 minuten branden het zadel en de topkoffer bij de scooters met topkoffer. Na 5 tot 6 minuten heeft de brand de treeplank en de stuurkolom bereikt. Bij de scooters met windscherm brandt dan ook het windscherm mee. Tussen de 5 en 13 minuten na ontsteking komt de eerste cel in thermal runaway. De thermal runaways houden ongeveer 4,5 tot 12,5 minuten aan. Na ongeveer 7,5 tot 10 minuten staat de volledige scooter in brand. Uiteindelijk zijn bij alle scooters alle brandbare delen weggebrand.

Het piek brandvermogen van de elektrische scooters ligt tussen de 813 (e-chopper) en 2.974 kW (high-end model). De vrijgekomen energie ligt tussen de 497 (basismodel) en 914 MJ (high-end model). Als wordt gekeken naar de CO-yield, dan liggen de gemeten waarden tussen de 0,027 (high-end model) en 0,051 gram CO per gram verbrande scooter (basismodel). De totale hoeveelheid vrijgekomen CO ligt tussen de 716 (basismodel) en 1.236 g (mid-range model zonder accessoires). De metingen van HF waren onbruikbaar bij deze testen.

3.4.2 Branduitbreiding

Bij een brand in een elektrische scooter is het mogelijk en aannemelijk dat uitbreiding plaatsvindt naar andere scooters. Branduitbreiding bij een basismodel elektrische scooter is te verwachten naar scooters aan de linker-, rechter- en voorzijde. Bij de drie mid-range modellen en de high-end elektrische scooters is branduitbreiding te verwachten naar scooters aan alle zijden. Branduitbreiding bij een e-chopper elektrische scooter is te verwachten naar scooters aan de linker- en achterzijde. Stralingsmeter 2 was defect bij de test met de e-chopper elektrische scooter. Hierdoor kan geen uitspraak gedaan worden over de verwachte branduitbreiding van dit type scooter naar een scooter aan de rechterzijde.

4 Discussie

Bij data uit praktijkexperimenten moet altijd kritisch gekeken worden of deze data een goede afspiegeling vormen van de praktijksituatie en of de testopzet leidt tot bruikbare resultaten. Of dit het geval is wordt bekeken in dit hoofdstuk.

4.1 De testopzet

4.1.1 Verschillende soorten fietsen en scooters

Doel van deze testen was het brandgedrag, brandverloop en de kans op branduitbreiding in kaart brengen voor (elektrische) fietsen en (elektrische) scooters. Fietsen en scooters zijn er in veel verschillende varianten. Om die reden is gekozen om diverse soorten te testen. Zo varieerden de scooters in accucapaciteit en zijn bij de fietsen verschillende locaties van de accu getest, net als verschillende accessoires. Daardoor is een redelijk beeld verkregen van de spreiding van brandgedrag, brandverloop en kans op branduitbreiding.

In deze serie testen is voor wat betreft de fietsen gebruikgemaakt van een model met twee stangen aan de bovenzijde van het frame. Naar verwachting zal dit een beperkte invloed hebben gehad op het brandgedrag en brandverloop en daardoor ook op de kans op branduitbreiding. Het frame is namelijk van een onbrandbaar materiaal. Het kan weliswaar van invloed zijn geweest op de mate van warmteoverdracht tussen de vlammen en de fiets, maar de verwachting is dat deze invloed beperkt is, omdat warmteoverdracht relatief traag is ten opzichte van het verbrandingsproces. De inhoud van de fietstassen is zo gekozen, dat deze een goede afspiegeling is van de brandlast die in de praktijk aanwezig kan zijn. Uiteraard zullen fietstassen in werkelijkheid andere voorwerpen kunnen bevatten of juist helemaal leeg zijn, wat kan zorgen voor zowel een hogere als een lagere brandlast.

Een alternatief testontwerp met bijvoorbeeld fietsen en scooters met meer kunststof (dat wil zeggen: meer brandbare onderdelen) of een hogere accucapaciteit zal naar verwachting ander brandgedrag, ander brandverloop en een grotere kans op branduitbreiding laten zien. Zo kunnen meer vrijkomende benzine en een grotere accucapaciteit leiden tot meer vrijkomende energie. Dit geldt ook voor tests met de steeds populairdere fat bikes, die meer kunststof bevatten dan de fietsen die tijdens deze experimenten getest zijn. Fat bikes zullen normaliter echter niet in het fietsparkeersysteem van ProRail passen, waardoor dit soort fietsen niet in of op het fietsparkeersysteem zelf aanwezig zullen zijn. Voorts kan de aanwezigheid van laadinfra zorgen voor extra brandlast, wat van invloed kan zijn op het brandgedrag, brandverloop en de kans op branduitbreiding.

4.1.2 Worst-case-benadering

Er is gekozen voor een reële worst-case-benadering. Dit betekent dat de testopzet zodanig is geweest, dat het brandgedrag, brandverloop en de kans op branduitbreiding het meest kritisch zijn. Situaties in de praktijk zullen vaak minder kritisch of hoogstens even kritisch zijn. Bij de fietsen geldt bijvoorbeeld dat de laagste accucapaciteit die getest is (500 Wh), op dit

moment de hoogste accucapaciteit is die fietsen met één accu veelal hebben. Er is verder getest met een accu die volledig opgeladen was (100 % state of charge).

Over het geheel zijn wij van mening dat met de huidige testopzet een reële worst-case-afspiegeling is voor het brandgedrag, brandverloop en de kans op branduitbreiding in de praktijksituatie. Met de gespecificeerde parameters zitten we in ieder geval aan de veilige (conservatieve) kant: in de praktijk zal meestal minder energie vrijkomen en zal de brandontwikkeling minder hevig gaan vanwege bijvoorbeeld een lagere accucapaciteit, geen 100 % state of charge en oudere fietsen waar minder brandbare onderdelen op aanwezig zijn.

4.1.3 Overige gemaakte keuzes

Er is één test per testobject uitgevoerd. Wanneer meerdere testen met hetzelfde testobject zouden zijn uitgevoerd, zou altijd enige mate van spreiding in testresultaten te zien zijn geweest.

De keuze voor de ontstekingsbron (onder de accu met een externe brandlast) is gemaakt om de mate van spreiding in resultaten te beperken. Wanneer gekozen zou zijn voor bijvoorbeeld het overladen van een accu, zou een grotere spreiding in de resultaten te verwachten zijn. Wanneer een accu in thermal runaway komt en dit zorgt voor de start van de brand, dan kan dit mogelijk zorgen voor een snellere brandontwikkeling dan we nu in deze testen hebben gezien.

De kans op branduitbreiding hebben we op basis van gemeten waarden en een theoretische redenering ingeschat, en derhalve niet beproefd. Dat is ook de bedoeling geweest van een opdeling van deze experimenten in fasen. De volgende fase bouwt voort op het voorliggende onderzoek door juist ook de branduitbreiding te testen.

4.2 Het testverloop

Zoals bij alle experimenten zijn er afwijkingen in het testverloop geweest ten opzichte van de ideale situatie. Bij deze testen ontbreken (veelal) de data van het vrijgekomen HF en waterstof. Met name de hoeveelheid HF kan echter van invloed zijn op de persoonlijke veiligheid van aanwezigen in een fietsenstalling tijdens een brand. Voor het bepalen van de benodigde maatregelen in fietsenstallingen zullen daarom de ontbrekende data van HF aangevuld moeten worden met gegevens uit de literatuur.

Bij het meten van de warmtestraling is het voorgekomen dat een stralingsmeter of het testobject zelf omviel. Veelal gebeurde dit op een moment in de test dat de grenswaarden voor branduitbreiding al waren overschreden, waardoor het omvallen weinig invloed had op de analyse van branduitbreiding. In een aantal gevallen ontbreken gegevens over vrijgekomen energie, brandvermogen en de hoeveelheid vrijgekomen CO. Ook de meting van massa kende in een aantal gevallen onzekerheid. Omdat meerdere testobjecten zijn getest, is er over het geheel genomen echter wel een duidelijk beeld van het brandgedrag van (elektrische) fietsen en (elektrische) scooters verkregen. Dit beeld is voldoende om in een latere fase te gebruiken bij het bepalen van benodigde maatregelen voor de stallingen.

Literatuurlijst

- CEN. (2020). *NEN-EN 13823: Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item.*
- Khan, M. M., De Ris, J. L., & Ogden, S. D. (2008). Effect of moisture on ignition time of cellulosic materials. *Fire Safety Science*, 9, 167–178.
<https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.9-167>
- RAI Vereniging. (2023). *Aandeel e-bikes in fietsverkoop blijft stijgen in 2022.*
<https://www.raivereniging.nl/actueel/nieuws/aandeel-e-bikes-in-fietsverkoop-blijft-stijgen-in-2022/>
- Society of Fire Protection Engineers. (2016). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (M. J. Hurley (red.); 5de ed.). Springer.

Bijlage 1 Locatie stralingsmeters

De stralingsflux is gebruikt om te bepalen of het aannemelijk is dat de brand over zou slaan naar een naast- of bovengelegen object. De stralingsmeters zijn daarom geplaatst op de plek waar bij een ander object de hoogste stralingsflux te verwachten is en een brandbaar onderdeel aanwezig is. De plek van de stralingsmeters verschilt daardoor per testobject. De volgende afstanden en afmetingen zijn hierbij van belang:

- > De hart-op-hartafstand tussen fietsen is 37,5 cm.
- > De afstand tussen twee boven elkaar geplaatste fietsen is 121 cm.
- > Bij een dubbelzijdig stallingsysteem (twee rijen fietsen) komt de voorband van de fiets in een andere rij tot aan de kettingkast van de fiets in de andere rij. De hart-op-hartafstand in de breedte is 18,75 cm.
- > De breedte van een fiets ter plaatse van de accu / bagagedrager is 15 cm.
- > Bij de fietsen met accu in het frame is het framedeel met accu 9 cm breed.
- > De hart-op-hartafstand tussen scooters is 75 cm.
- > De breedte van een scooter ter plaatse van de kunststof kappen is ongeveer 38 cm.
- > Aan de kopse kant staan scooters bij een dubbelzijdig systeem nagenoeg tegen elkaar aan.
- > Scooters worden niet dubbellaags gestald (geen twee rijen scooters boven elkaar).
- > Gangpaden zijn 215 cm breed.

Op basis van deze afstanden worden de stralingsmeters op de locaties geplaatst zoals is aangegeven in onderstaande tabel.

(Soort) testobject	Locatie stralingsmeters	Toelichting
Niet-elektrische fiets	Meter 1: ter plaatse van het fietsslot op een afstand van 22,5 cm naar links (meter evenwijdig aan de fiets). Meter 2: ter plaatse van het fietsslot op een afstand van 22,5 cm naar rechts (meter evenwijdig aan de fiets). Meter 3: ter plaatse van de voorzijde van de kettingkast op een afstand van 17 cm naar links (meter haaks op de fiets) en op een hoogte van het midden van de band. Meter 4: ter plaatse van het midden van de bagagedrager op een hoogte van 121 cm boven de grond (meter evenwijdig met de grond).	Bij de test met kinderzitje is mogelijk op een grotere hoogte de meeste warmtestraling te verwachten. Omdat hier vaak geen brandbaar onderdeel zal zitten bij een naast- of bovengelegen object, zijn meter 1 en 2 beide ter plaatse van het fietsslot geplaatst.
Elektrische fiets met accu onder de bagagedrager	Meter 1: ter plaatse van de bagagedrager op een afstand van 22,5 cm naar links (meter evenwijdig aan de fiets). Meter 2: ter plaatse van de bagagedrager op een afstand van 22,5 cm naar rechts (meter evenwijdig aan de fiets).	Bij de test met kinderzitje is mogelijk op een grotere hoogte de meeste warmtestraling te verwachten. Omdat hier vaak geen brandbaar onderdeel zal zitten bij een naast- of bovengelegen object, zijn meter 1 en 2

(Soort) testobject	Locatie stralingsmeters	Toelichting
	Meter 3: ter plaatse van de voorzijde van de kettingkast op een afstand van 17 cm naar links (meter haaks op de fiets) en op een hoogte van het midden van de band. Meter 4: ter plaatse van het midden van de bagagedrager op een hoogte van 121 cm boven de grond (meter evenwijdig met de grond).	beide ter plaatse van de bagagedrager geplaatst.
Elektrische fiets met accu in het frame	Meter 1: ter plaatse van de accu in het frame op een afstand van 28,5 cm naar links (meter evenwijdig aan de fiets). Meter 2: ter plaatse van de accu in het frame op een afstand van 28,5 cm naar rechts (meter evenwijdig aan de fiets). Meter 3: ter plaatse van de voorzijde van de kettingkast op een afstand van 17 cm naar links (meter haaks op de fiets) en op een hoogte van het midden van de band. Meter 4: ter plaatse van het midden van de bagagedrager op een hoogte van 121 cm boven de grond (meter evenwijdig met de grond).	Meter 4 is geplaatst bij de achterband van de fictief er bovengelegen fiets. Mogelijk dat er recht boven het zadel of boven de accu een grotere warmtestraling is, maar hier is de afstand naar een brandbaar onderdeel groter.
Scooter (zowel benzine als elektrisch)	Meter 1: ter plaatse van het midden van het zadel op de hoogte van de bovenzijde van het zadel op een afstand van 37 cm naar links (meter evenwijdig aan de scooter). Meter 2: ter plaatse van het midden van het zadel op de hoogte van de bovenzijde van het zadel op een afstand van 37 cm naar rechts (meter evenwijdig aan de scooter). Meter 3: ter plaatse van de voorband van de scooter op een afstand van 20 cm vanaf de voorband en op dezelfde hoogte als meter 1 en 2 . Meter 4: ter plaatse van de achterband van de scooter op een afstand van 50 cm vanaf de achterband (meter haaks op de scooter) en op dezelfde hoogte als meter 1 en 2 .	Meter 3 en 4 zijn op de hoogte van de bovenkant van het zadel geplaatst. De voorband van een fictieve tegenovergelegen fiets zit dicht bij de voorband van de scooter dan de kappen die aan de voorzijde van de scooter zitten ter hoogte van de bovenzijde van het zadel. De warmtestraling die op deze hoogte te verwachten is, is zoveel groter, dat een iets grotere afstand waarschijnlijk nog steeds een hogere straling geeft.

Bijlage 2 Beschrijving testobjecten

In deze bijlage zijn de testobjecten beschreven.

Testobject A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires

De fiets heeft een framemaat van 61 cm. De volgende onderdelen zijn (deels) brandbaar:

- > binnen- en buitenband incl. ventiel
- > diverse bevestigingsmiddelen
- > diverse kabels
- > handvatten
- > kettingkast
- > lampen / reflectors
- > remblokken
- > trappers
- > zadel.

Testobject B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas

Testobject B is gelijk aan testobject A met als enige verschil dat er op testobject B een fietstas aanwezig is. Het gaat om een dubbele fietstas met daarin aan de ene zijde een regenpak en aan de andere zijde kleren. Zowel de fietstas als de inhoud is brandbaar.

Testobject C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje

Testobject C is gelijk aan testobject A met als enige verschil dat er op testobject C een kinderzitje aanwezig is. Het kinderzitje is geplaatst op de bagagedrager. Het kinderzitje is grotendeels van kunststof.

Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires

De fiets heeft een framemaat van 61 cm. De volgende onderdelen zijn (deels) brandbaar:

- > accu en omhulsel
- > binnen- en buitenband incl. ventiel
- > diverse bevestigingsmiddelen
- > diverse kabels
- > handvatten
- > kettingkast
- > lampen / reflectors
- > remblokken
- > trappers
- > zadel
- > standaard
- > bel
- > display.

De accu heeft een accucapaciteit van 500 Wh. Het betreft een li-ion accu. Deze is geplaatst onder de bagagedrager.

Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas

Testobject E is gelijk aan testobject D met als enige verschil dat er op testobject E een fietstas aanwezig is. Het gaat om een dubbele fietstas met daarin aan de ene zijde een regenpak en aan de andere zijde kleren. Zowel de fietstas als de inhoud is brandbaar.

Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje

Testobject F is gelijk aan testobject D met als enige verschil dat er op testobject F een kinderzitje aanwezig is. Het kinderzitje is geplaatst op de bagagedrager. Het kinderzitje is grotendeels van kunststof.

Testobject G: Elektrische fiets met accu in het frame

De fiets heeft een framemaat van 61 cm. De volgende onderdelen zijn (deels) brandbaar:

- > binnen- en buitenband incl. ventiel
- > diverse bevestigingsmiddelen
- > diverse kabels
- > handvatten
- > kettingkast
- > lampen / reflectors
- > remblokken
- > snelbinders
- > trappers
- > zadel
- > standaard
- > bel
- > display
- > spatborden
- > afdekkap van de accu
- > accu.

De accu heeft een accucapaciteit van 522 Wh. Het betreft een li-ion accu. Deze is geplaatst in het framedeel tussen de trapas en de voorvork.

Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's

De fiets heeft een framemaat van 61 cm. De volgende onderdelen zijn (deels) brandbaar:

- > binnen- en buitenband incl. ventiel
- > diverse bevestigingsmiddelen
- > diverse kabels
- > handvatten
- > kettingkast
- > lampen / reflectors
- > remblokken
- > snelbinders
- > trappers
- > zadel
- > standaard
- > bel
- > display
- > aandrijfriem
- > accu, range extender en omhulsels.

De fiets heeft twee accu's. Eén accu heeft een accucapaciteit van 496 Wh, de andere van 240 Wh. Het betreffen beide li-ion accu's. De 496 Wh-accu is geplaatst in het framedeel tussen de trapas en de voorvork. De 240 Wh-accu is boven op de andere accu geplaatst.

Testobject I: Benzinescooter

De volgende onderdelen van de scooter zijn (deels) brandbaar:

- > zadel
- > banden
- > kappen
- > spiegels
- > handvatten
- > display
- > lampen
- > spatborden
- > diverse kabels en connectoren
- > kappen motor en aandrijflijn.

De benzinetank is van staal en heeft een inhoud van 6,2 liter Euro 95. De tank zit bij de onderplaat.

Testobject J: Basismodel elektrische scooter

De volgende onderdelen van de scooter zijn (deels) brandbaar:

- > zadel
- > banden
- > kappen
- > accu en omhulsel
- > spiegels
- > handvatten
- > display
- > lampen
- > spatborden
- > diverse kabels en connectoren.

De accu heeft een accucapaciteit van 960 Wh. Het betreft een li-ion accu. Deze is geplaatst onder de buddyseat.

Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires

De volgende onderdelen van de scooter zijn (deels) brandbaar:

- > zadel
- > banden
- > kappen
- > accu en omhulsel
- > spiegels
- > handvatten
- > display
- > lampen
- > spatborden
- > diverse kabels en connectoren.

De accu heeft een accucapaciteit van 2309 Wh. Het betreft een li-ion accu. Deze is geplaatst onder de buddyseat.

Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm

Testobject L is gelijk aan testobject K met als enige verschil dat er op testobject L een windscherm aanwezig is. Het windscherm is grotendeels van kunststof.

Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

Testobject M is gelijk aan testobject K met als enige verschil dat er op testobject M een windscherm en topkoffer aanwezig zijn. Het windscherm en de topkoffer zijn grotendeels van kunststof. In de topkoffer is een helm aanwezig.

Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

De volgende onderdelen van de scooter zijn (deels) brandbaar:

- > zadel
- > banden
- > kappen
- > accu en omhulsel
- > spiegels
- > handvatten
- > display
- > lampen
- > spatborden
- > diverse kabels en connectoren
- > windscherm
- > topkoffer met helm.

De accu heeft een accucapaciteit van 5600 Wh. Het betreft een li-ion accu. Deze is geplaatst onder de buddyseat.

Testobject O: E-chopper elektrische scooter

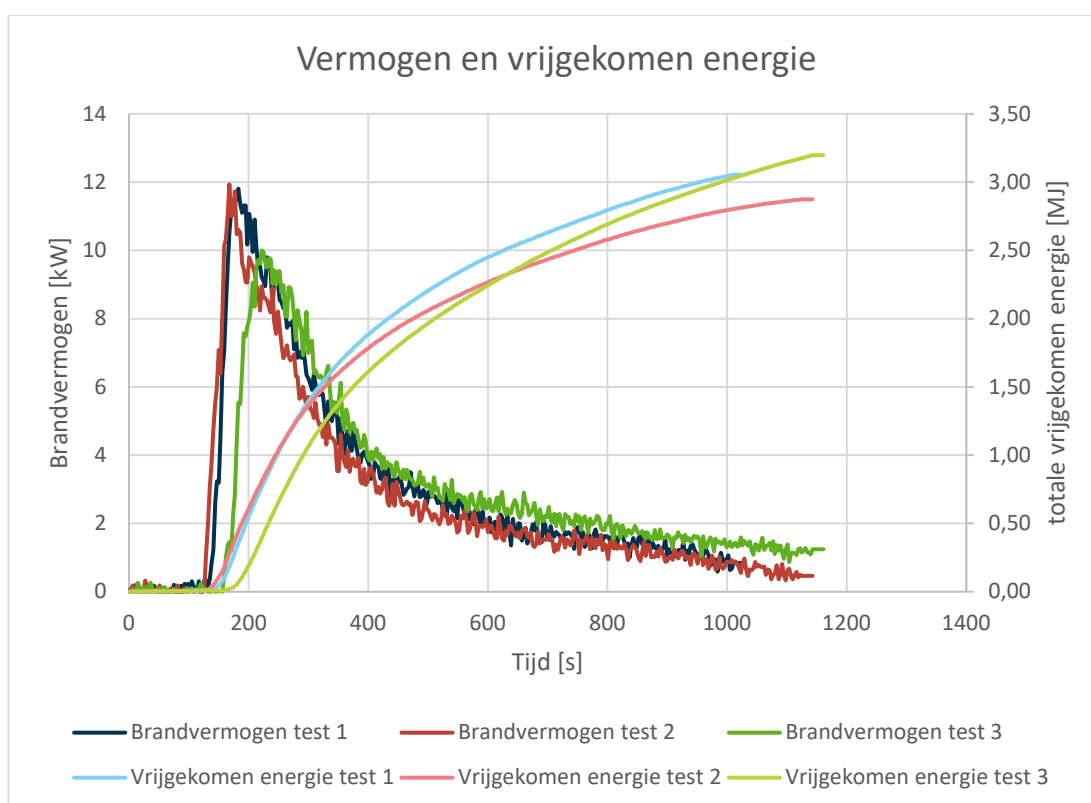
De volgende onderdelen van de scooter zijn (deels) brandbaar:

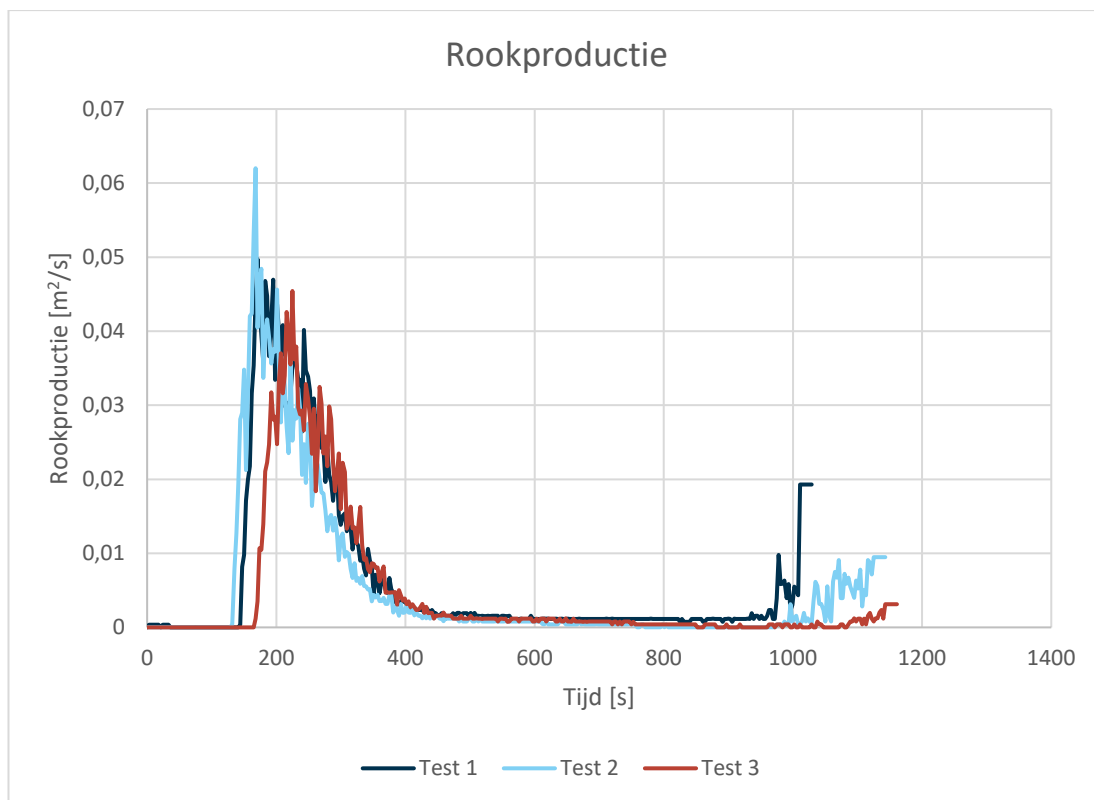
- > zadel
- > banden
- > kappen
- > accu en omhulsel
- > spiegels
- > handvatten
- > display
- > lampen
- > spatborden
- > diverse kabels en connectoren.

De accu heeft een accucapaciteit van 2700 Wh. Het betreft een li-ion accu. Deze is geplaatst in de onderplaat.

Bijlage 3 Brandvermogen, vrijgekomen energie en rookproductie ontstekingsbron

De ontstekingsbron is drie keer getest onder een calorimeter. Op basis van deze testen zijn het brandvermogen, de vrijkomende energie en de rookproductie bepaald. Deze zaken zijn te zien in de onderstaande grafieken.





Bijlage 4 Locatie ontstekingsbron

In onderstaande tabel is met een rood bolletje de locatie van de ontstekingsbron aangegeven voor de verschillende testobjecten.

Testobject	Plaats ontstekingsbron
A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires	
B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas	
C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje	
D: Elektrische fiets zonder accessoires	
E: Elektrische fiets met dubbele fietstas	
F: Elektrische fiets met kinderzitje	
G: Elektrische fiets met accu in frame	
H: Elektrische fiets met twee accu's	

Testobject	Plaats ontstekingsbron
I: Benzinescooter	
J: Basismodel elektrische scooter	
K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires	
L: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires met windscherm	
M: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires met windscherm en topkoffer	
N: High-end model elektrische scooter zonder accessoires met windscherm en topkoffer	
O: E-chopper elektrische scooter	

Bijlage 5 Bepaling grenswaarden voor branduitbreiding

In deze bijlage wordt beschreven hoe tot de grenswaarden voor branduitbreiding is gekomen. De warmtestralingsmeters zijn tijdens de testen geplaatst op de posities waar brandbare onderdelen van een andere fiets in een stalling aanwezig kunnen zijn. Met behulp van de gemeten straling kunnen we een inschatting maken of een dergelijk onderdeel van een fiets of scooter tot ontsteking komt.

Branduitbreiding door warmtestraling

Een onderdeel aan een fiets of scooter komt tot ontsteking, doordat het opgewarmd wordt door warmtestraling. Wanneer het onderdeel voldoende is opgewarmd, zal het thermisch uiteenvallen en gaan pyrolyseren. Wanneer voldoende brandbare gassen beschikbaar zijn en er voldoende ontstekingsenergie is, zal er een vlam ontstaan. De laagste hoeveelheid straling waarbij een onderdeel nog kan ontbranden, wordt de 'critical heat flux' (CHF) genoemd. Voor veel materialen ligt deze critical heat flux rond de $10 - 20 \text{ kW/m}^2$ (Society of Fire Protection Engineers, 2016, Deel appendix 3). Omdat 10 kW/m^2 de ondergrens is waarbij materialen ontbranden, is 10 kW/m^2 als grenswaarde gesteld waarbij branduitbreiding naar een andere fiets mogelijk is.

Wanneer een onderdeel wordt blootgesteld aan de critical heat flux, duurt het lang voordat het voldoende is opgewarmd om daadwerkelijk tot ontsteking te komen. Het is daardoor niet altijd zo dat er daadwerkelijk branduitbreiding naar een andere fiets of scooter zal plaatsvinden wanneer een onderdeel van een fiets wordt blootgesteld aan de critical heat flux voor het materiaal waar het onderdeel uit bestaat. Er is daarom een tweede grenswaarde gesteld waarbij het aannemelijk is dat er branduitbreiding zal plaatsvinden. Bij deze grenswaarde is niet alleen gekeken naar de hoogte van de warmtestraling, maar ook naar de blootstellingsduur. Op die manier wordt bepaald aan welke dosis warmte een onderdeel van een fiets of scooter wordt blootgesteld.

Om de juiste grenswaarde te kunnen bepalen, is gerekend aan de verwachte tijden waarbij ontsteking van een aantal fiets- of scooteronderdelen zal plaatsvinden. Hoe snel een materiaal ontsteekt, wordt naast de warmtestraling ook bepaald door de hoeveelheid warmte die het materiaal in gaat en eventueel aan de andere zijde weer verlaat. Om te kunnen rekenen aan de ontstekingstijd, wordt er onderscheid gemaakt in thermisch dikke en thermisch dunne materialen. Bij thermisch dikke materialen is de warmte op het moment van ontsteking nog niet doorgedrongen tot de niet-blootgestelde zijde van het materiaal. Bij thermisch dunne materialen is de warmte op het moment van ontsteking daar al wel doorgedrongen. Voor het rekenen aan de ontstekingstijden worden vergelijking 1 tot en met 4 gebruikt (Society of Fire Protection Engineers, 2016, Hoofdstuk 36).

$$t_{ig,thermisch\ dik} = \frac{\frac{\pi}{4} * k * \rho * c_p * (T_{ig} - T_o)^2}{(\dot{q}_e'' - x * \dot{q}_{kr}'')^2}$$

Vergelijking 1 Ontstekingsijd voor een thermisch dik materiaal

$$t_{ig,thermisch\ dun} = \frac{\rho * c_p * d * (T_{ig} - T_o)^2}{\dot{q}_e'' - x * \dot{q}_{kr}''}$$

Vergelijking 2 Ontstekingsijd voor een thermisch dun materiaal

$$\tau_{th} = \frac{4 * \rho * c_p * d^2}{\pi * k}$$

Vergelijking 3 Thermische diffusietijd

$$t_{ig,dik/dun} = \left\{ \left[\frac{\dot{q}_e'' - x * \dot{q}_{kr}''}{\left(\frac{\pi}{4} * k * \rho * c_p \right)^{1/2} * (T_{ig} - T_o)} \right]^4 * \frac{1}{\tau_{th}^2} + \left[\frac{\dot{q}_e'' - x * \dot{q}_{kr}''}{\left(\frac{\pi}{4} * k * \rho * c_p \right)^{1/2} * (T_{ig} - T_o)} \right]^8 \right\}^{-1/4}$$

Vergelijking 4 Ontstekingsijd voor een thermisch dik of dun materiaal

In vergelijking 1 tot en met vergelijking 4 is:

$t_{ig,thermisch\ dik}$: de tijd tot ontsteking door vonk voor een materiaal in een thermisch dikke situatie [s]

$t_{ig,thermisch\ dun}$: de tijd tot ontsteking door vonk voor een materiaal in een thermisch dunne situatie [s]

t_{th} : de thermische diffusietijd [s]

$t_{ig, dik/dun}$: de tijd tot ontsteking voor een thermisch dik of dun materiaal [s]

k : warmtegeleidingscoëfficiënt [kW/m/K]

ρ : dichtheid [kg/m³]

c_p : warmtecapaciteit [kJ/kg/K]

$\dot{q}_{kr}''$: critical heat flux, de laagste warmtestraling waar een materiaal bij ontbrandt [kW/m²]

$\dot{q}_e''$: externe warmtestraling [kW/m²]

x : fractie gemiddeld warmteverlies van de critical heat flux. In de berekeningen is uitgegaan van $x = 1$ (Khan et al., 2008)

d : dikte materiaal [m]

T_{ig} : ontstekings temperatuur materiaal [K]

T_o : omgevingstemperatuur [K].

Voor het berekenen van de ontstekingsijd wordt eerst met vergelijking 3 en vergelijking 4 bepaald of het onderdeel van de fiets of scooter thermisch dik of dun is voor de hoeveelheid warmtestraling waar het aan wordt blootgesteld. Wanneer de ontstekingsijd uit vergelijking 4 kleiner is dan de thermische diffusietijd uit vergelijking 3, dan is het onderdeel voor die situatie thermisch dik. Als de berekende ontstekingsijd hoger is dan de thermische diffusietijd dan is het onderdeel thermisch dun. Gaat het om een situatie waarbij het

onderdeel thermische dik is, dan wordt de ontstekingstijd berekend met vergelijking 1. Gaat het om een situatie waarbij het onderdeel thermische dun is, dan wordt de ontstekingstijd berekend met vergelijking 2.

Om de ontstekingstijden te kunnen berekenen, is het nodig om een aantal materiaaleigenschappen van fiets- en scooteronderdelen te weten. Welke materialen zijn gebruikt voor fiets- en scooteronderdelen is niet altijd bekend. Fabrikanten willen deze informatie vaak ook niet prijsgeven. Om die reden is door de onderzoekers ingeschat om wat voor materialen het gaat. Veel kunststoffen hebben in dit geval materiaaleigenschappen die in redelijke mate vergelijkbaar zijn. De invloed van de afwijking van een ander materiaal op de uiteindelijke ontstekingstijden is daardoor beperkt. Behalve het soort materiaal, is de samenstelling van een onderdeel en de exacte uitvoering daarvan evenmin altijd bekend. Ook kan deze samenstelling verschillen op verschillende plekken. De dikte van een onderdeel bepaalt bijvoorbeeld deels in hoeverre een materiaal thermisch dik of dun is in een bepaalde situatie. Bij een fietsband is de dikte van het materiaal op het loopvlak bijvoorbeeld groter dan aan de zijkant. De onderzoekers hebben een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de materiaaleigenschappen. Er wordt gerekend aan de fietsonderdelen fietsband, kettingkast, de behuizing van de elektromotor en de behuizing van de accu. Bij een scooter wordt gerekend aan de kappen; deze zitten aan de buitenzijde van de scooter. De materiaaleigenschappen die zijn gebruikt in de berekening staan weergegeven in tabel B.5.1.

Tabel B5.1 Materiaaleigenschappen fietsonderdelen

Onderdeel	Materiaal	k [kW/m/K]	ρ [kg/m ³]	c_p [kJ/kg/K]	Q_{kr} [kW/m ²]	d [m]	T_{ig} [K]
Fietsband	Rubber	0,00013	920	1,96	19	0,001	603
Kettingkast	PE	0,0004	930	1,7	15	0,0005	377
Behuizing motor & accu	PP	0,0002	960	2,16	10	0,004	443
Kap scooter	ABS	0,26	1050	1,5	13	0,001	394

Met deze materiaaleigenschappen zijn de ontstekingstijden berekend bij 15, 25, 45 of 60 kW/m². Dergelijke warmtestralingsfluxen kunnen mogelijk optreden bij een brand. De ontstekingstijden voor de verschillende fietsonderdelen bij deze warmtestralingsfluxen zijn weergegeven in tabel B5.2.

Tabel B5.2 Ontstekingstijden fietsonderdelen bij verschillende warmtestralingen

Onderdeel	Stralingsflux [kW/m ²]	Tijd tot ontsteking [s]
Fietsband	15	∞
	25	93
	45	21
	60	11
Kettingkast	15	∞

Onderdeel	Stralingsflux [kW/m ²]	Tijd tot ontsteking [s]
	25	7
	45	2
	60	1
	15	248
Behuizing motor en accu	25	33
	45	6
	60	3
	15	80
Kappen scooter	25	13
	45	5
	60	3
	15	80

In bovenstaande tabel is te zien dat een kettingkast sneller ontbrandt dan een fietsband. Bij een warmtestraling van 25 kW/m² ontbranden zowel de kettingkast, als de behuizing van motor en accu en de kappen van de scooter binnen ruim 30 seconden. Bij een warmtestraling van 45 kW/m² ontbranden deze onderdelen binnen 10 seconden. Dit zijn de grenswaarden die worden aangehouden om te bepalen of branduitbreiding naar een nabij gestalde fiets of scooter aannemelijk is.

Volledige zekerheid dat een brand overslaat naar een nabij gestalde fiets of scooter is echter niet te verkrijgen met een dergelijke testopzet. Het is enkel mogelijk om op een aantal locaties de warmtestraling te meten. Het hangt er in praktijk altijd van af hoe hoog de warmtestraling op bepaalde plekken is en welk materiaal wordt blootgesteld aan deze straling. Hoewel er dus sprake is van enige onzekerheid, geven de grenswaarden warmtestraling > 25 kW/m² gedurende > 30 s en warmtestraling > 45 kW/m² gedurende > 10 s een goede indicatie dat branduitbreiding naar een andere fiets of scooter te verwachten is.

Branduitbreiding door vlamcontact

Bij een brand waarbij accucellen betrokken zijn, kan het gebeuren dat deze cellen al brandend wegschieten. De warmteoverdracht van deze brandende cellen naar een ander materiaal verloopt anders dan bij warmtestraling. De vlammen komen door de brandende accucellen direct op het materiaal. Daarnaast kan de accucel zelf warm zijn, wat ook zorgt voor warmteoverdracht. Rekening houdend met de directe warmteoverdracht wordt voor het bepalen van de kans op branduitbreiding door brandende accucellen gekeken naar de ontstekingstijden bij een warmtestraling van 45 kW/m². De laagste tijd tot ontsteking bij deze stralingswaarde is 2 seconden (kettingkast). Bij het bereiken van deze waarde is branduitbreiding mogelijk. Als grenswaarde voor branduitbreiding aannemelijk wordt net als bij branduitbreiding door warmtestraling een warmtestraling van 45 kW/m² gedurende 10

seconden aangehouden. De fietsen staan relatief dicht op elkaar in de fietsenstallingen. Het stellen van een voorwaarde voor de afstand die een accucel weg moet schieten, wordt daarom niet nodig geacht.

Grenswaarden

Op basis van de bovenstaande redenering worden de volgende grenswaarden gebruikt om de vraag te beantwoorden of branduitbreiding mogelijk of aannemelijk is. Er geldt dat branduitbreiding theoretisch gezien mogelijk is wanneer de grenswaarde voor 'branduitbreiding mogelijk' wordt overschreden. In de praktijk vindt dan echter vaak nog geen branduitbreiding plaats. Dit gebeurt veelal enkel bij langdurige blootstelling aan een dergelijke hoeveelheid warmtestraling. Wanneer de grenswaarde voor 'branduitbreiding aannemelijk' wordt overschreden dan is daadwerkelijk de branduitbreiding in de praktijk te verwachten.

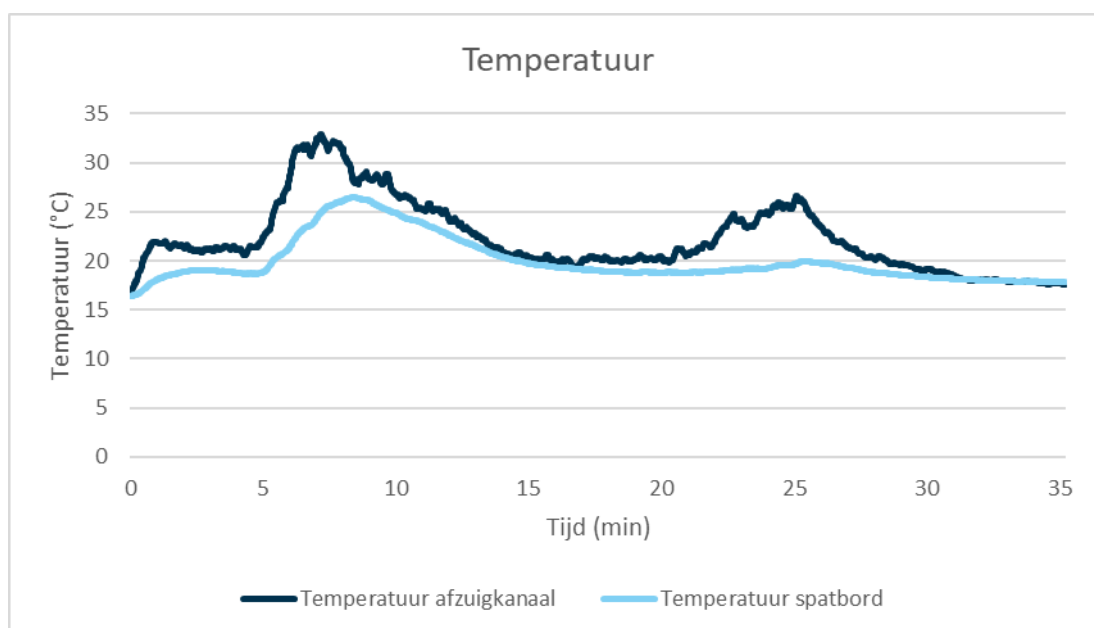
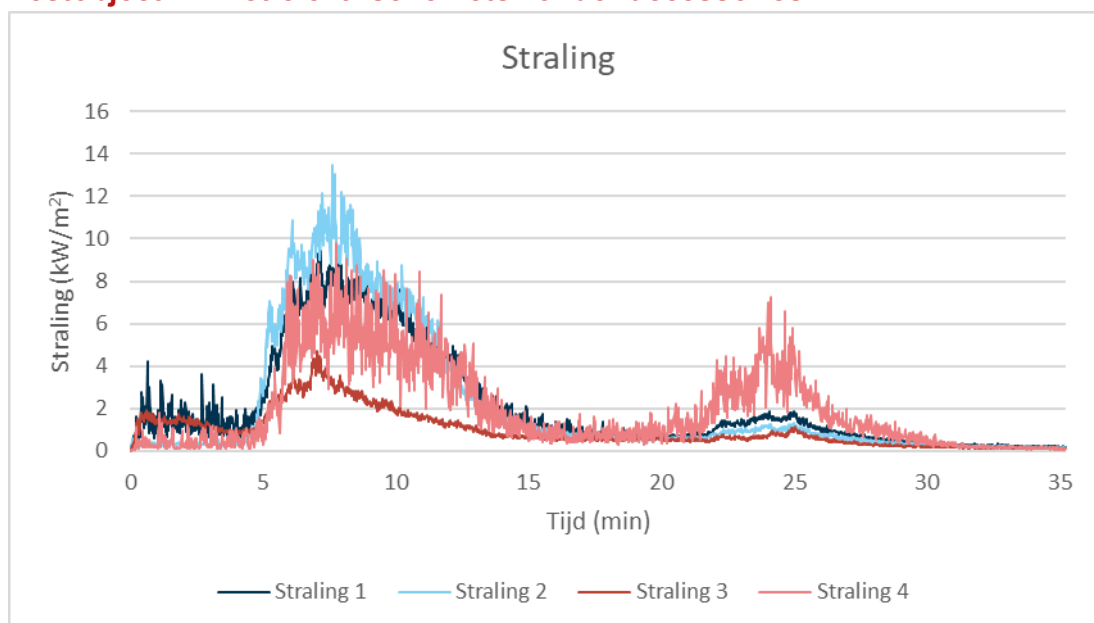
Tabel B5.3 Mogelijke en aannemelijke branduitbreiding

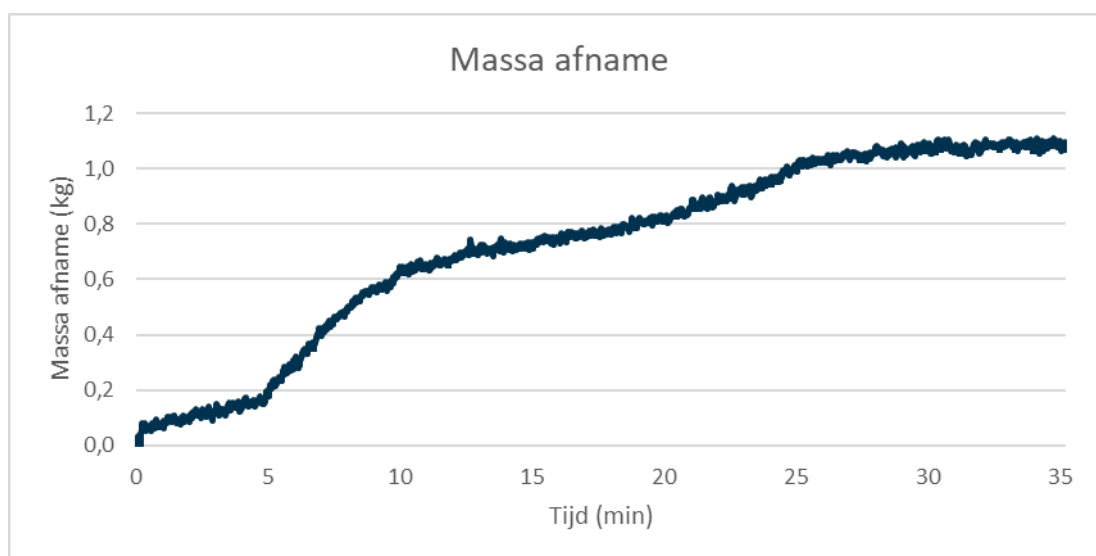
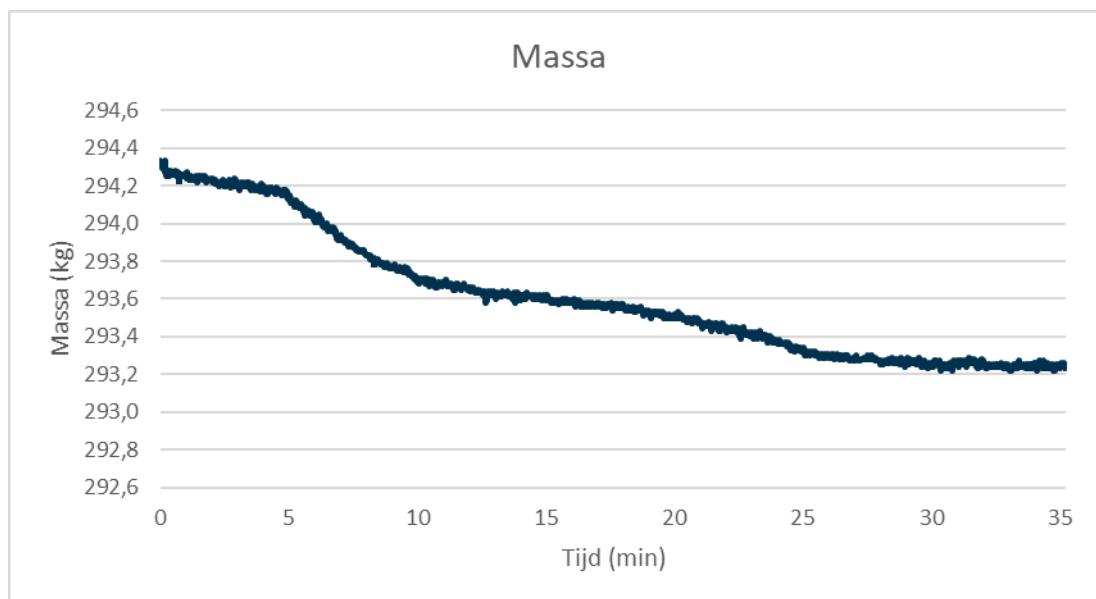
Reden warmteoverdracht	Branduitbreiding mogelijk	Branduitbreiding aannemelijk
Warmtestraling	> 10 kW/m ²	> 25 kW/m ² gedurende 30 seconden > 45 kW/m ² gedurende 10 seconden
Nabrandduur weggeschoten accucellen	> 2 seconden	> 10 seconden

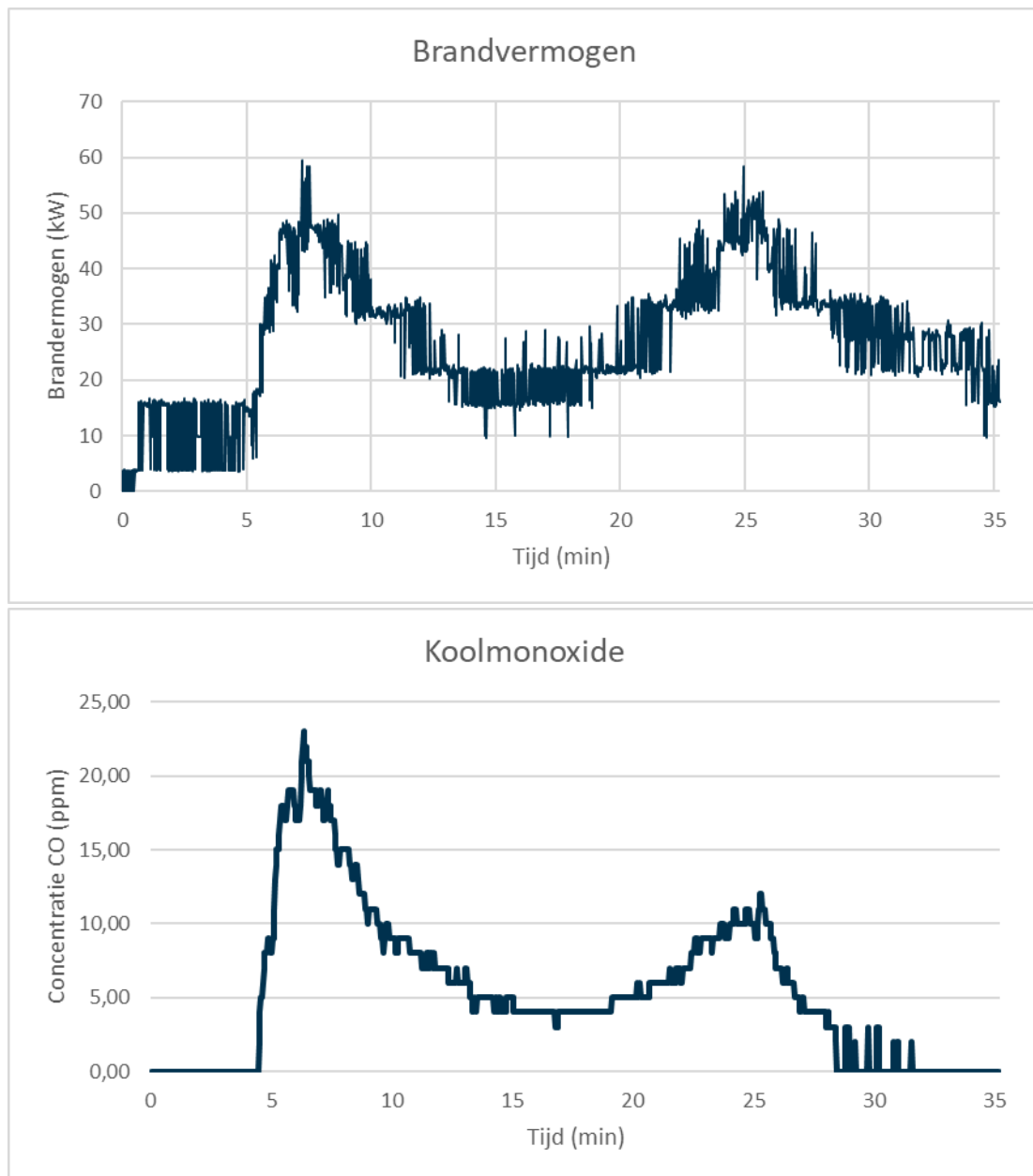
Bijlage 6 Resultaten testen

Het is belangrijk om zich te realiseren dat de gemeten concentraties afhankelijk zijn van het debiet van de afvoerventilator. De grafieken kunnen daarom wel gebruikt worden om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid gas die vrijkomt op een bepaald moment, maar ze geven geen beeld van de totale hoeveelheid gas die vrijkomt tijdens een test. De grafieken van verschillende testen kunnen daarnaast niet onderling vergeleken worden, omdat het debiet van de afvoerventilator niet bij alle testen gelijk was.

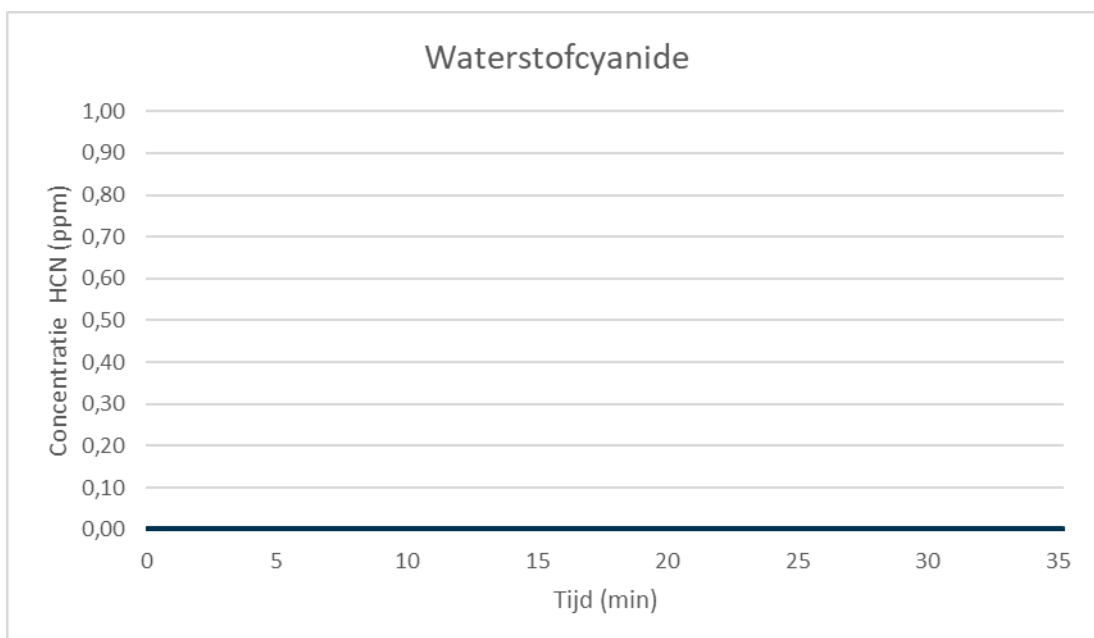
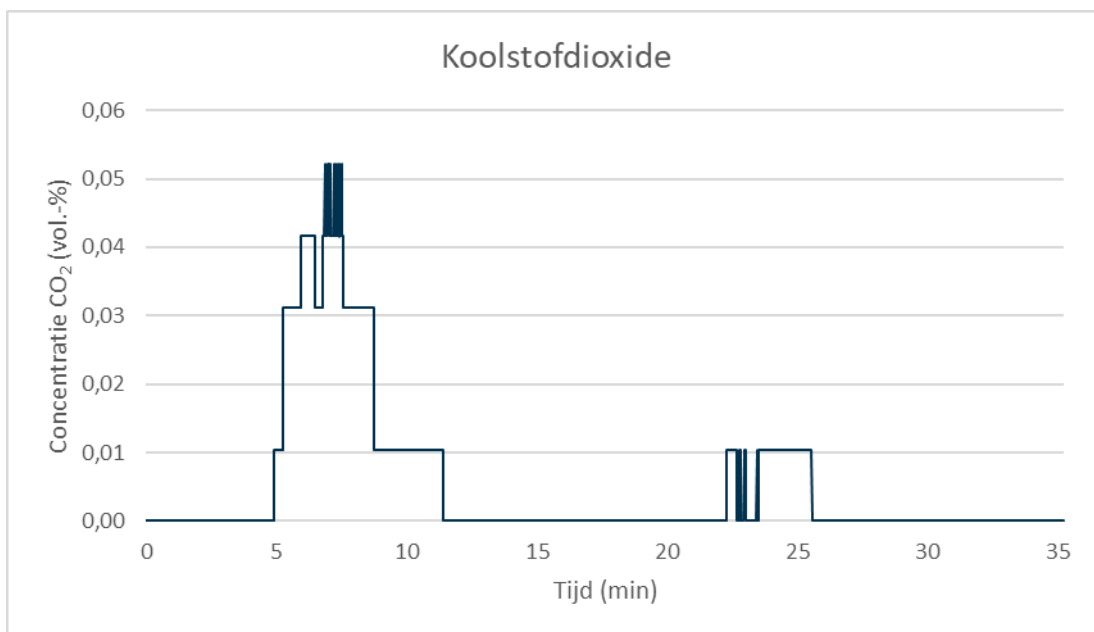
Testobject A: Niet-elektrische fiets zonder accessoires

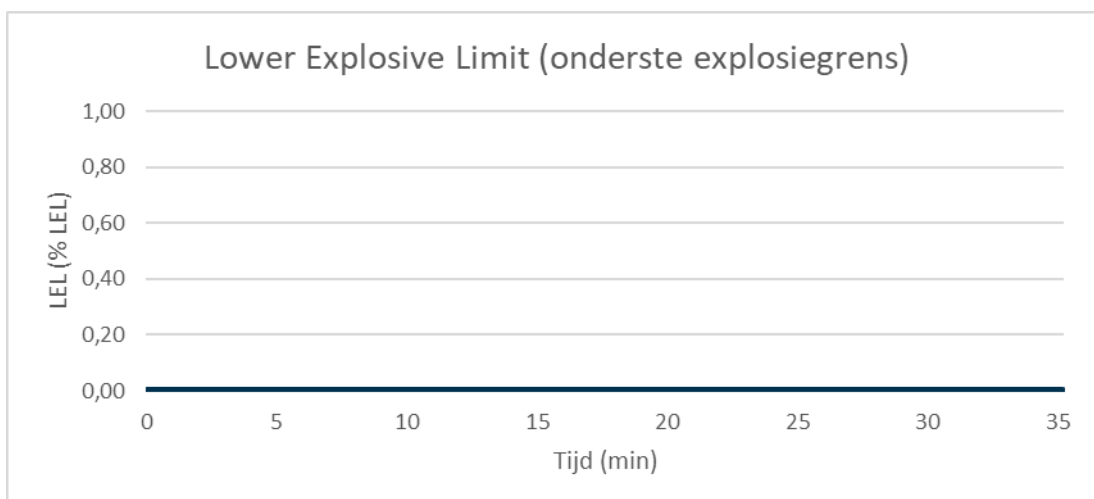
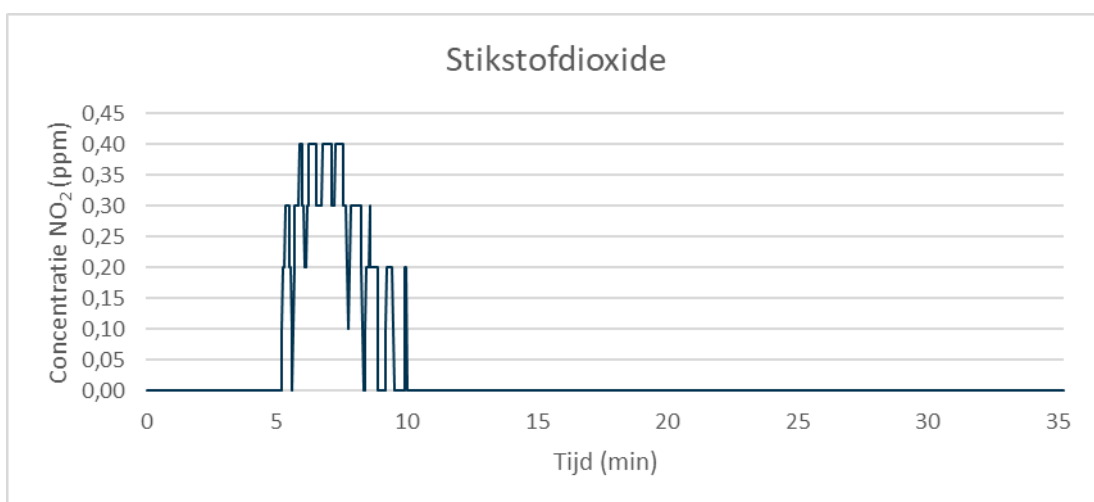
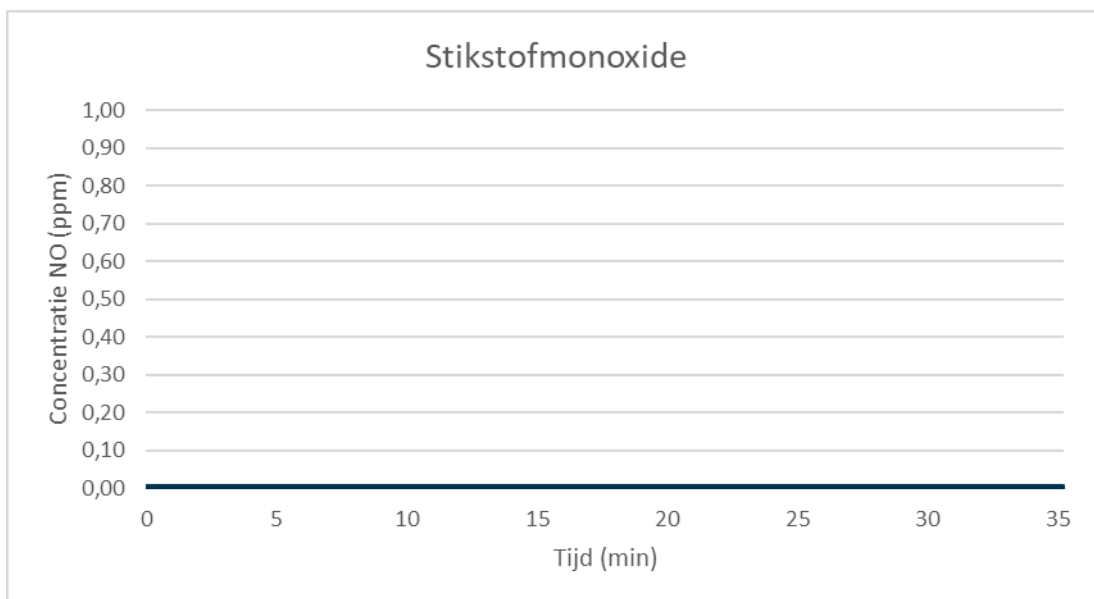


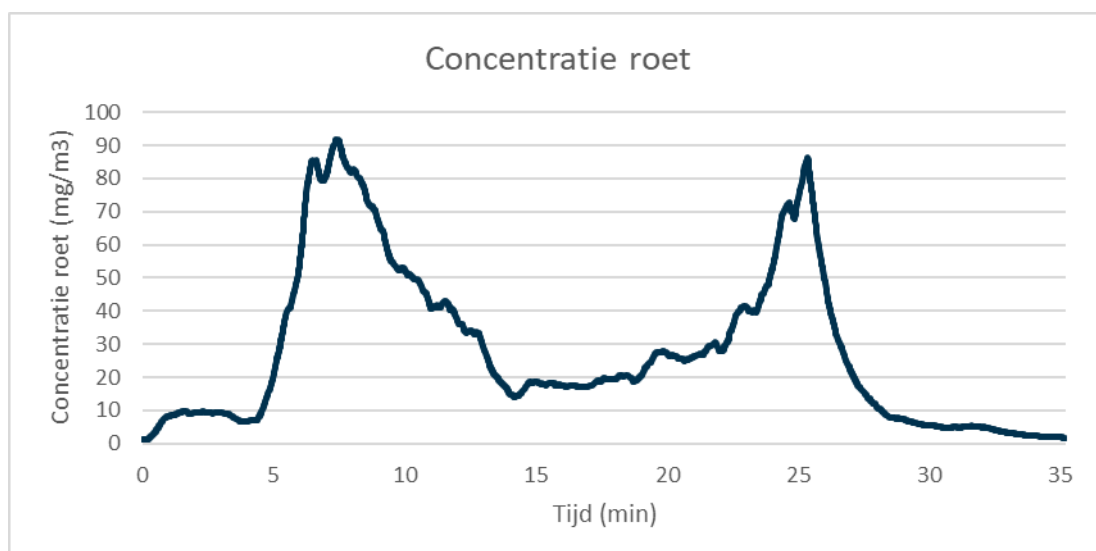
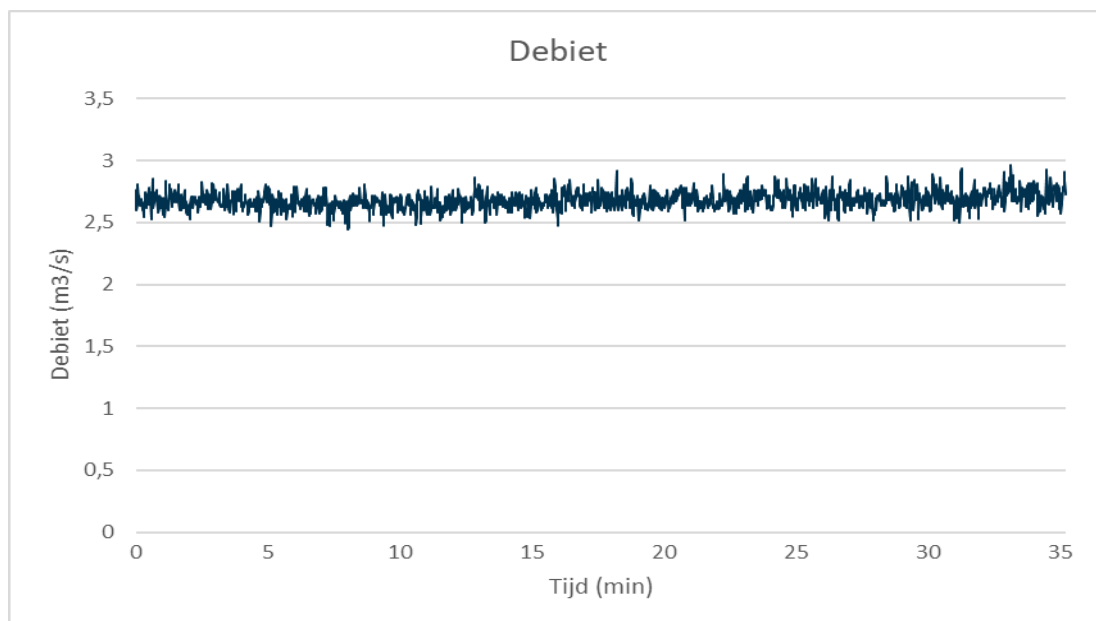




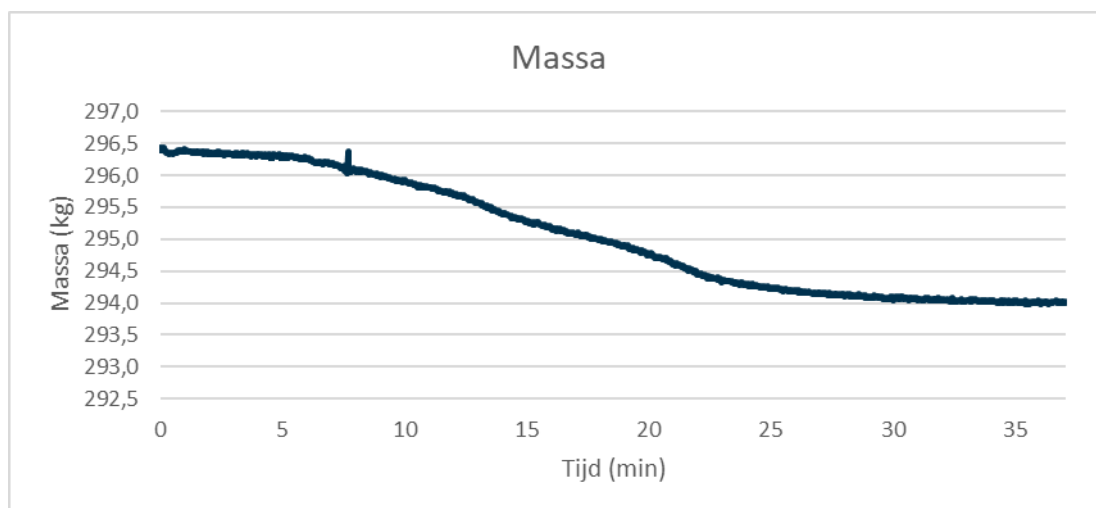
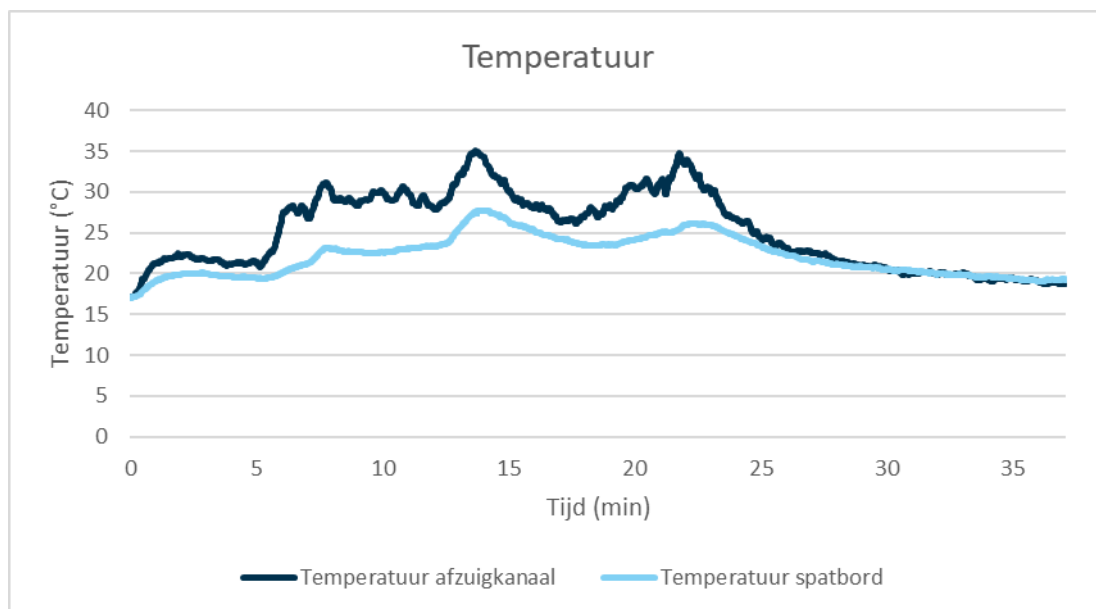
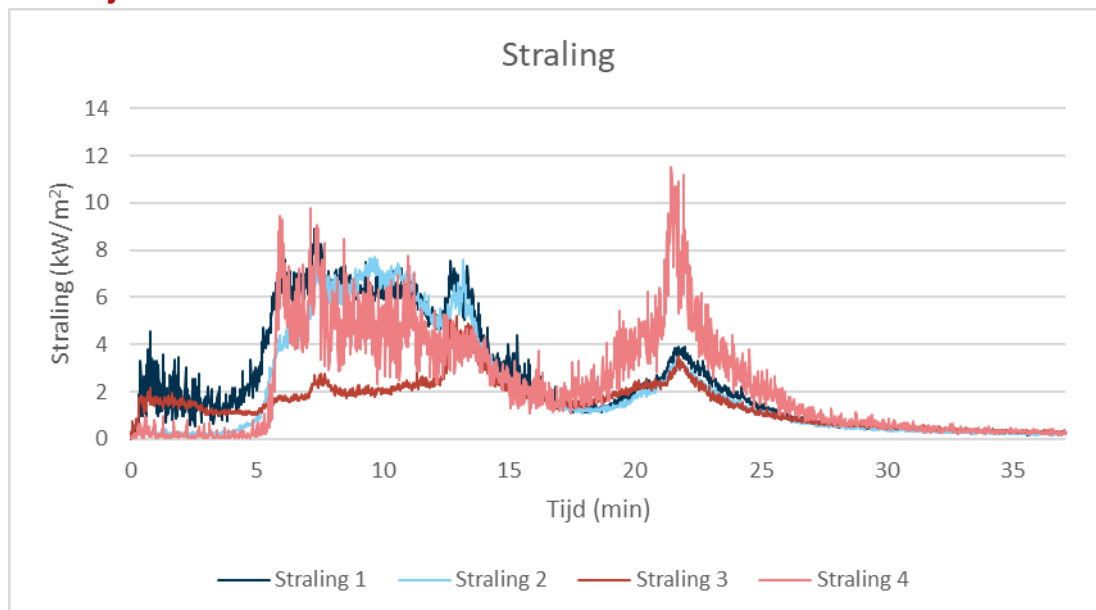
De grafieken van waterstoffluoride en zuurstof zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

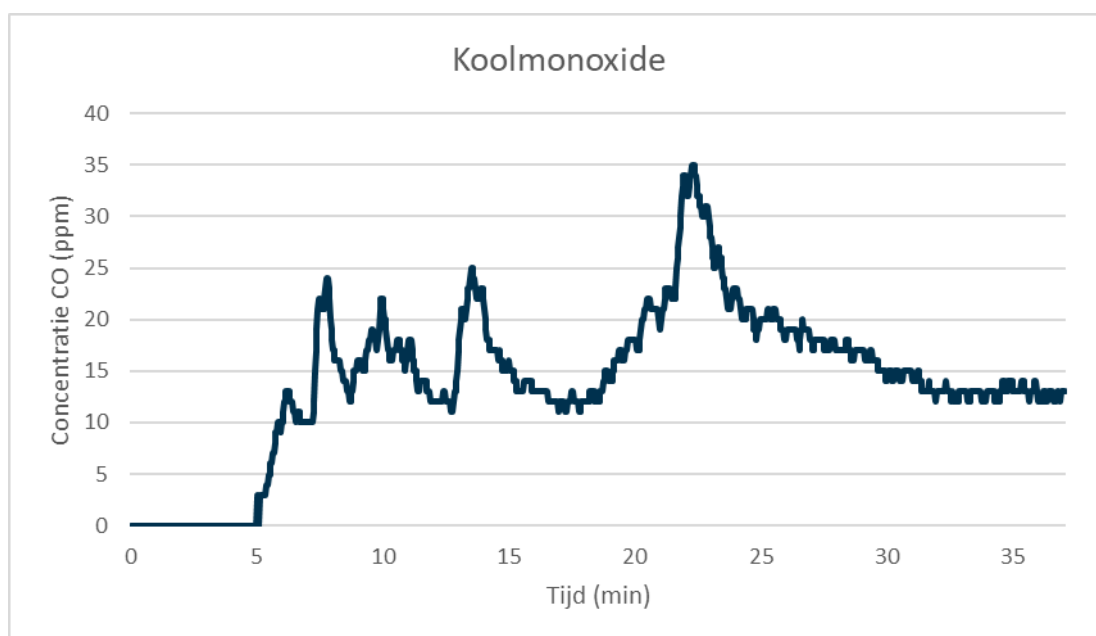
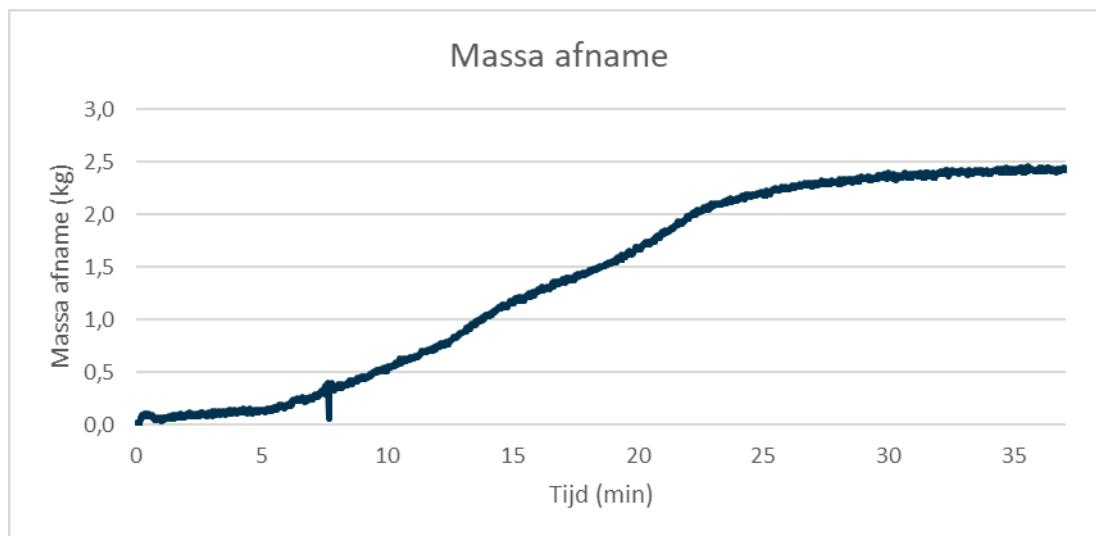




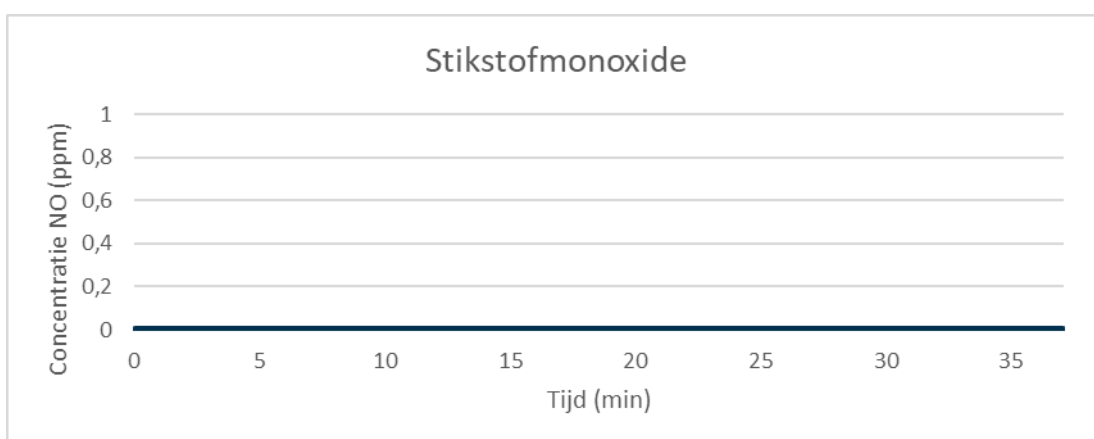
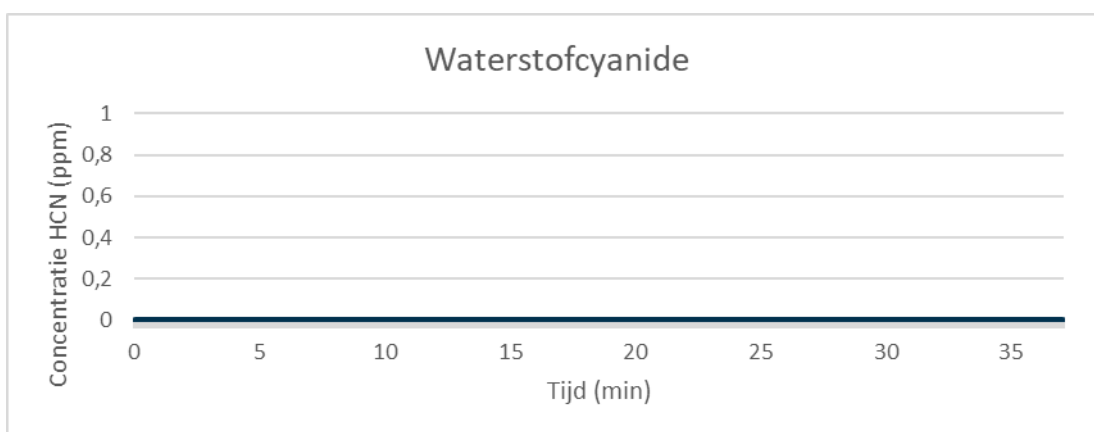
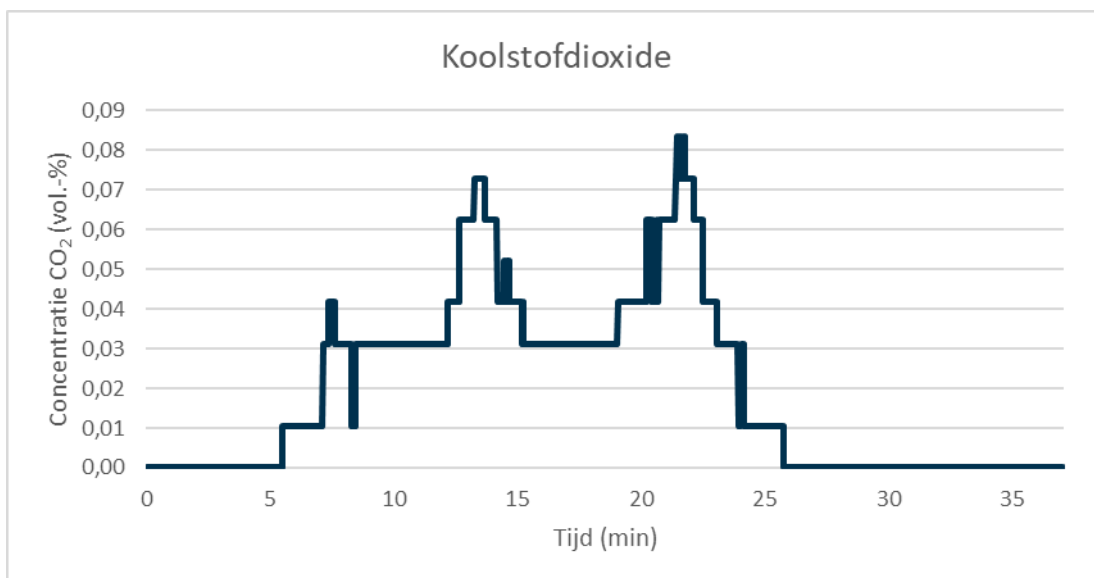


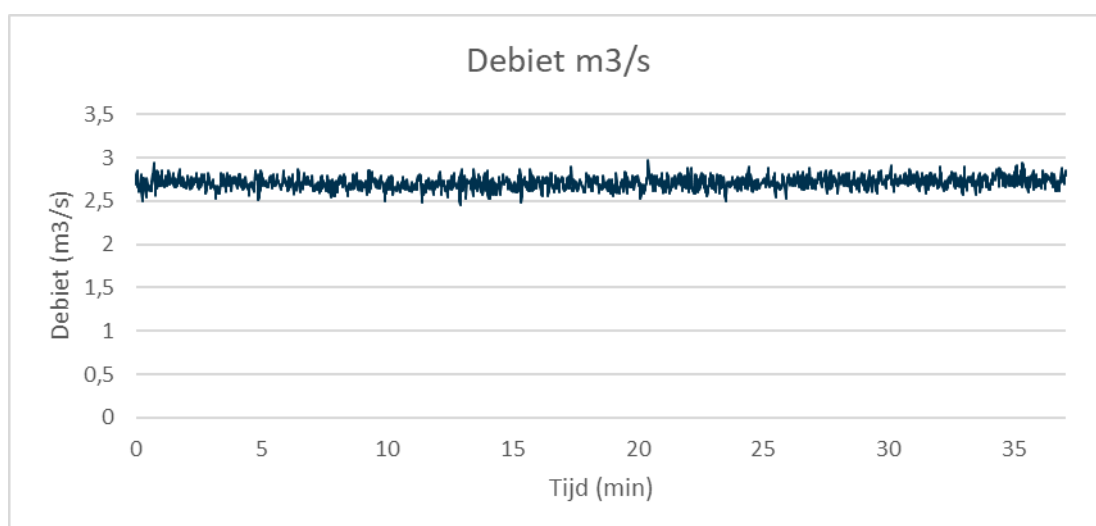
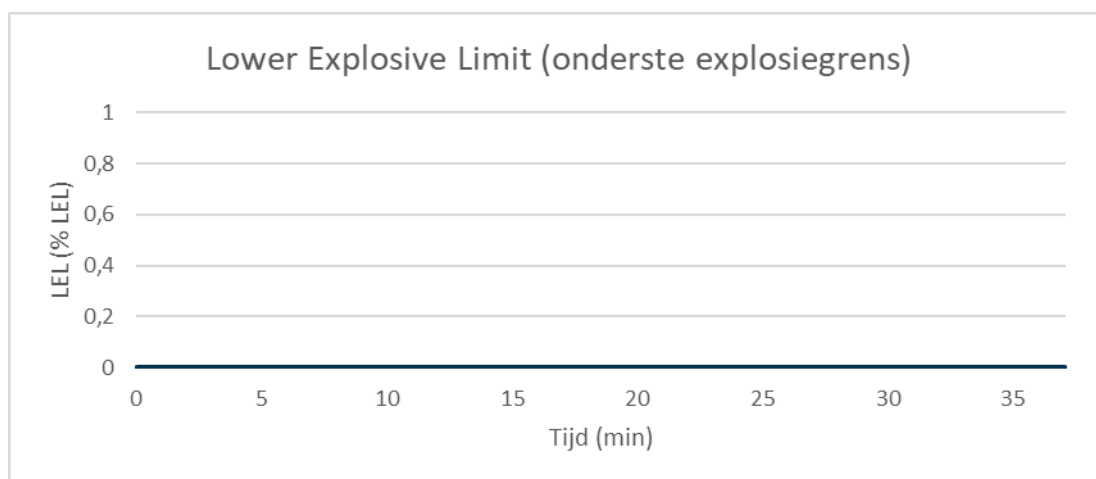
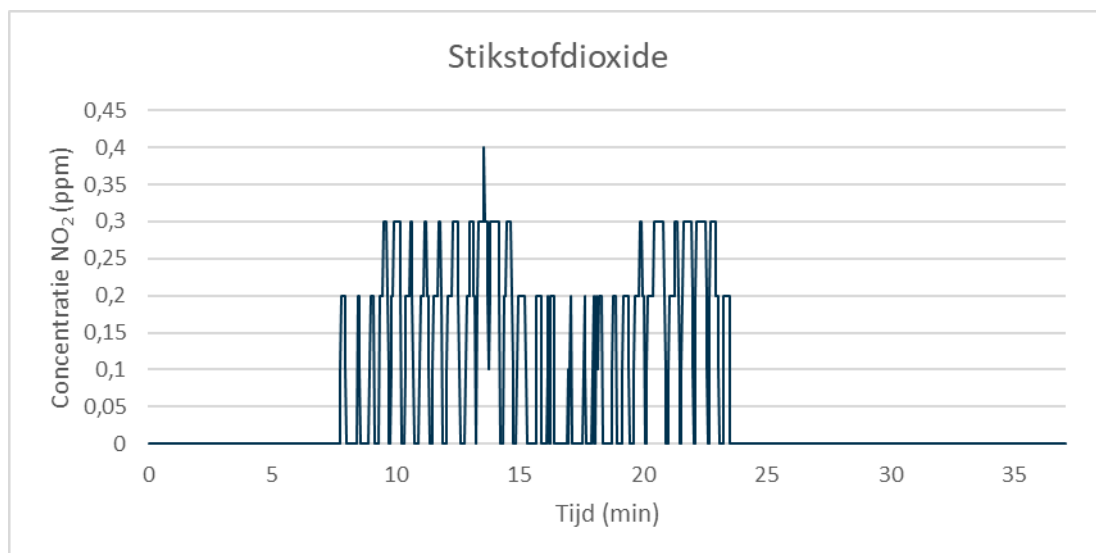
Testobject B: Niet-elektrische fiets met dubbele fietstas

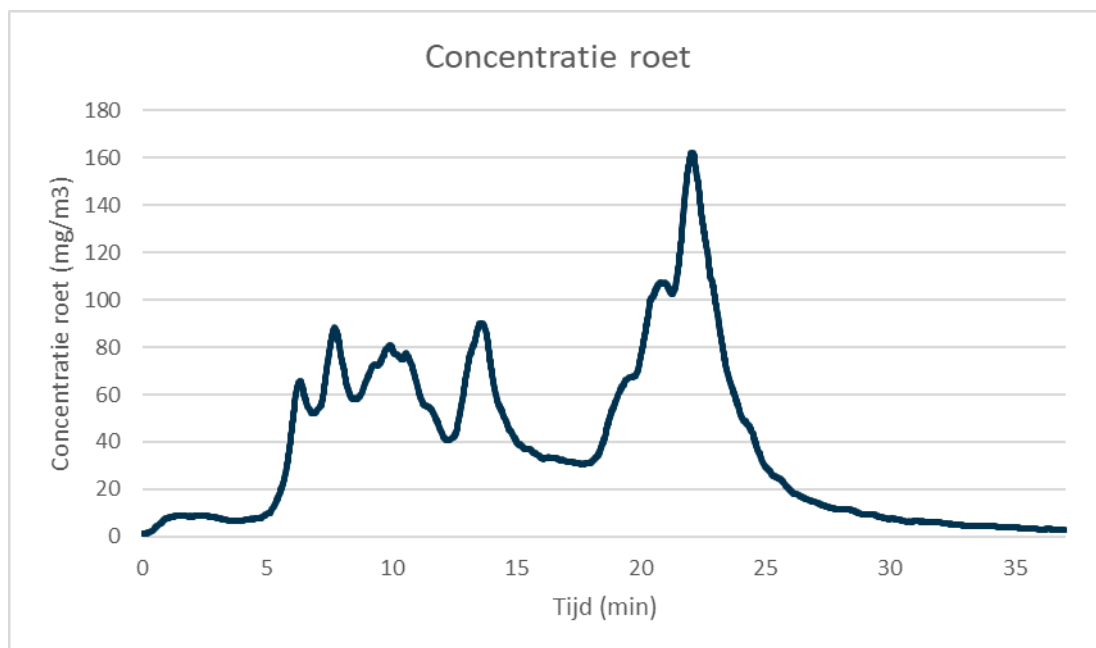




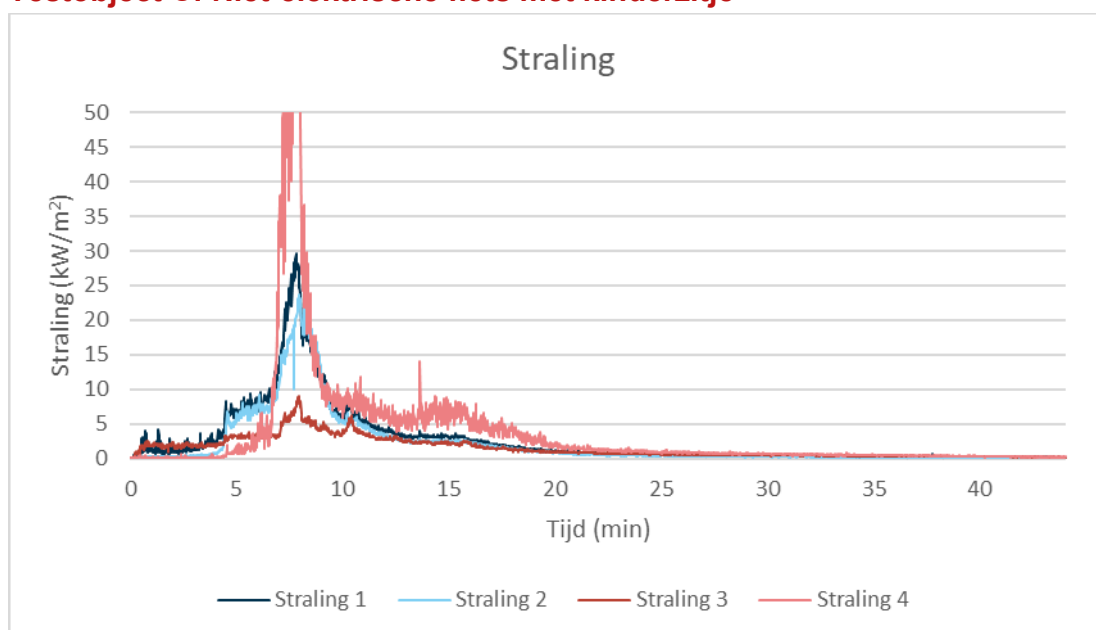
De grafieken van waterstoffluoride en zuurstof zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

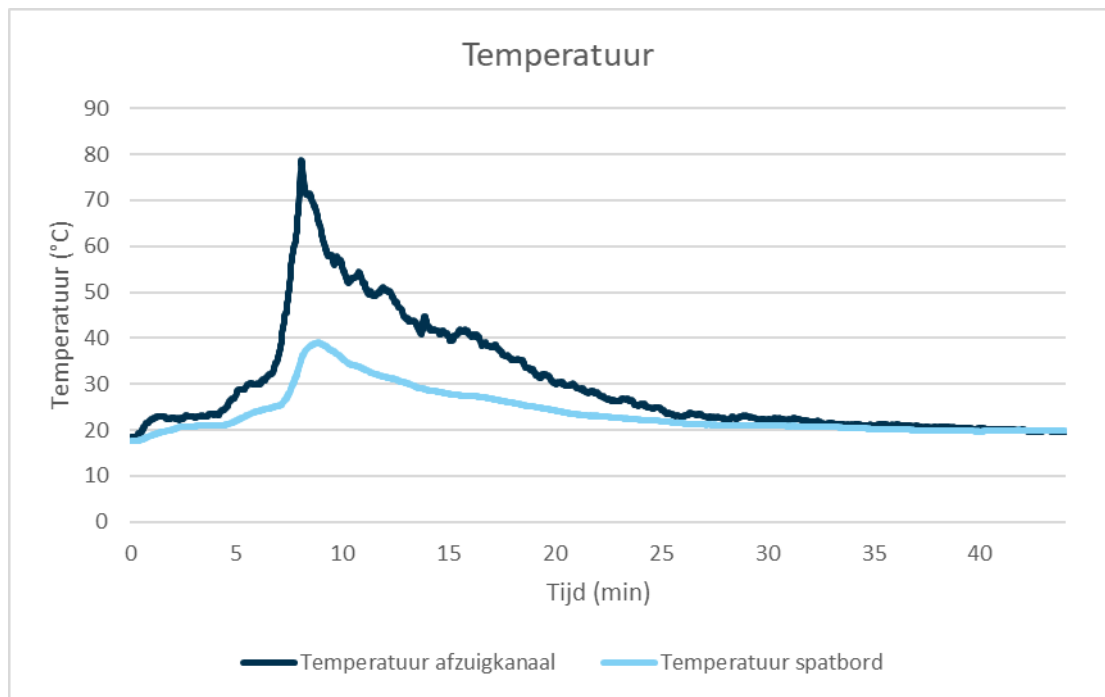




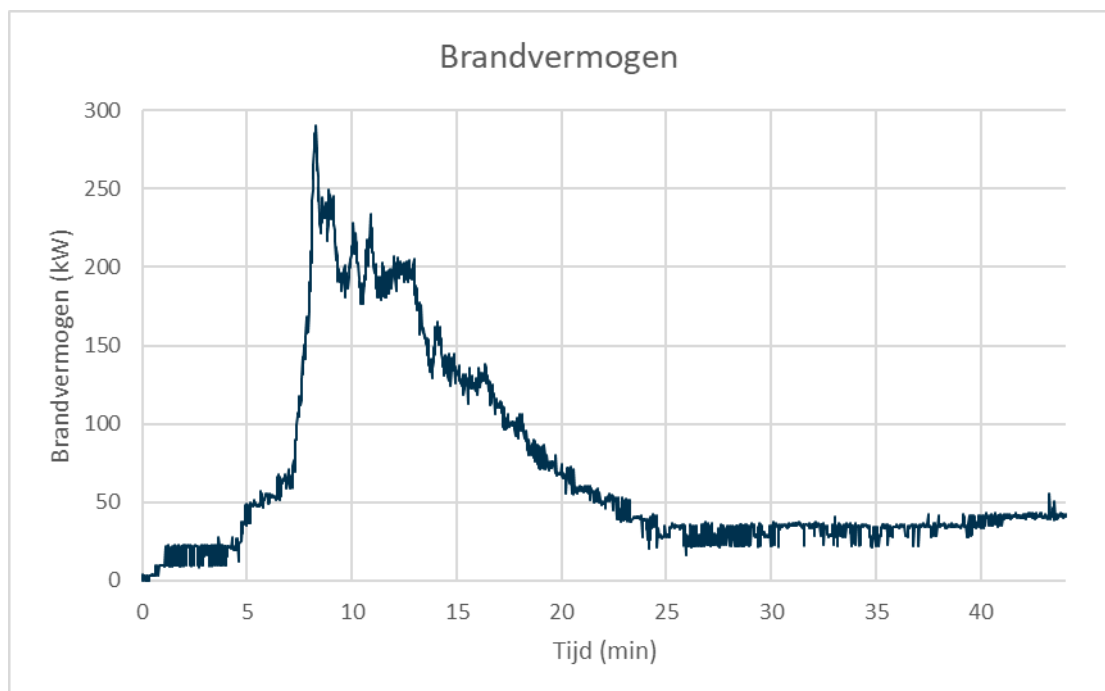


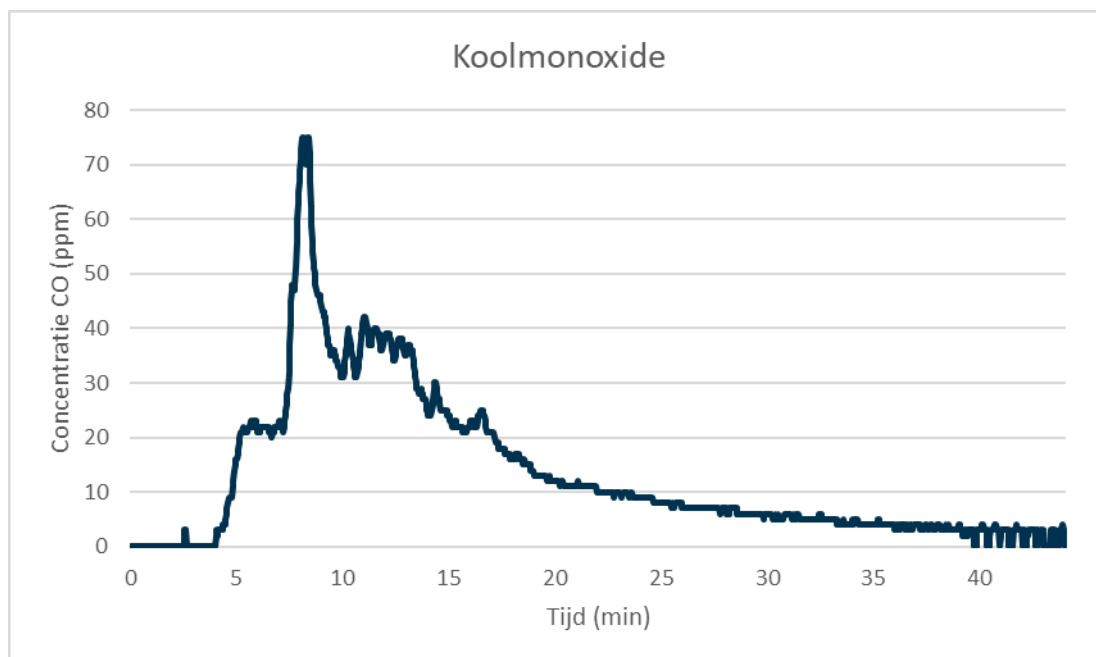
Testobject C: Niet-elektrische fiets met kinderzitje



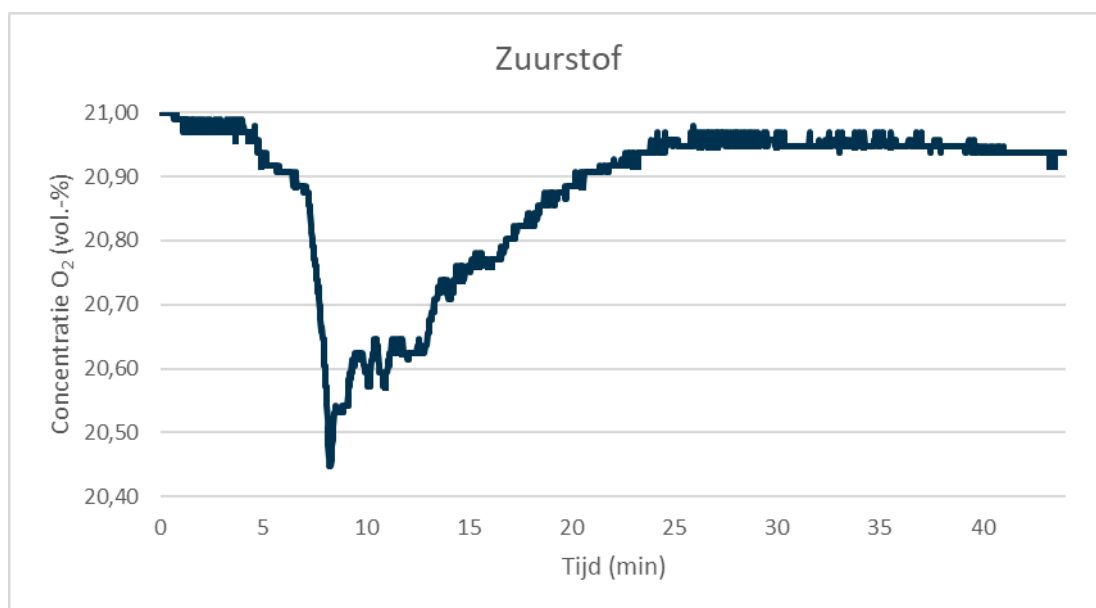


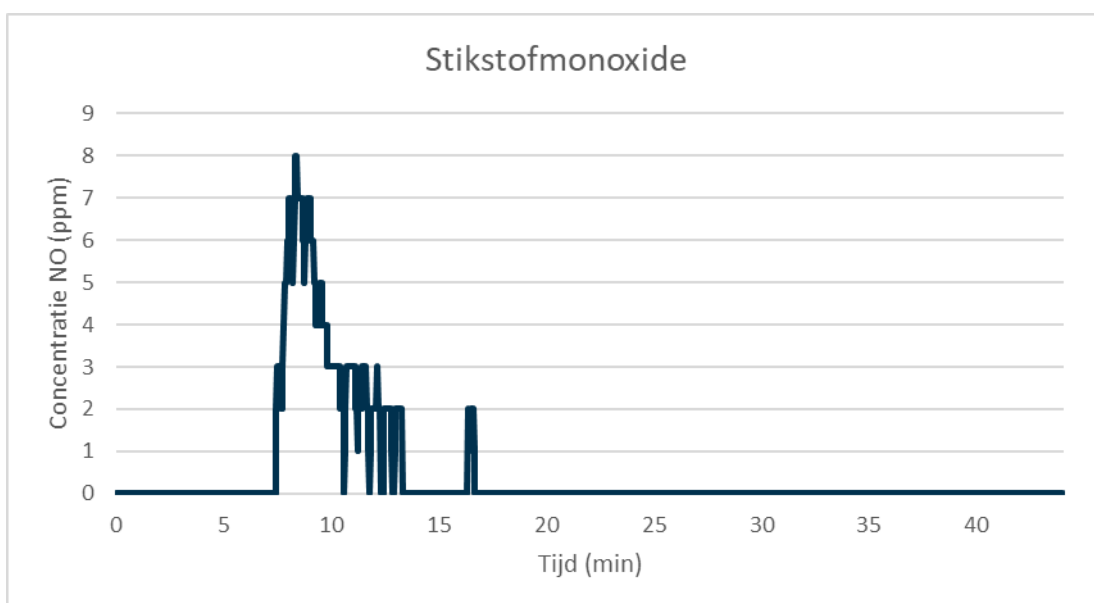
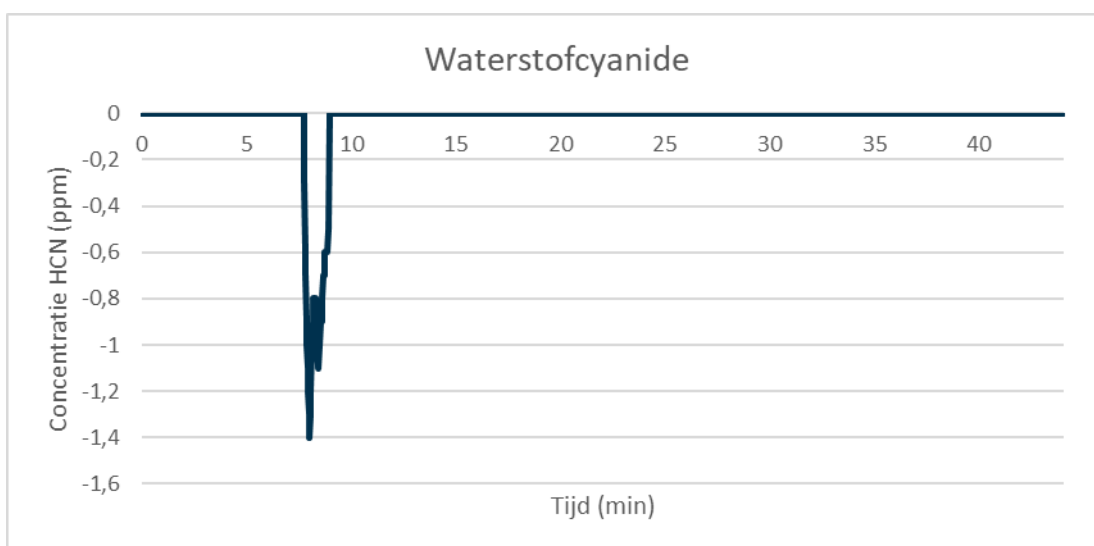
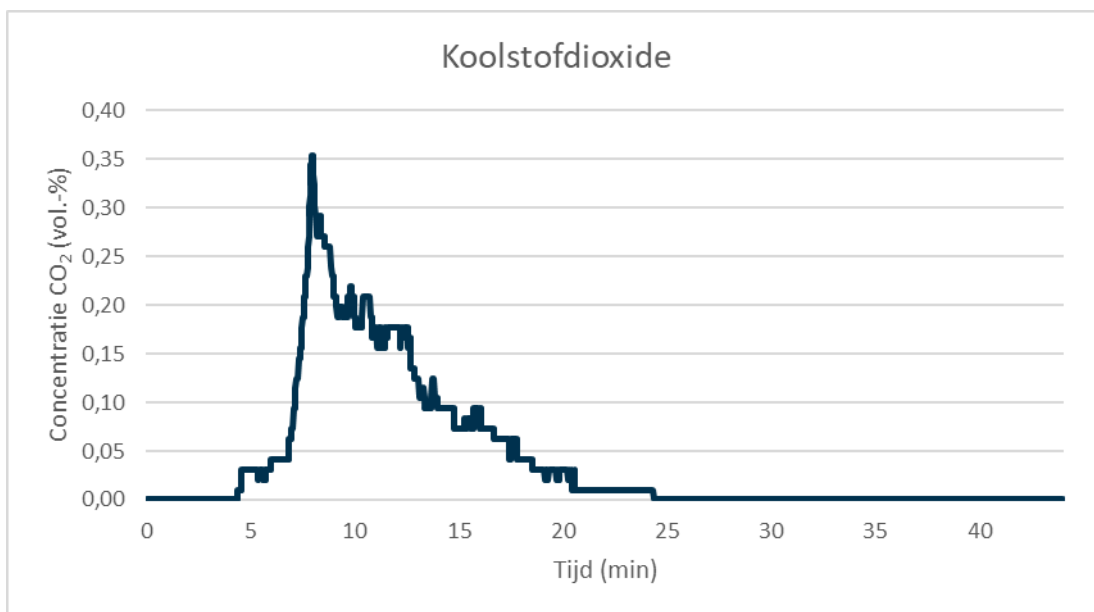
De grafiek van massa is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn (het kinderzitje is naast de weegschaal gevallen).

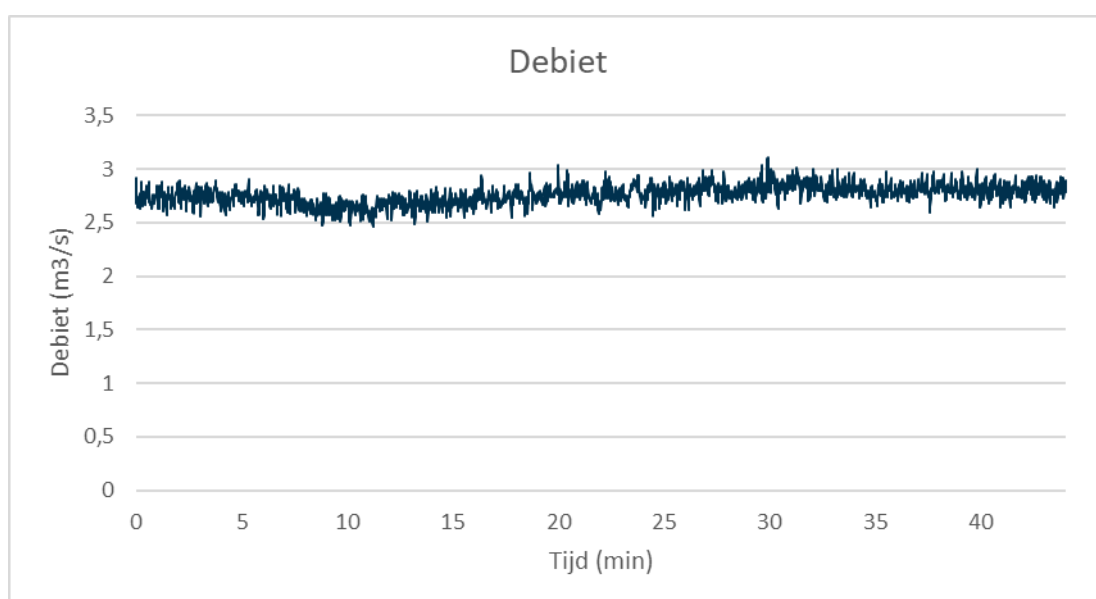
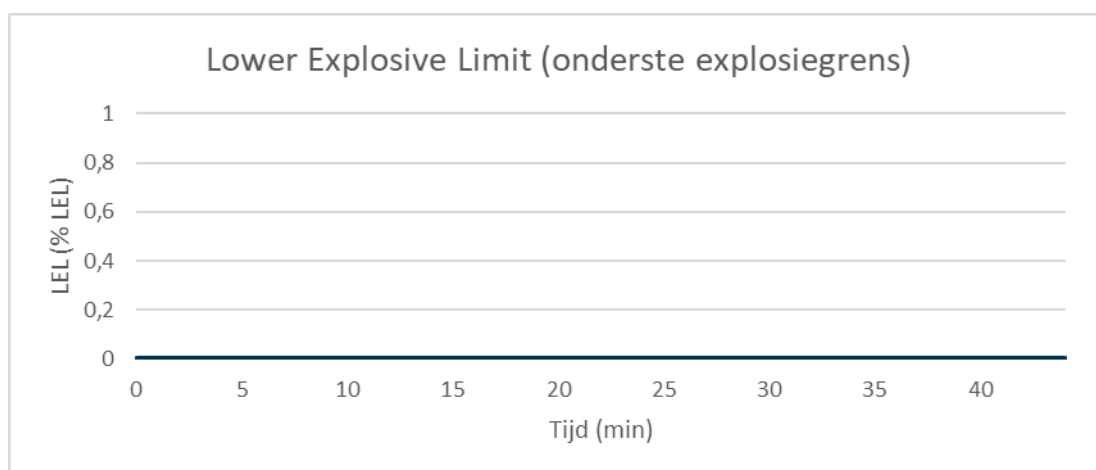
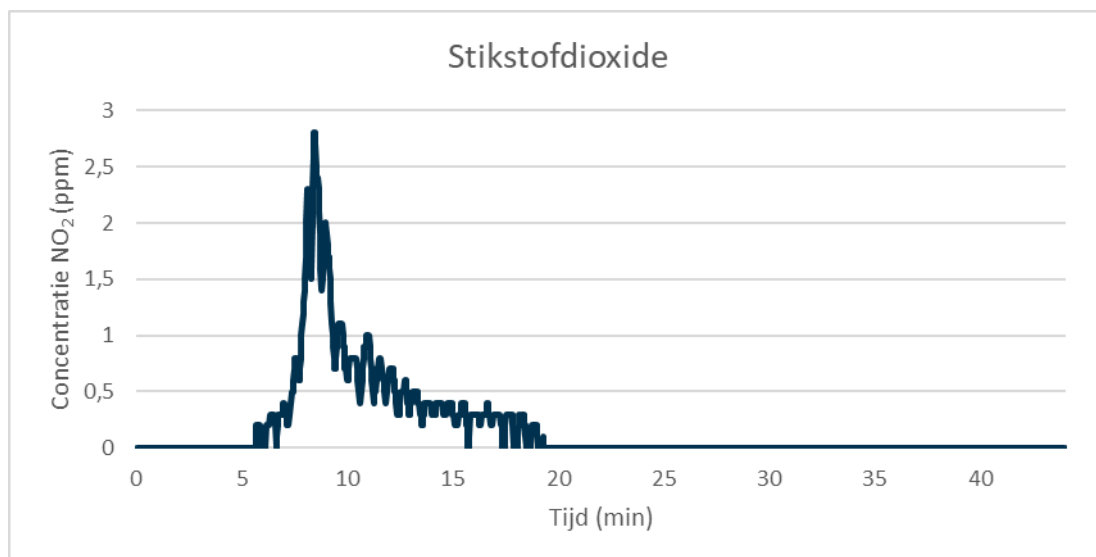


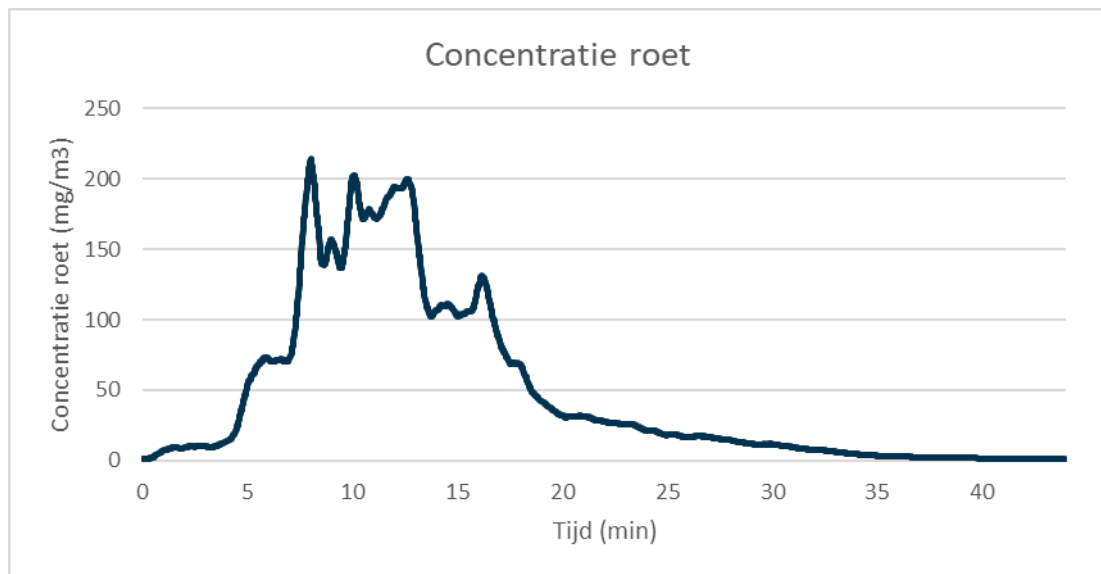


De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

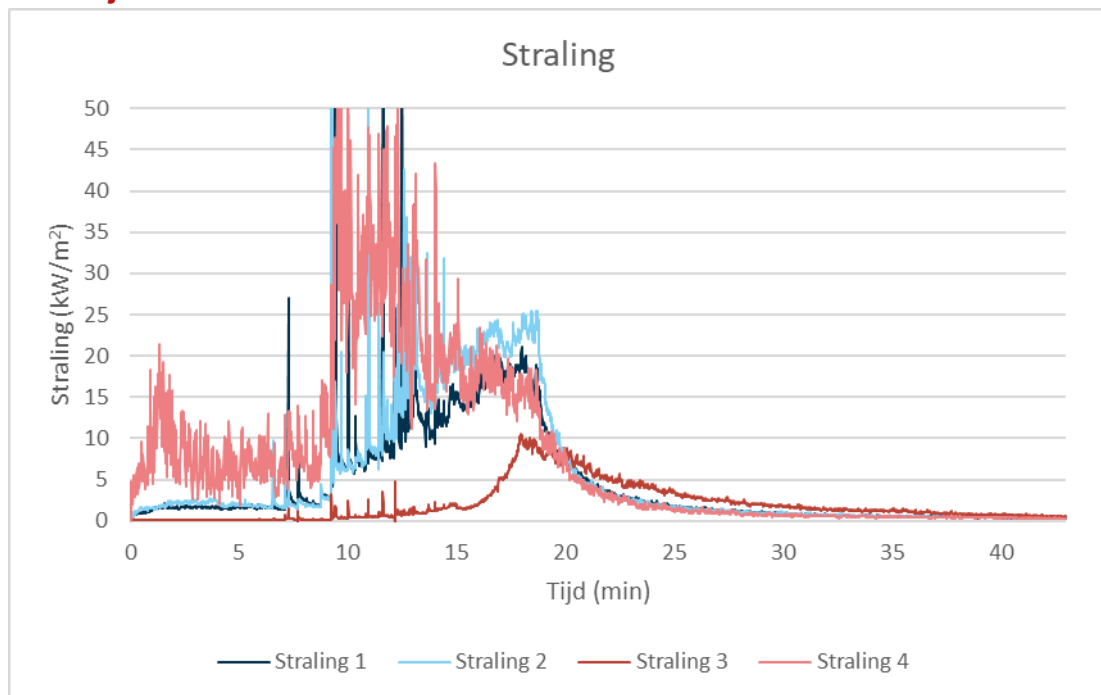


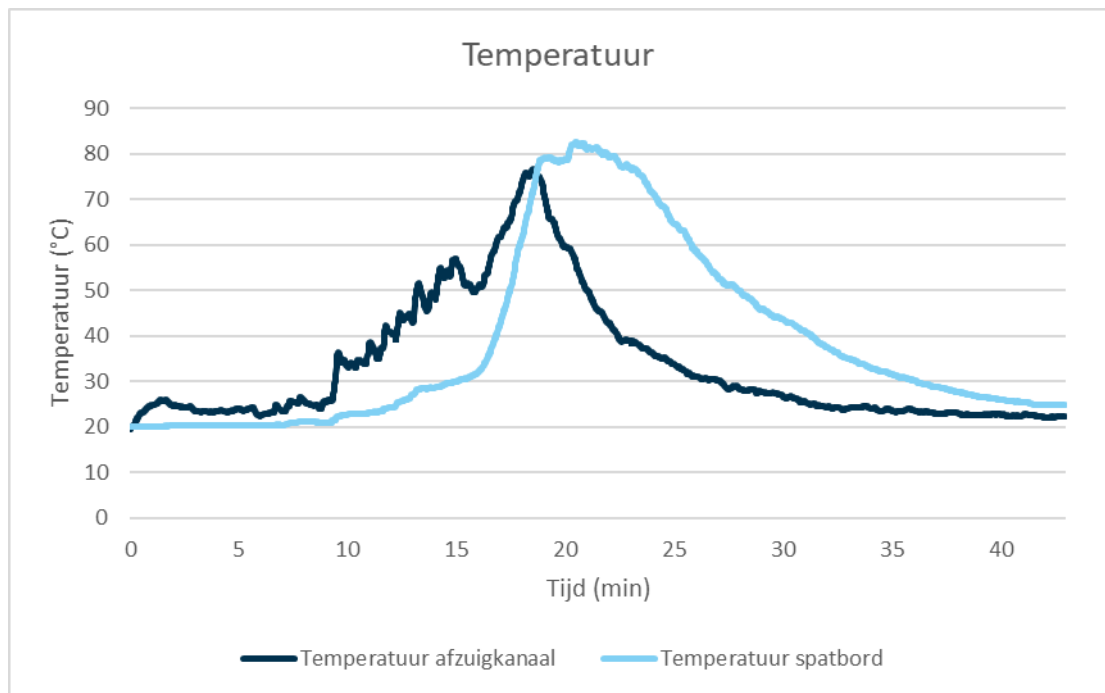




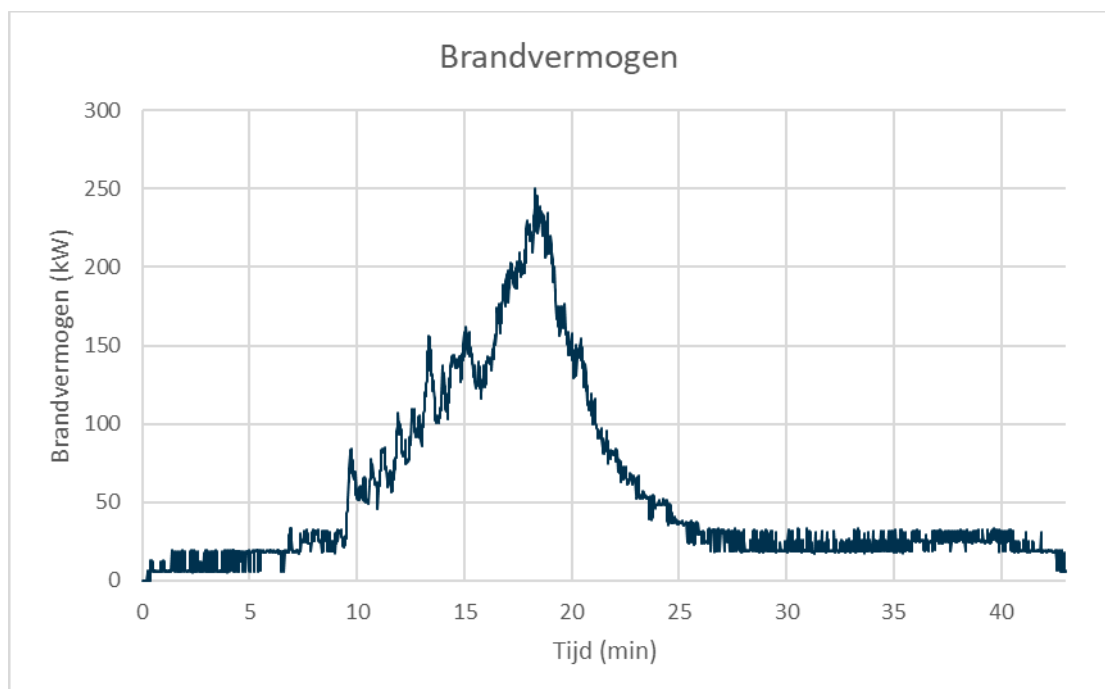


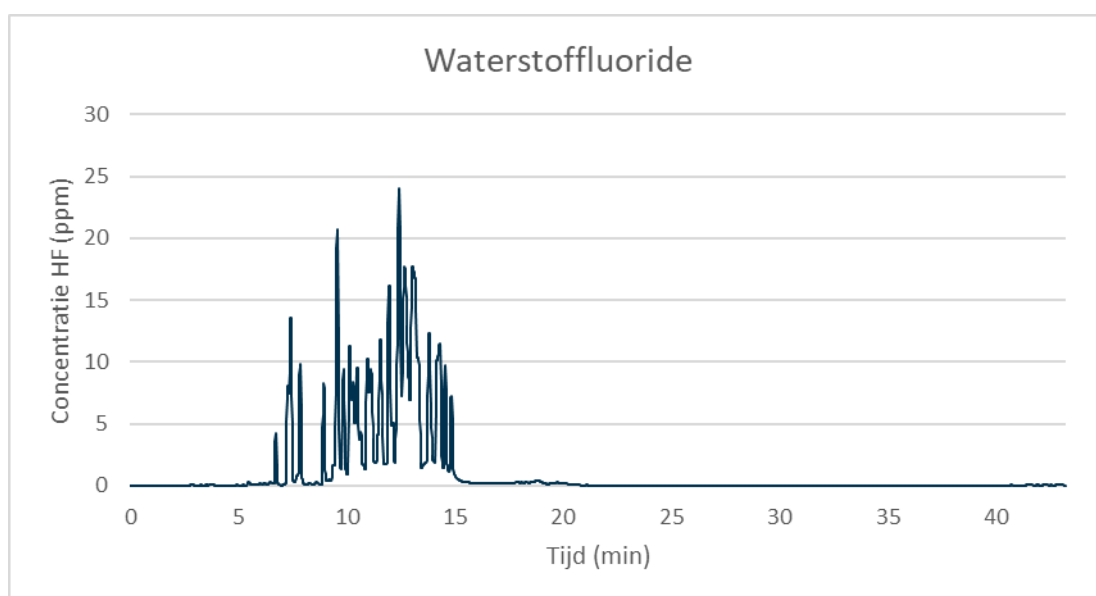
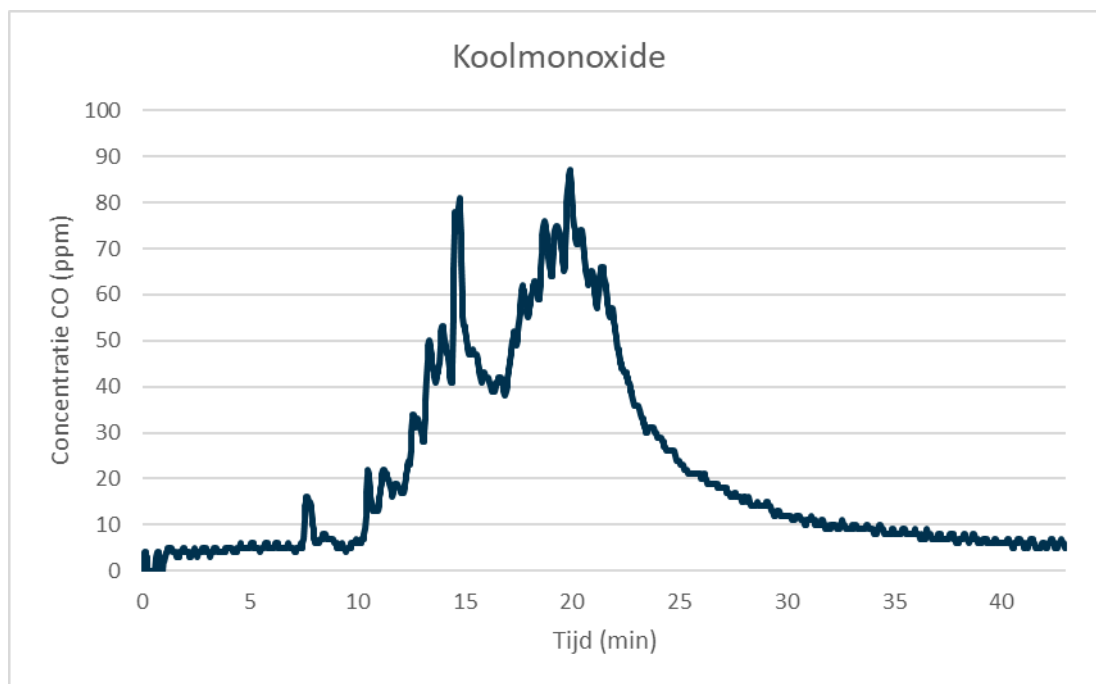
Testobject D: Elektrische fiets zonder accessoires

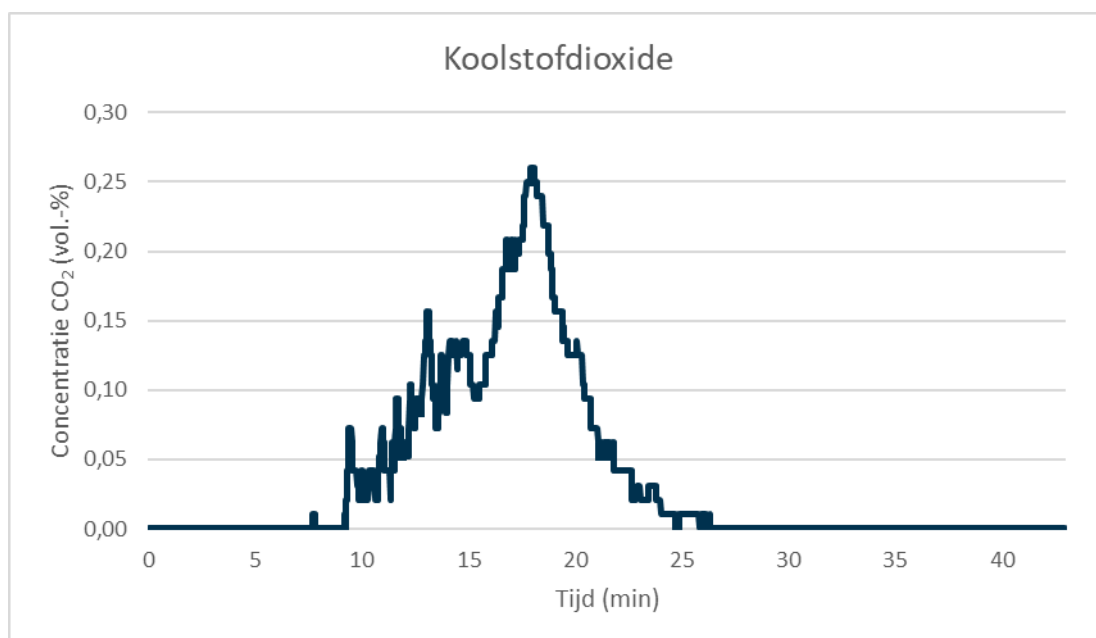
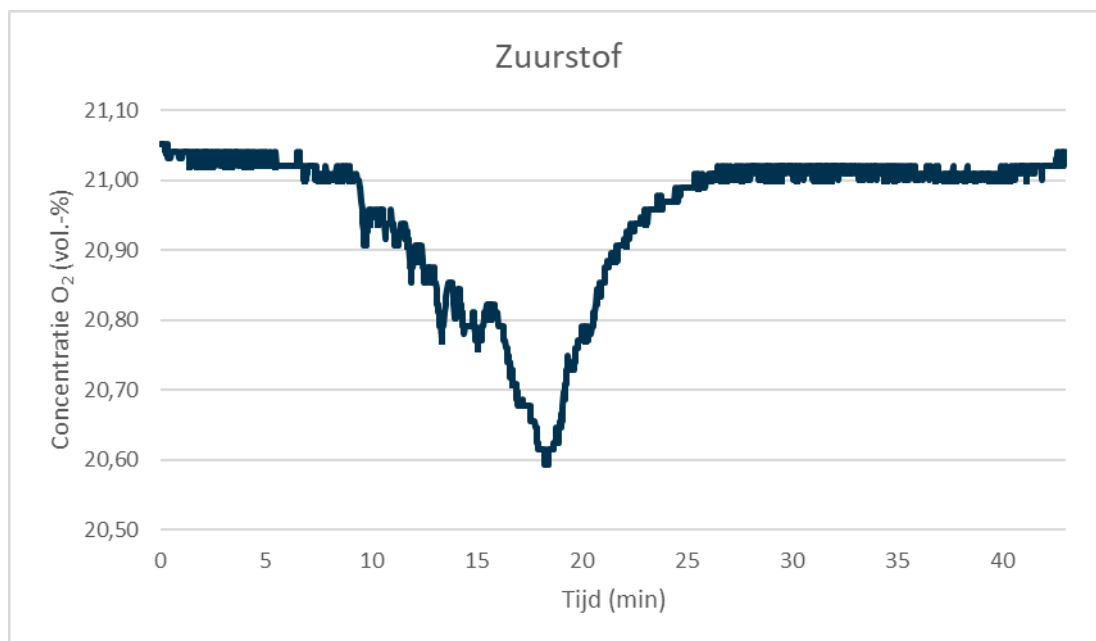


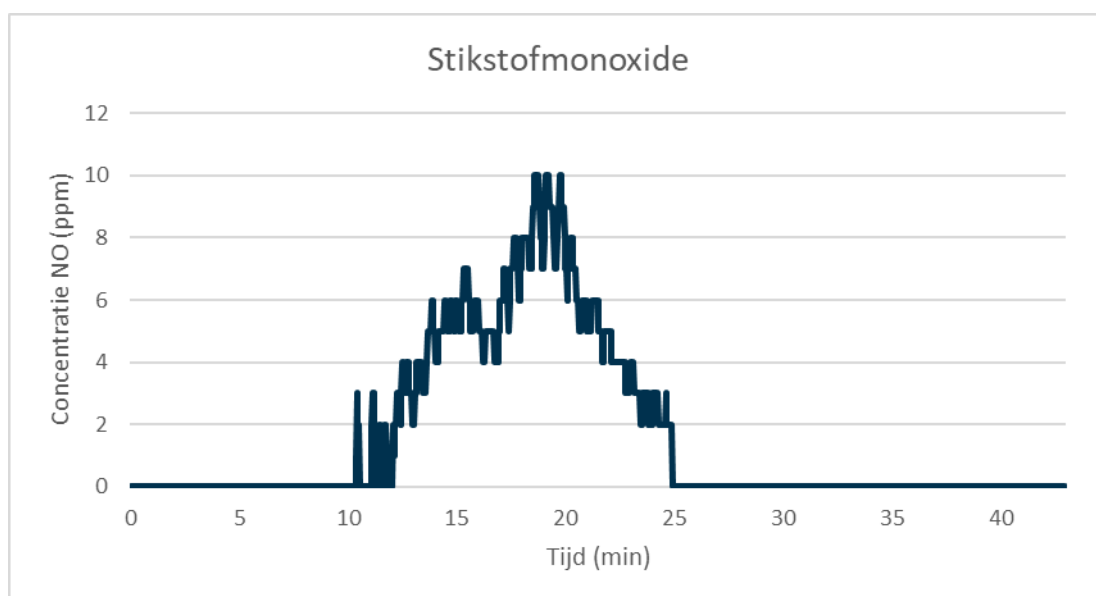
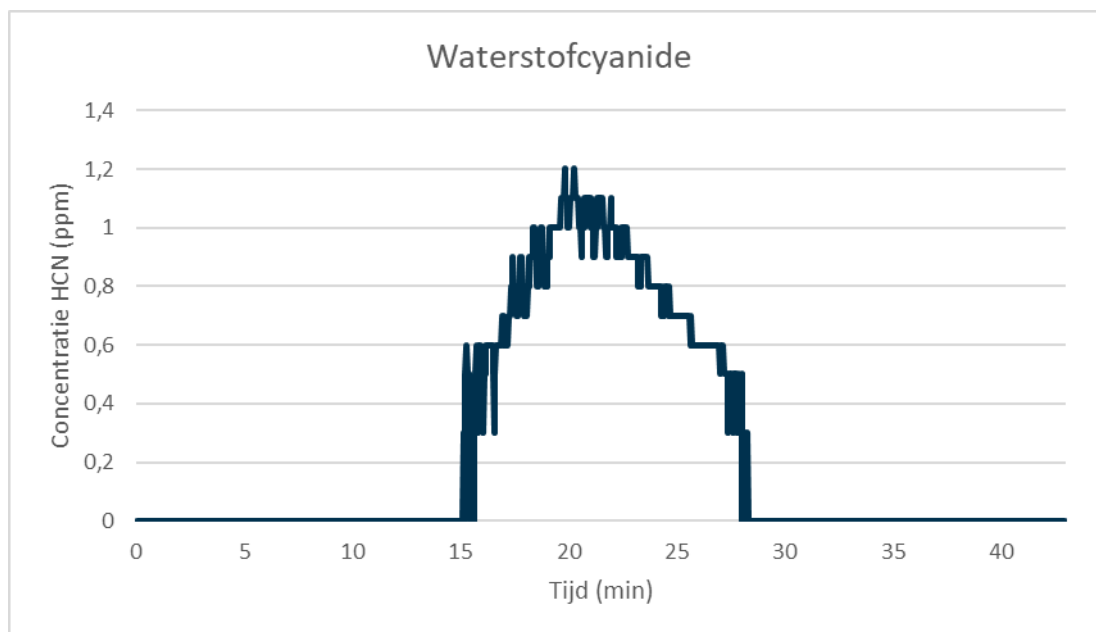


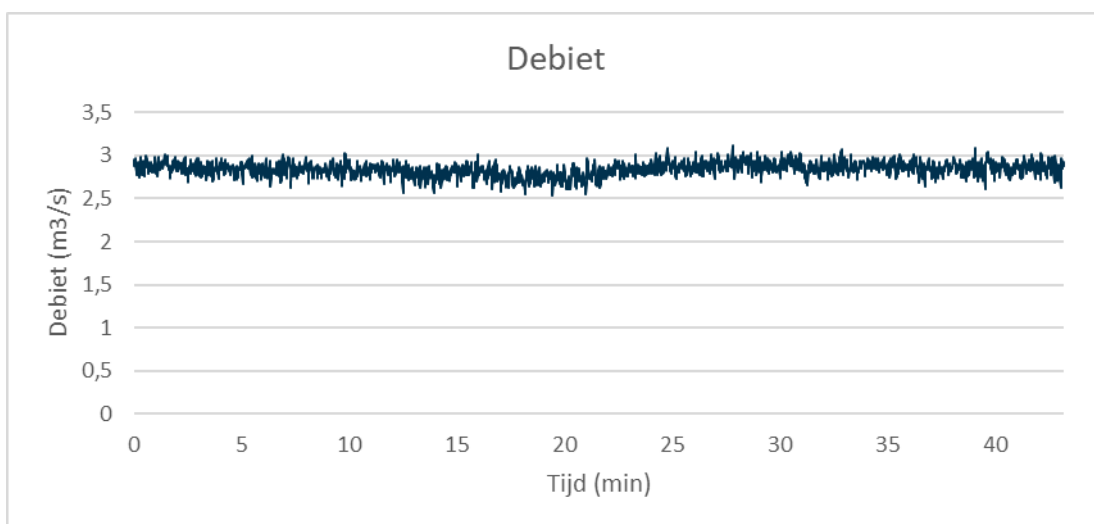
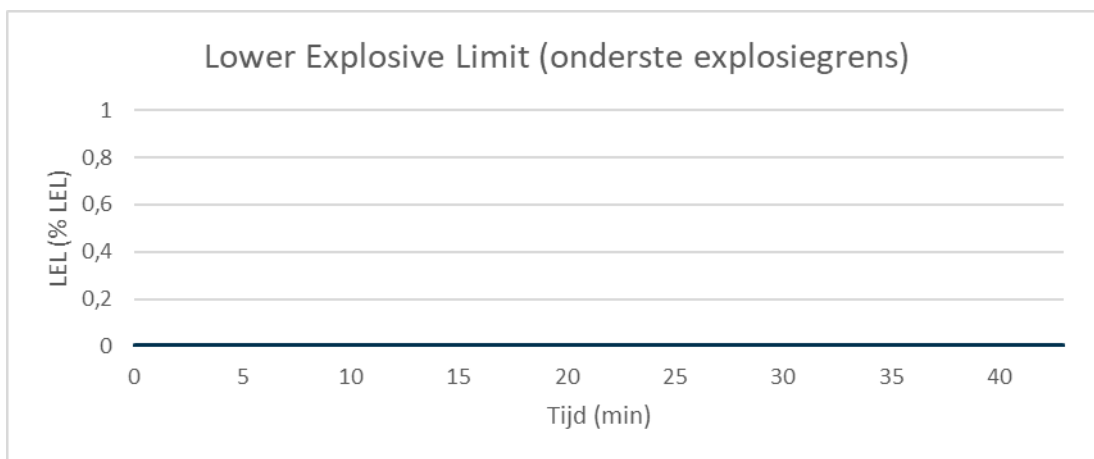
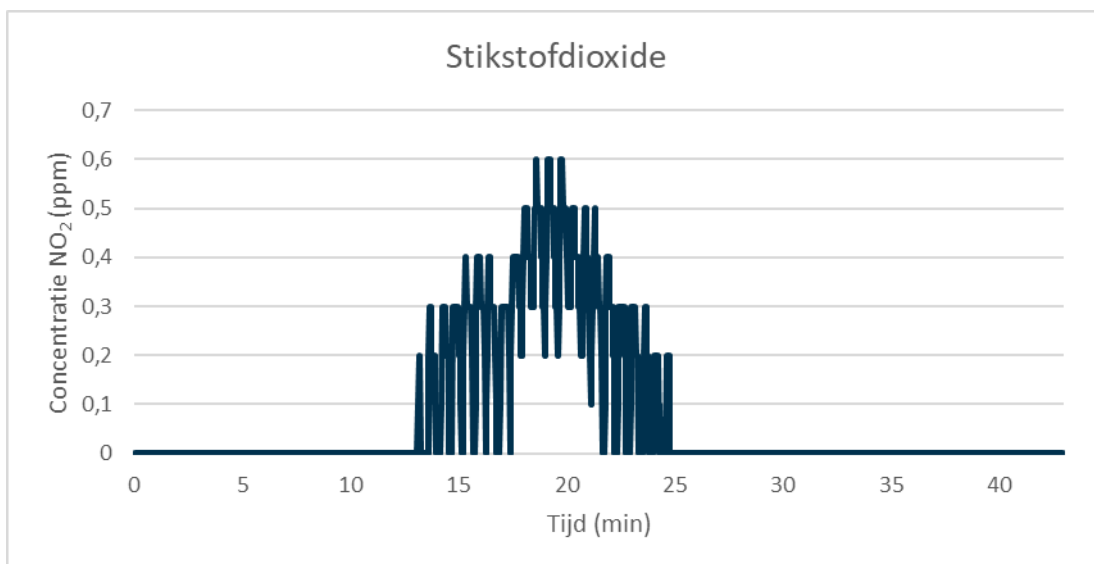
De grafieken van massa zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

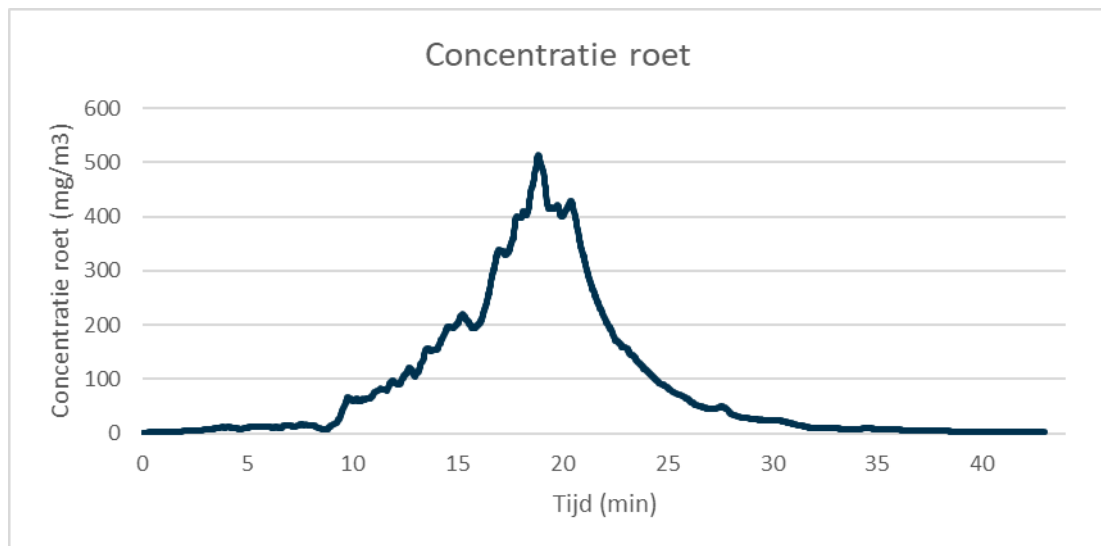




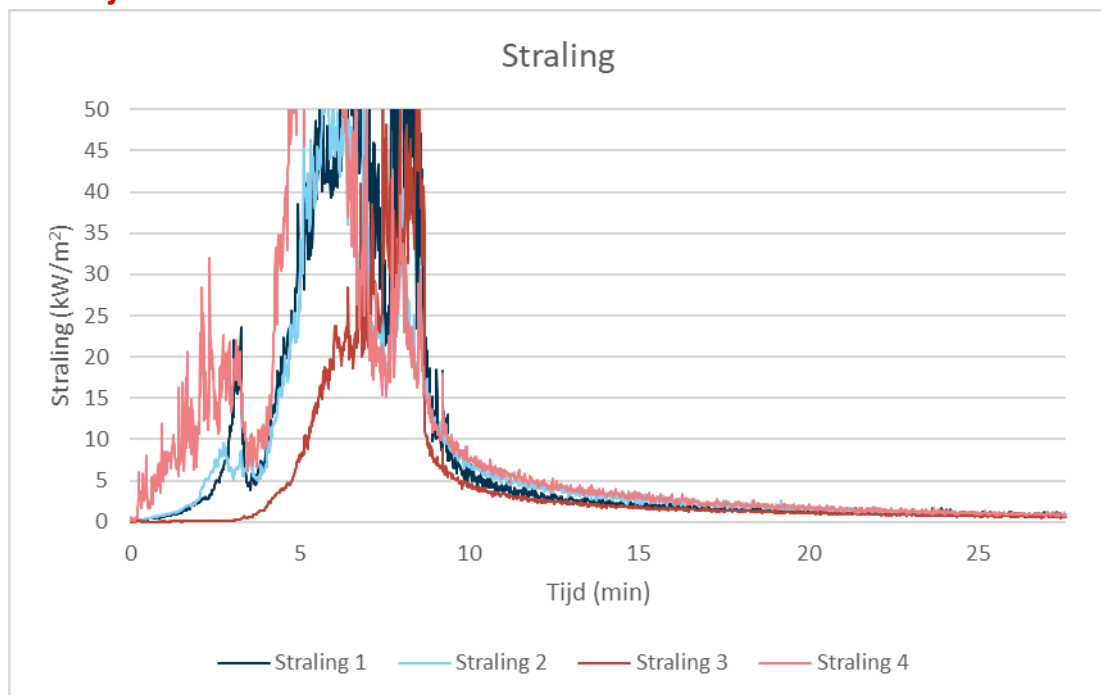




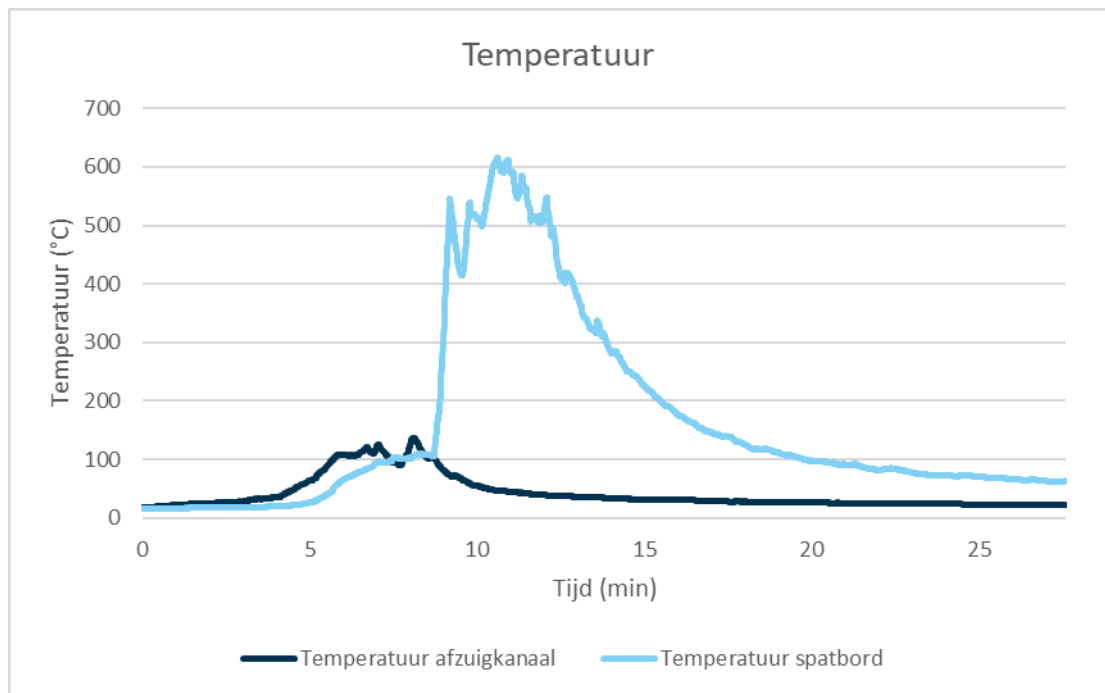




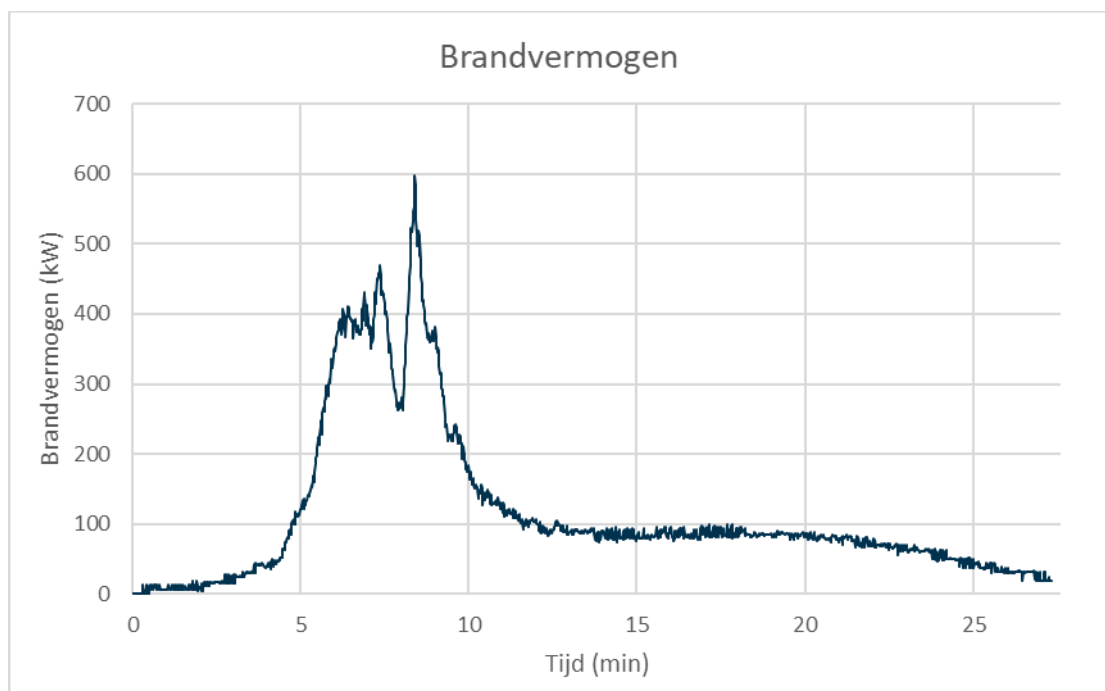
Testobject E: Elektrische fiets met dubbele fietstas

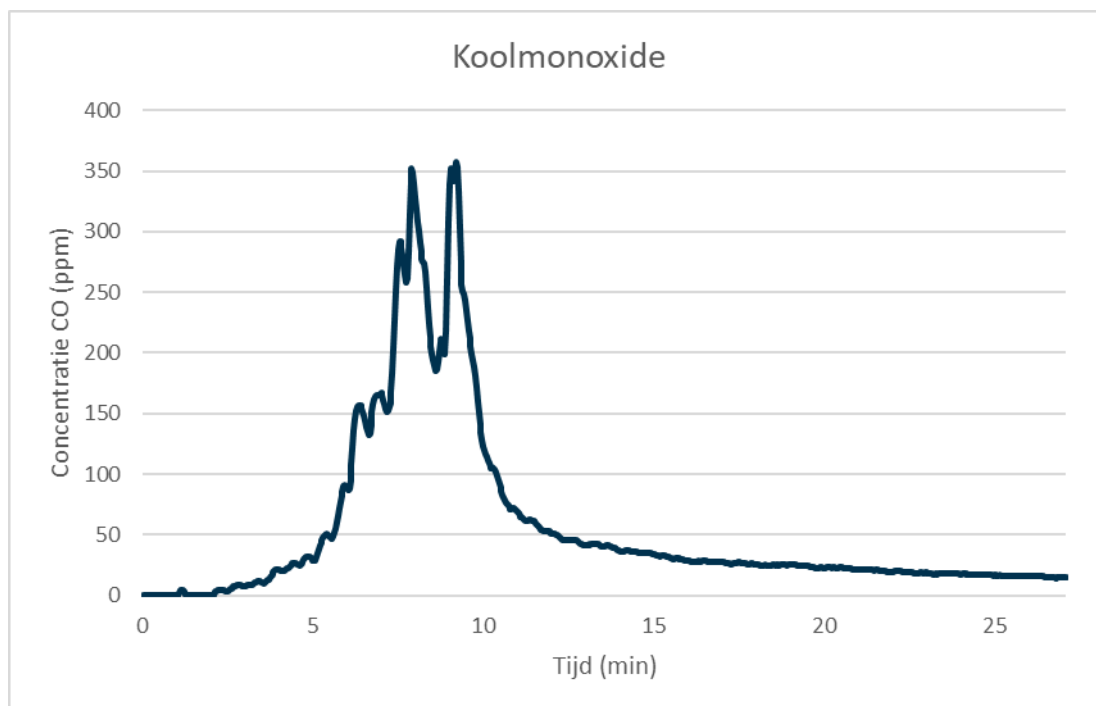


Het brandlab heeft aangegeven dat de data van de straling onbruikbaar zijn na 8 minuten en 38 seconden.

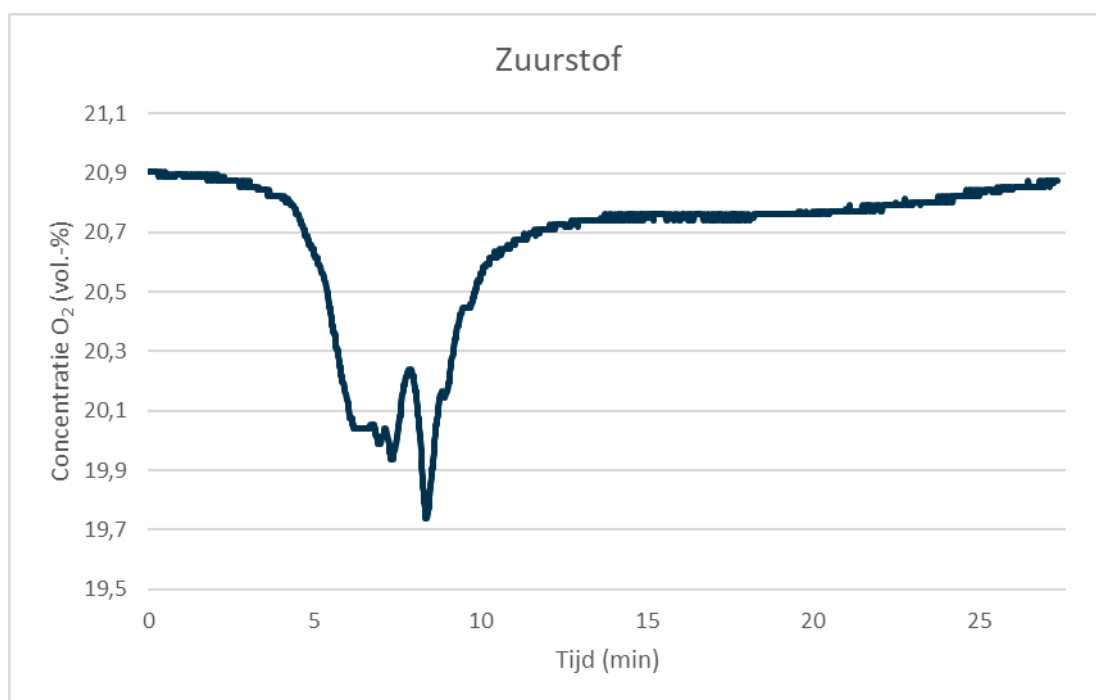


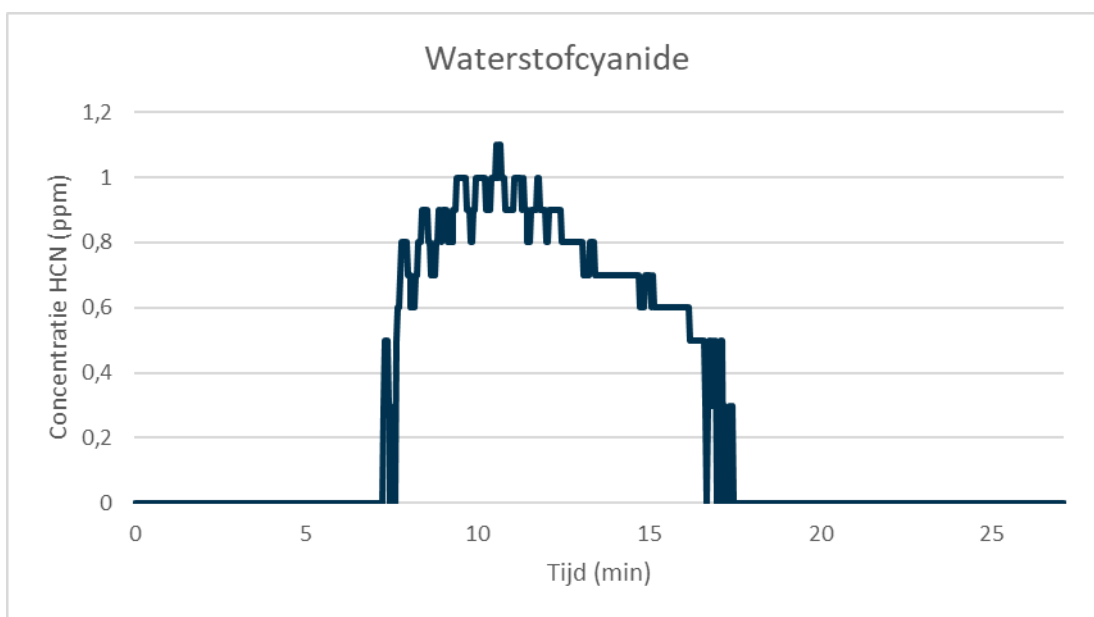
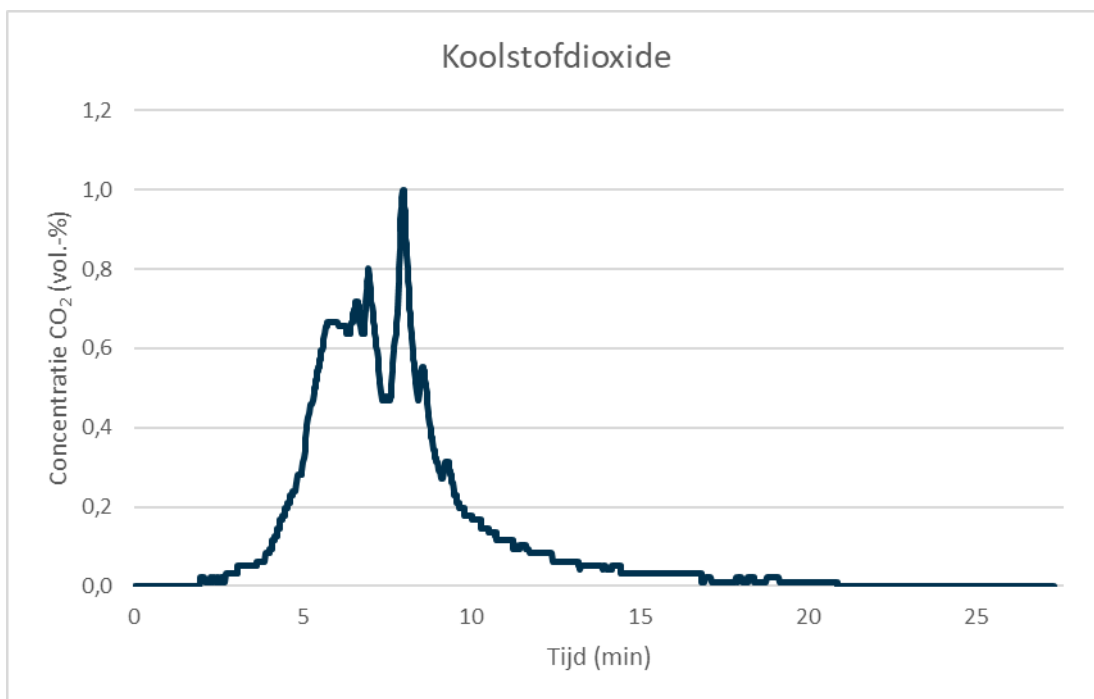
De grafieken van massa zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

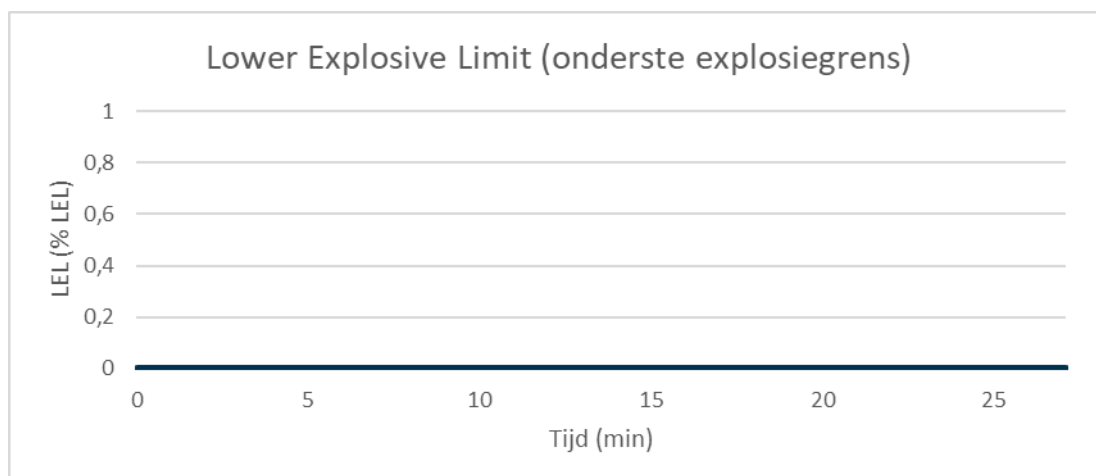
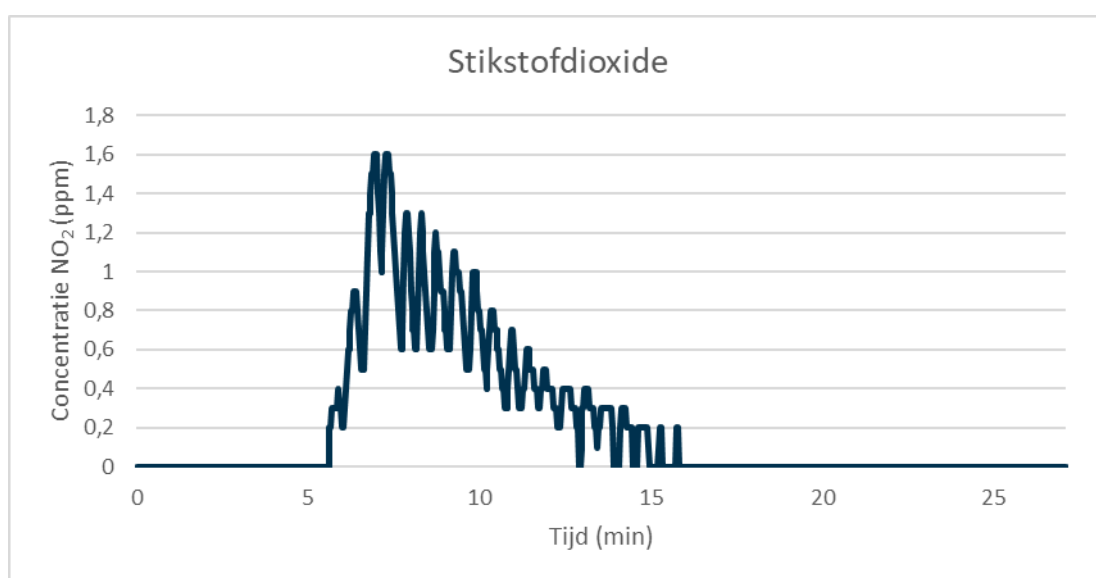
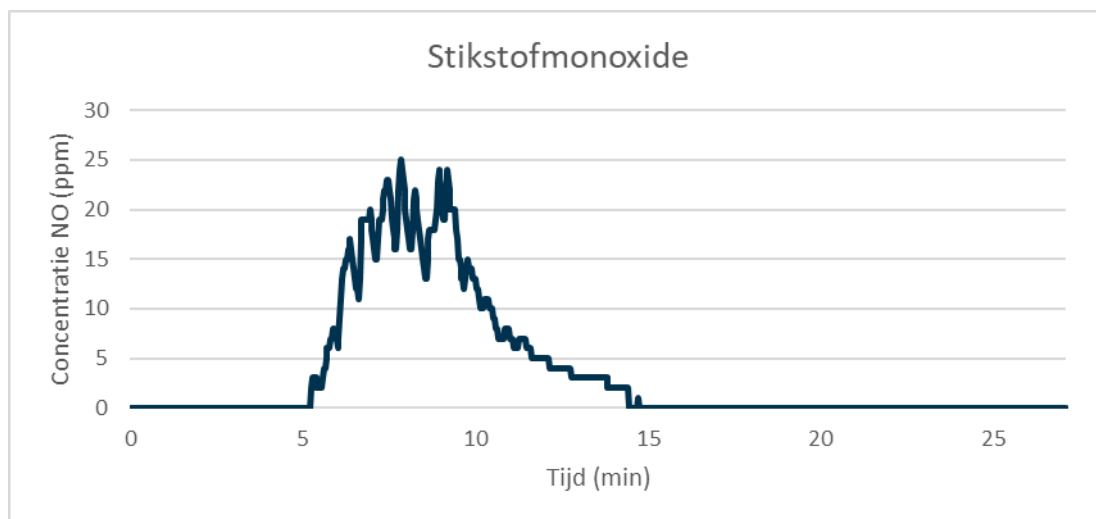


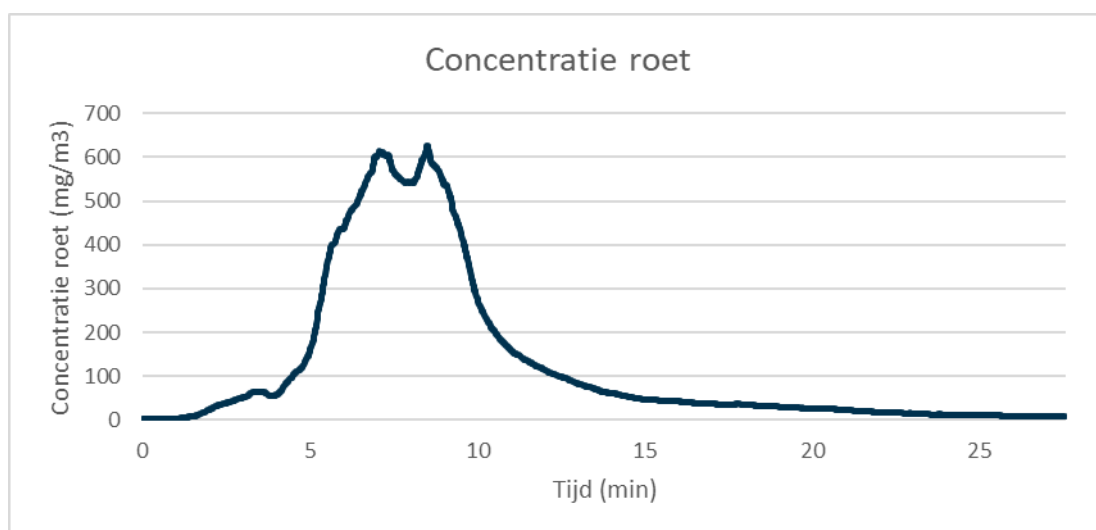
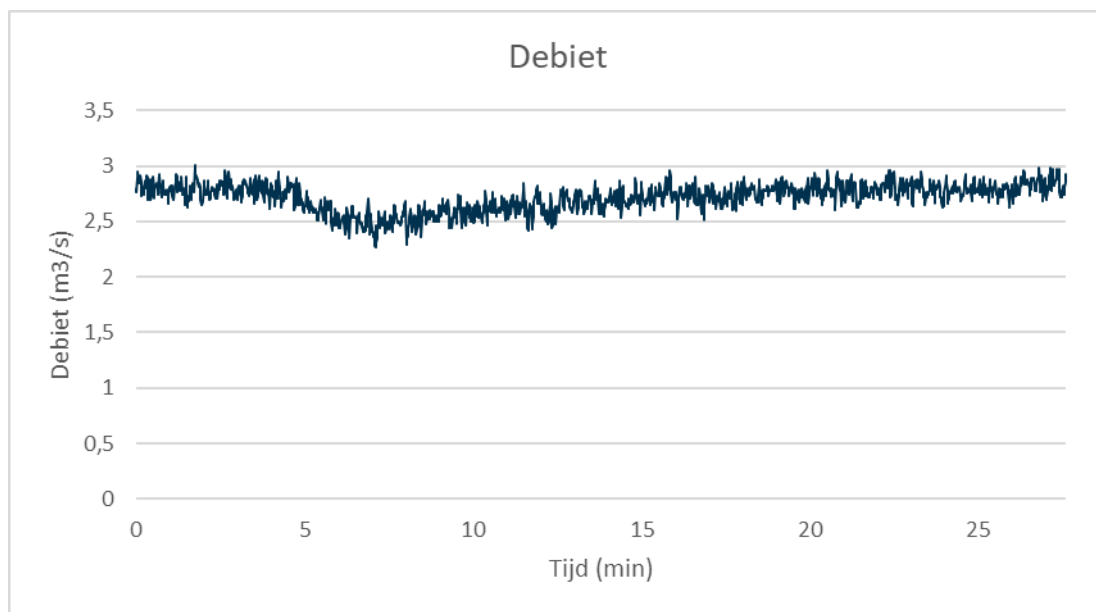


De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

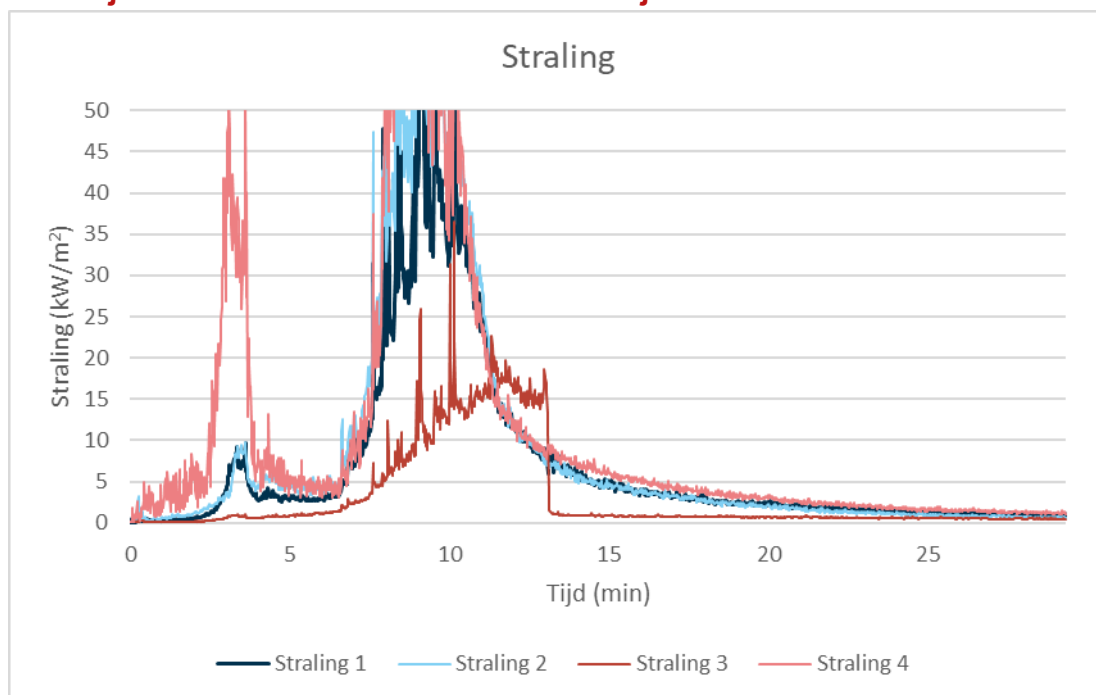




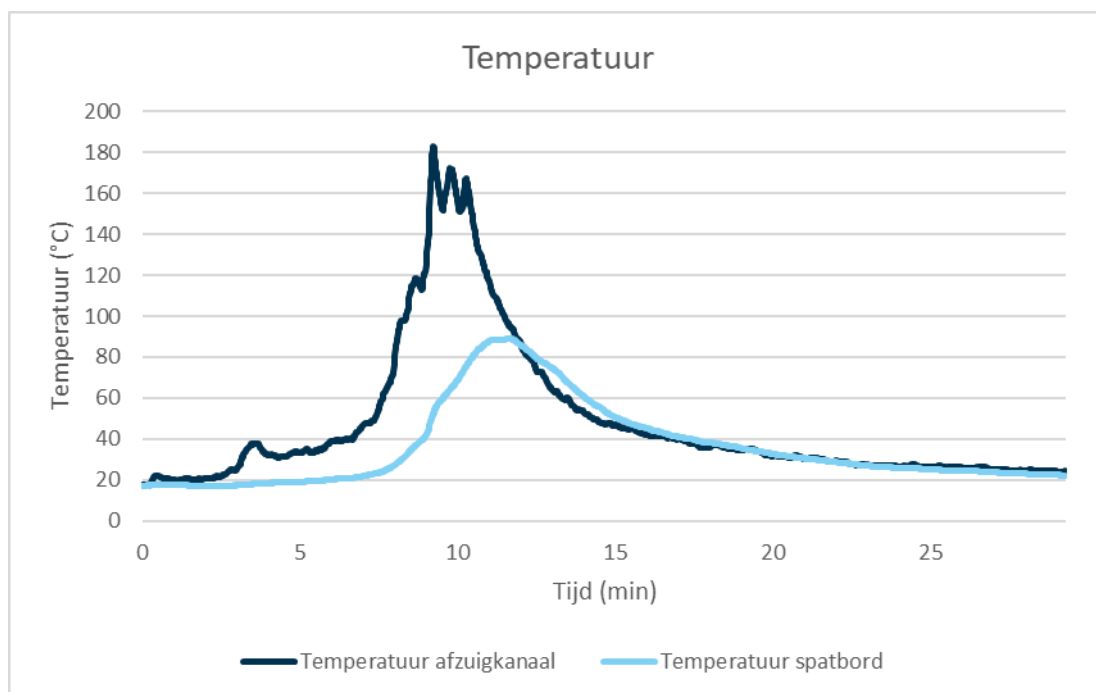


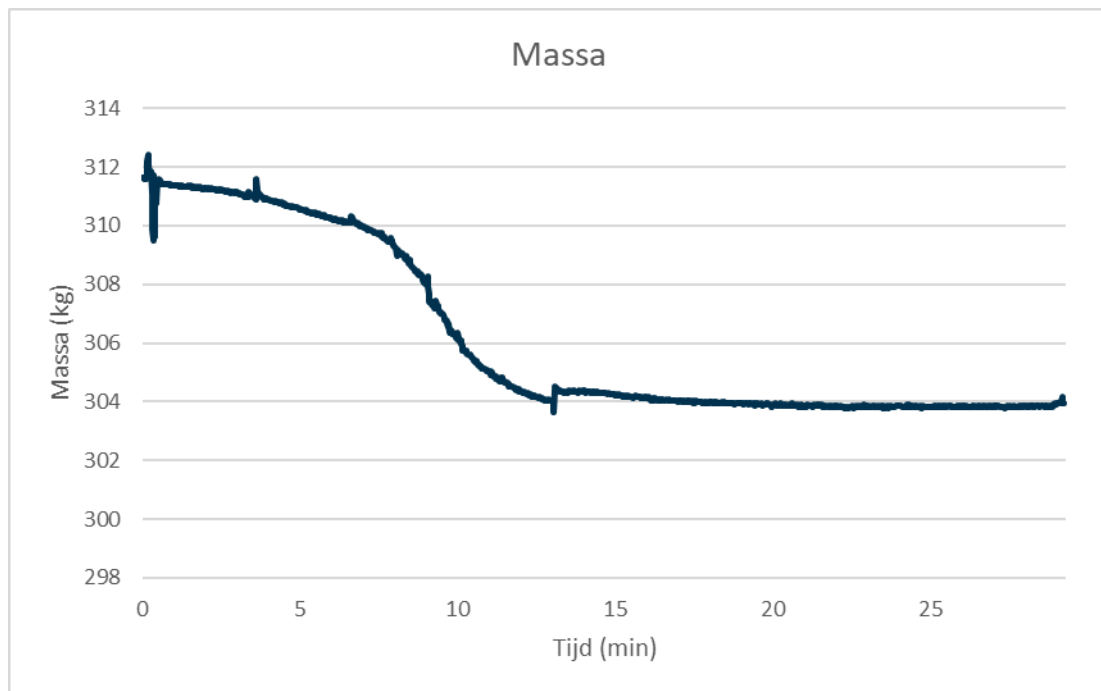


Testobject F: Elektrische fiets met kinderzitje

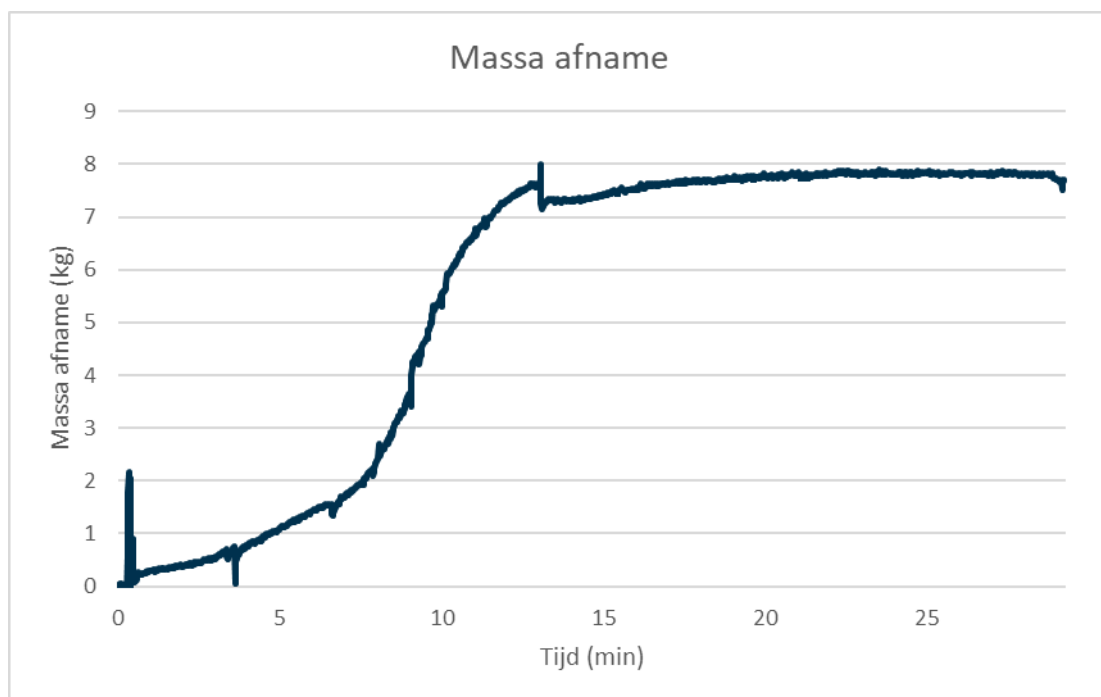


Het brandlab heeft aangegeven dat de data van straling onbruikbaar zijn na 13 minuten en 6 seconden.

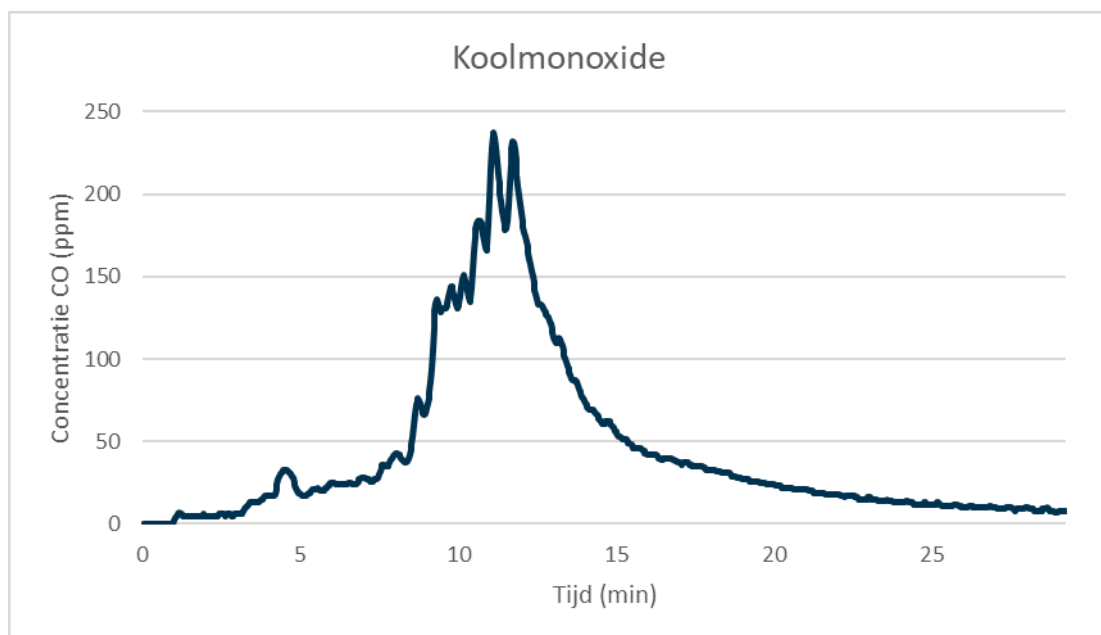
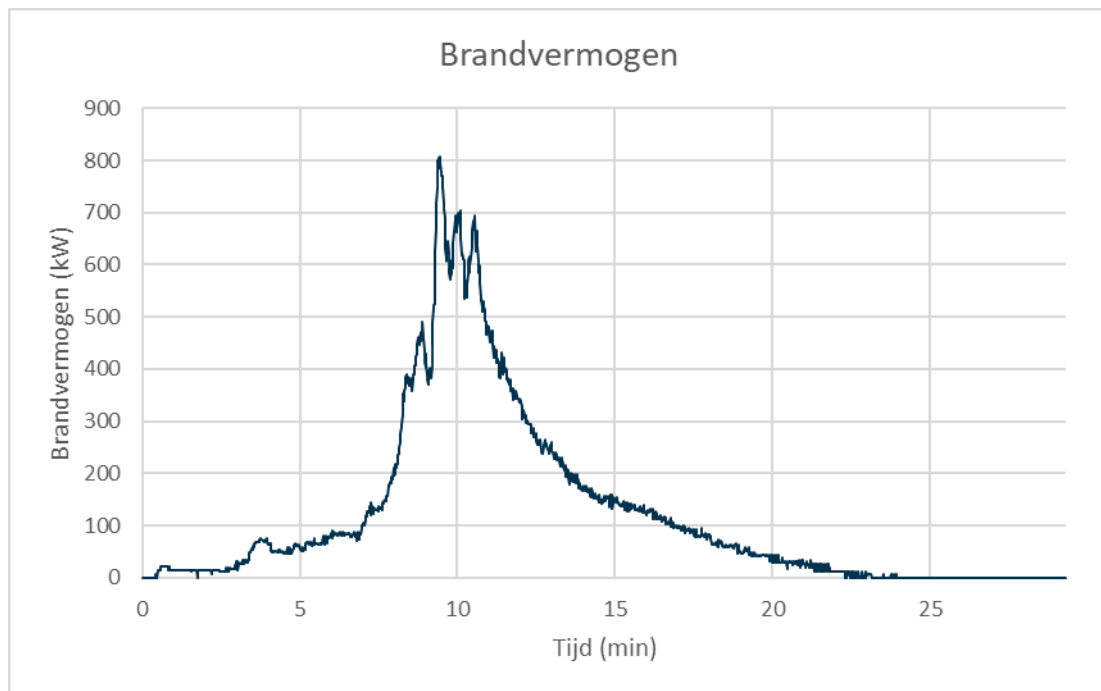




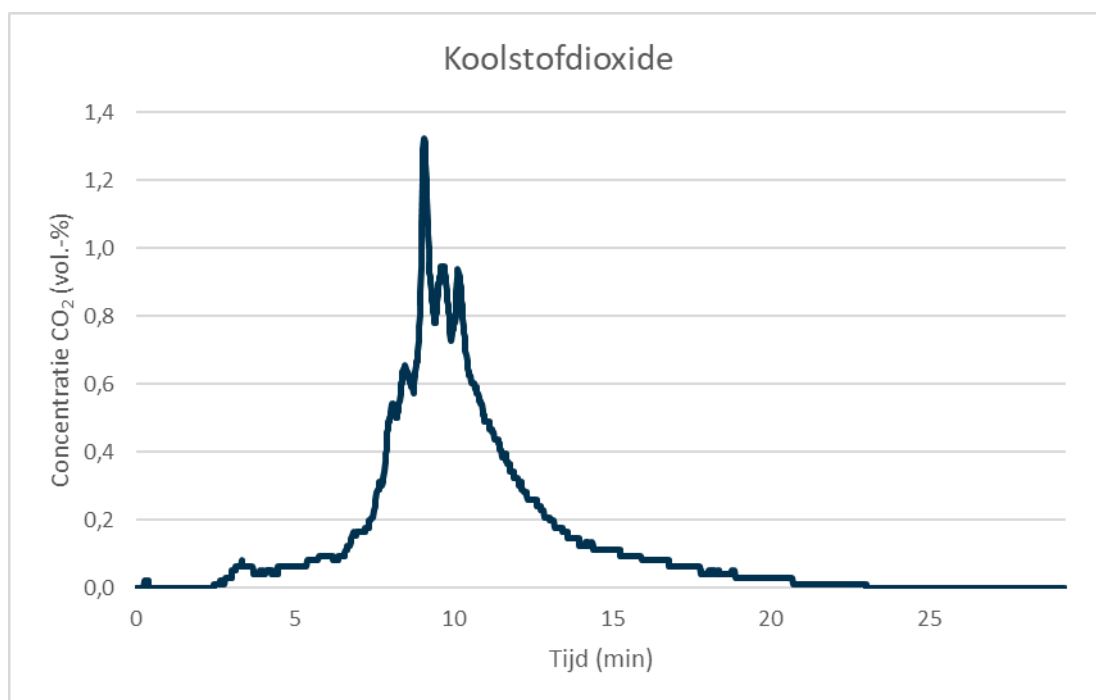
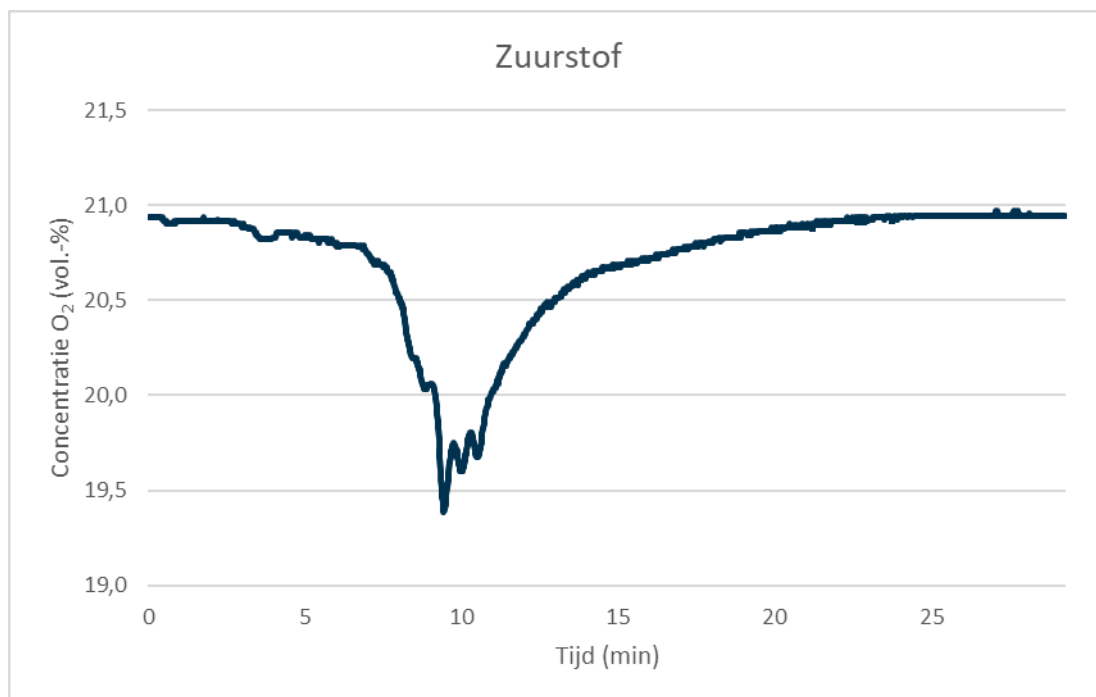
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 13 minuten en 6 seconden.

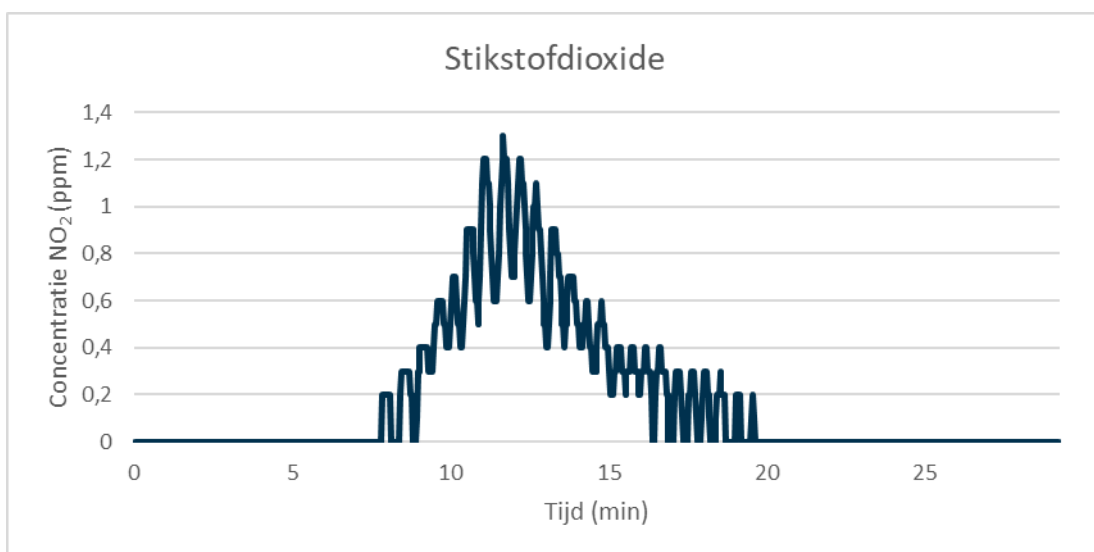
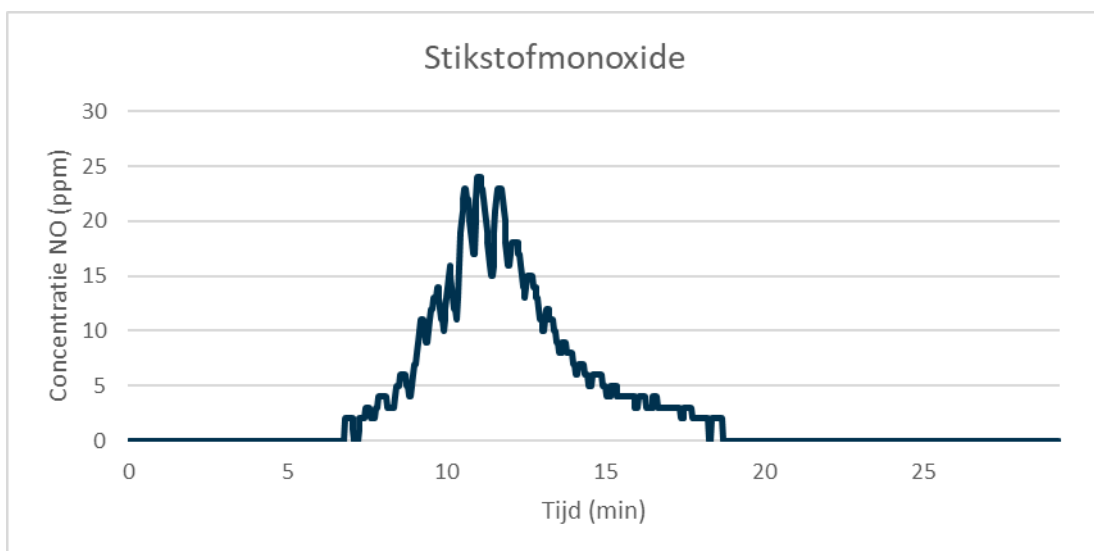
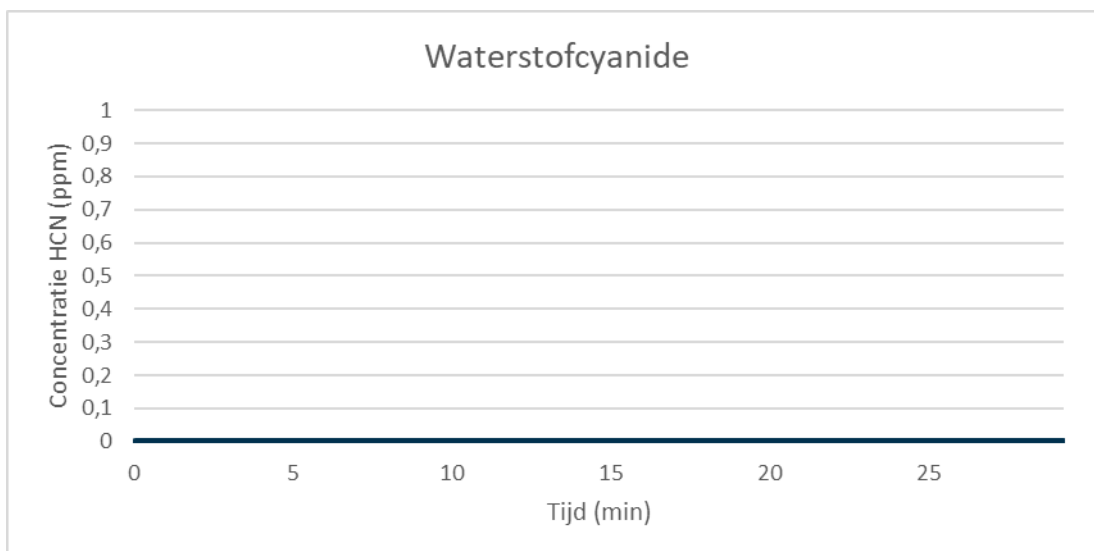


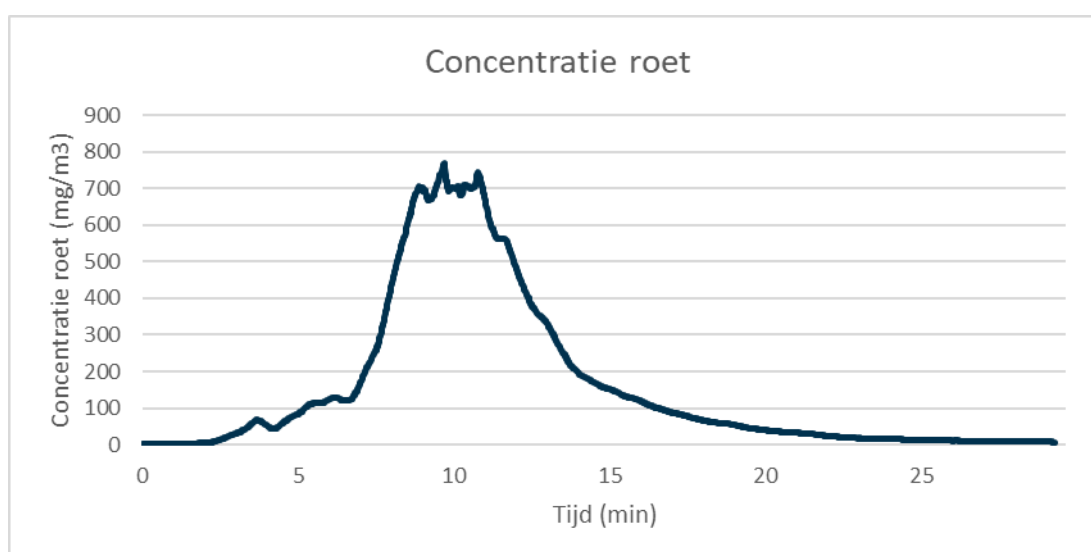
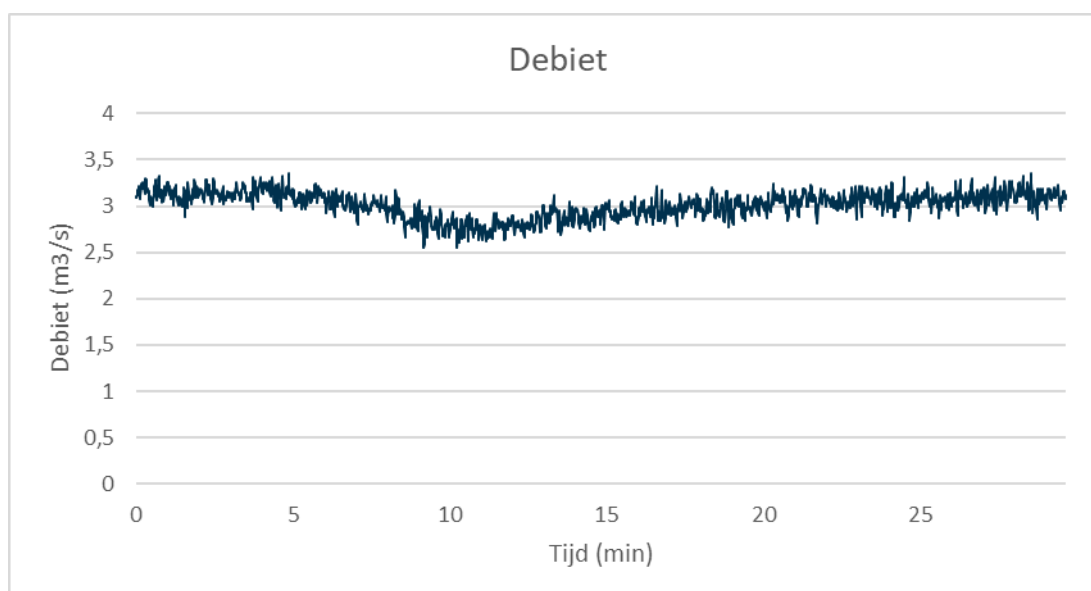
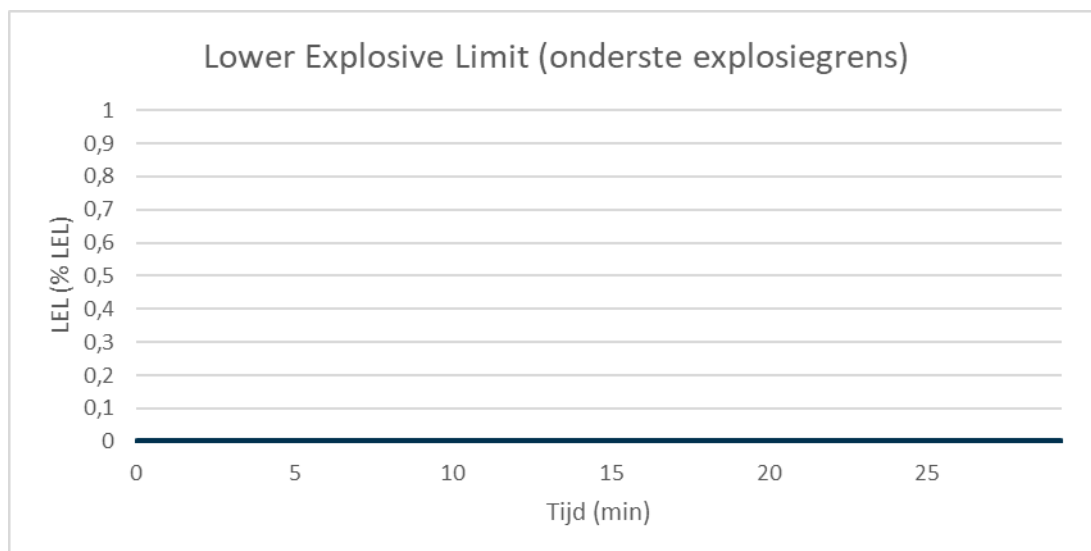
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 13 minuten en 6 seconden.



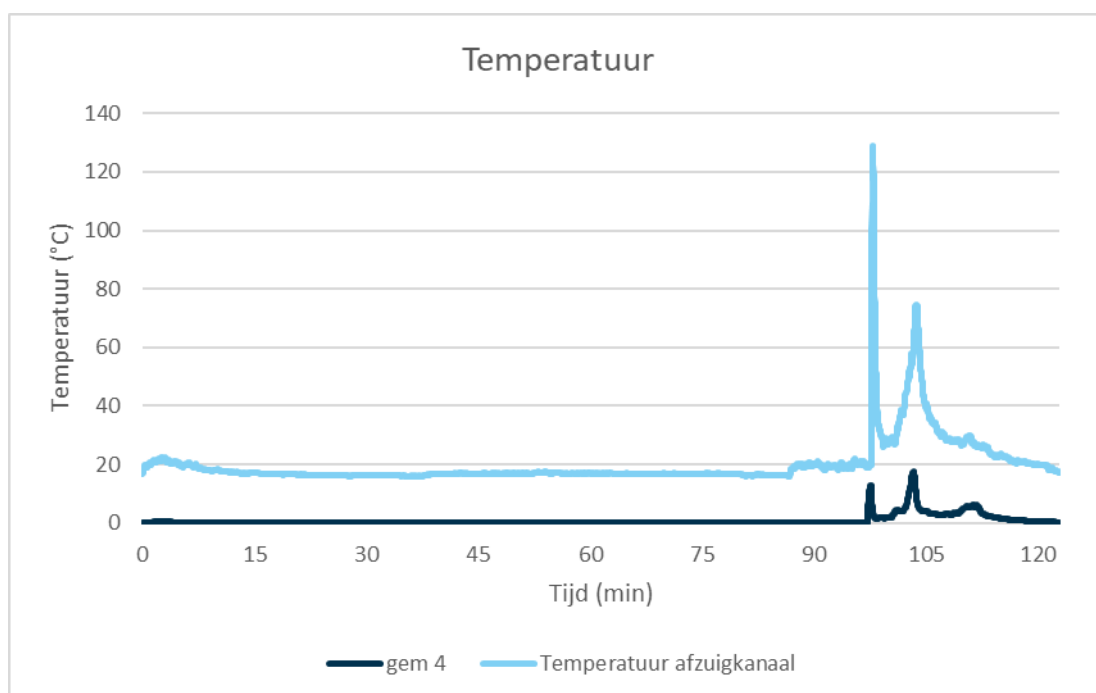
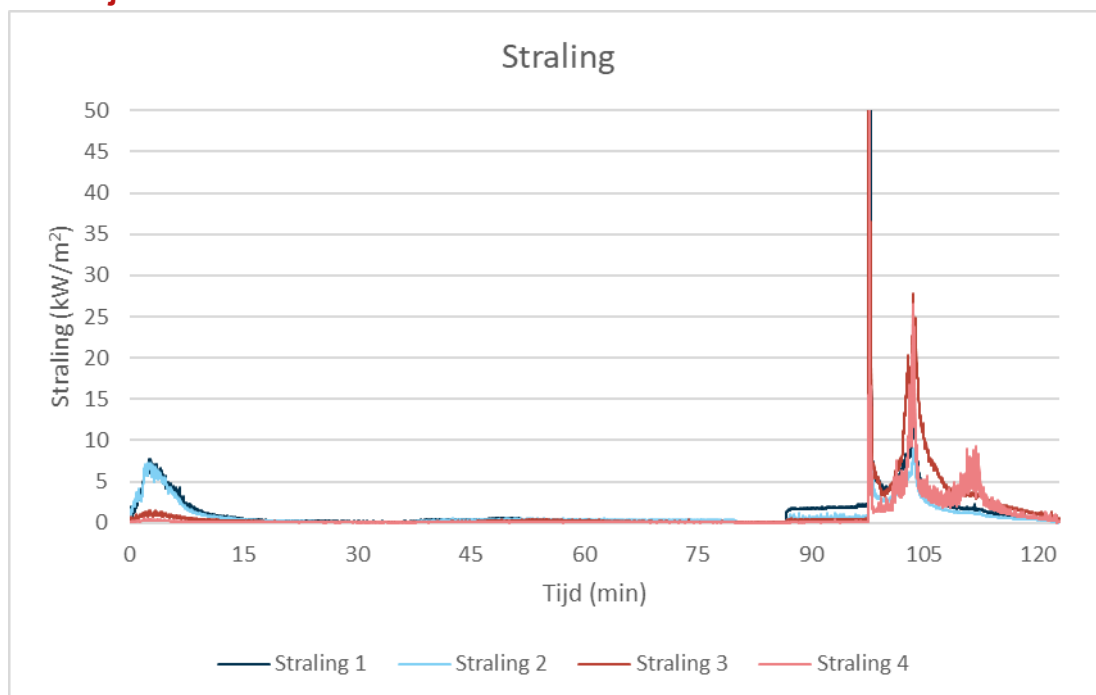
De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

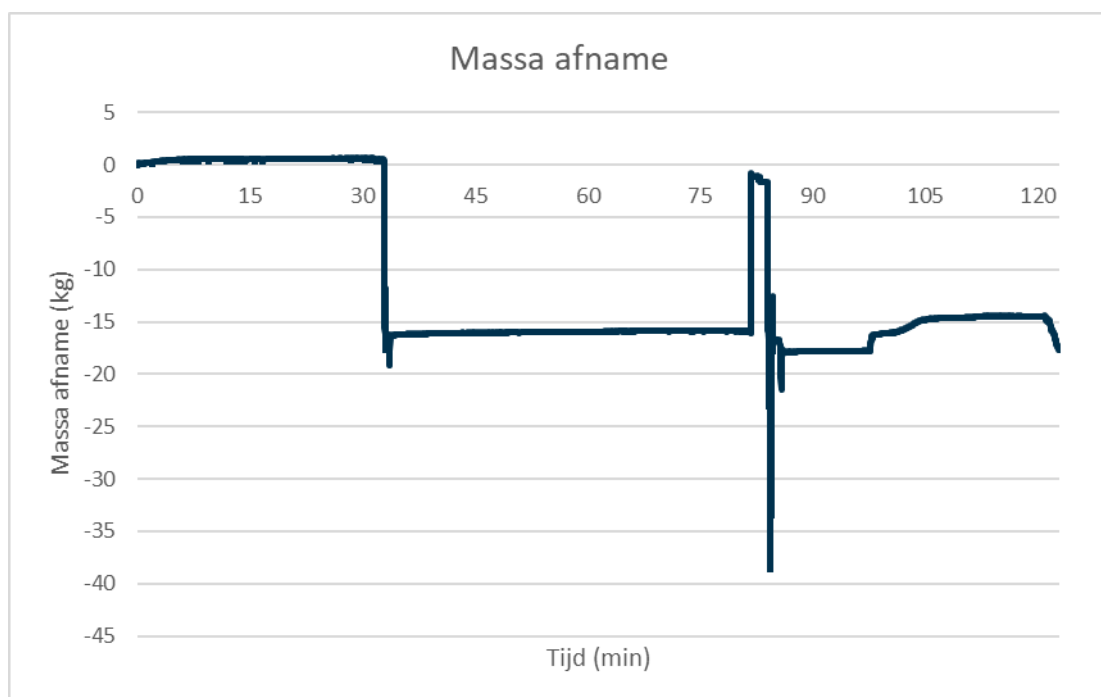
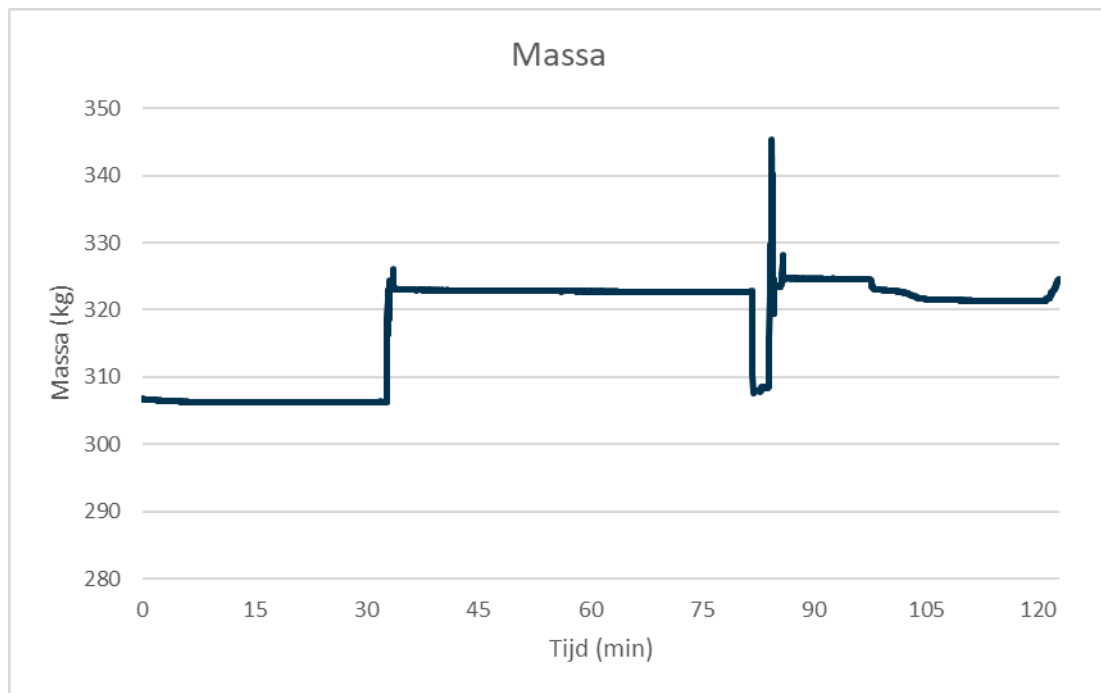


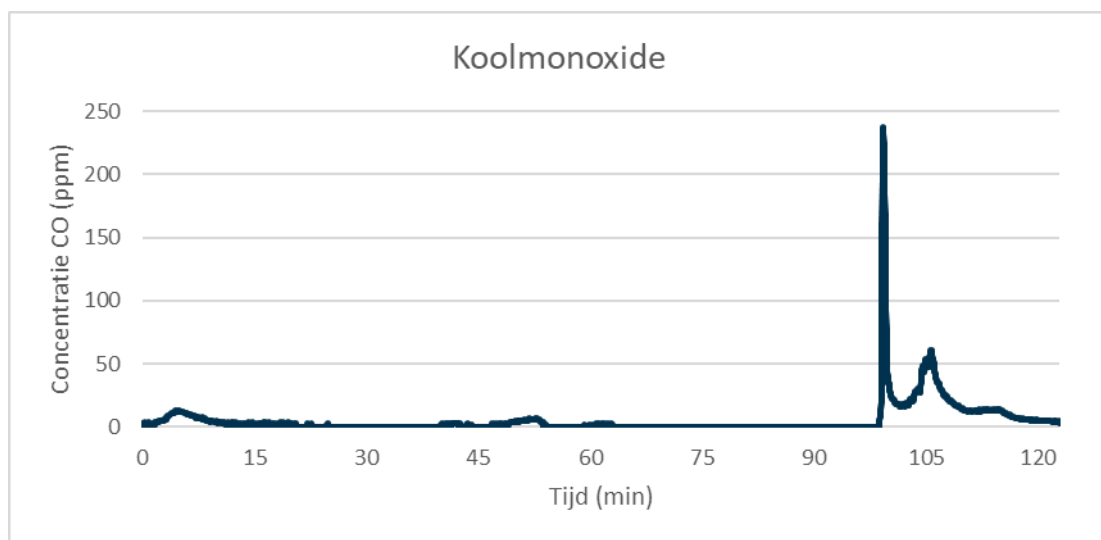
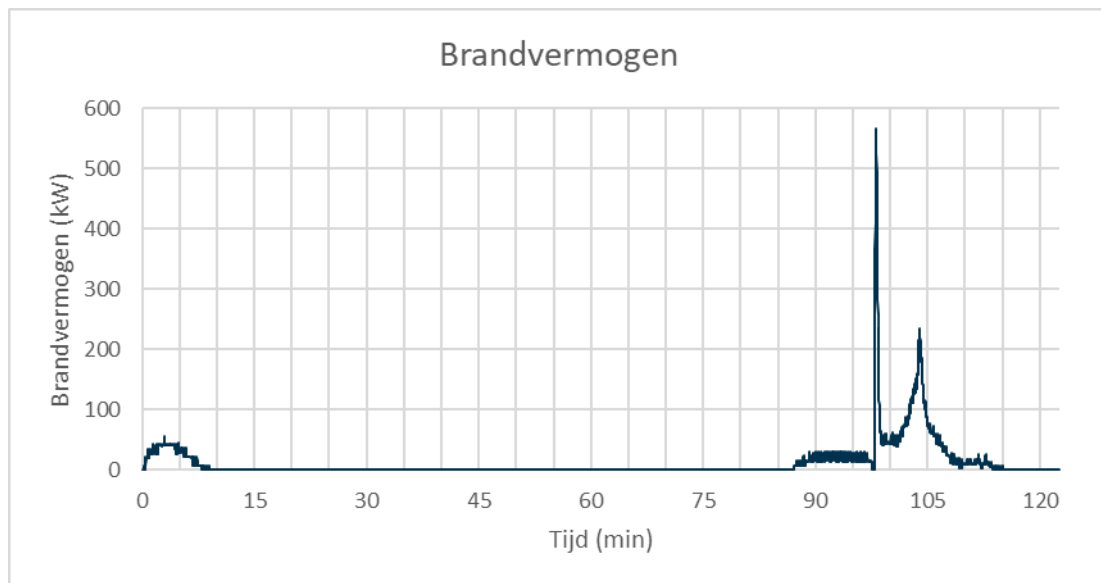




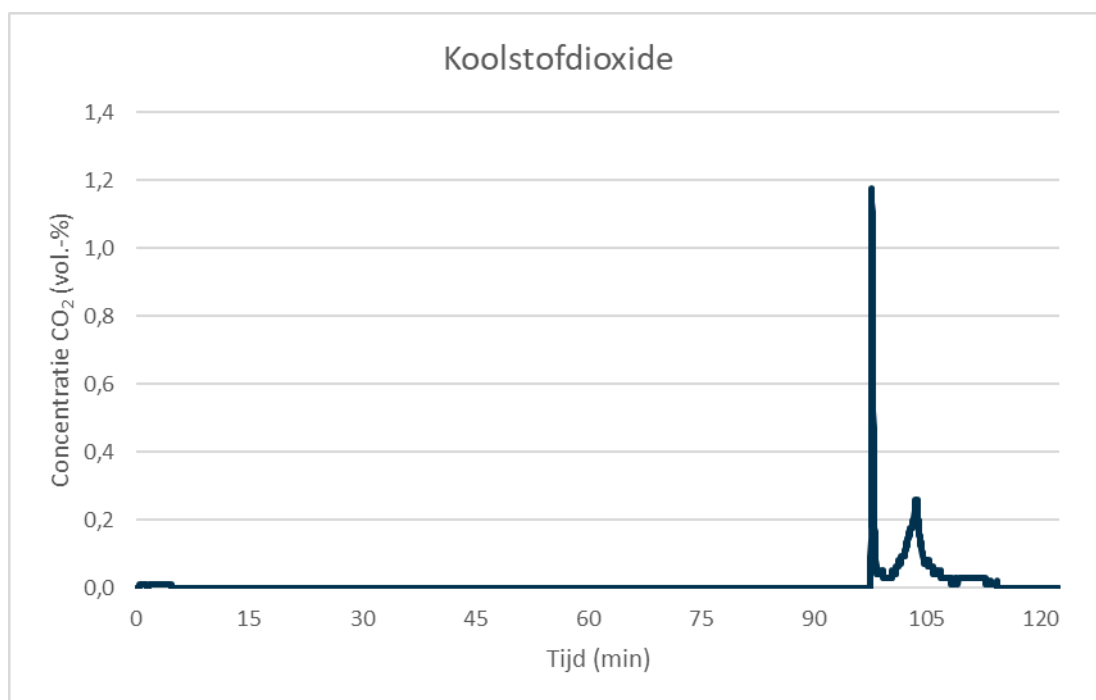
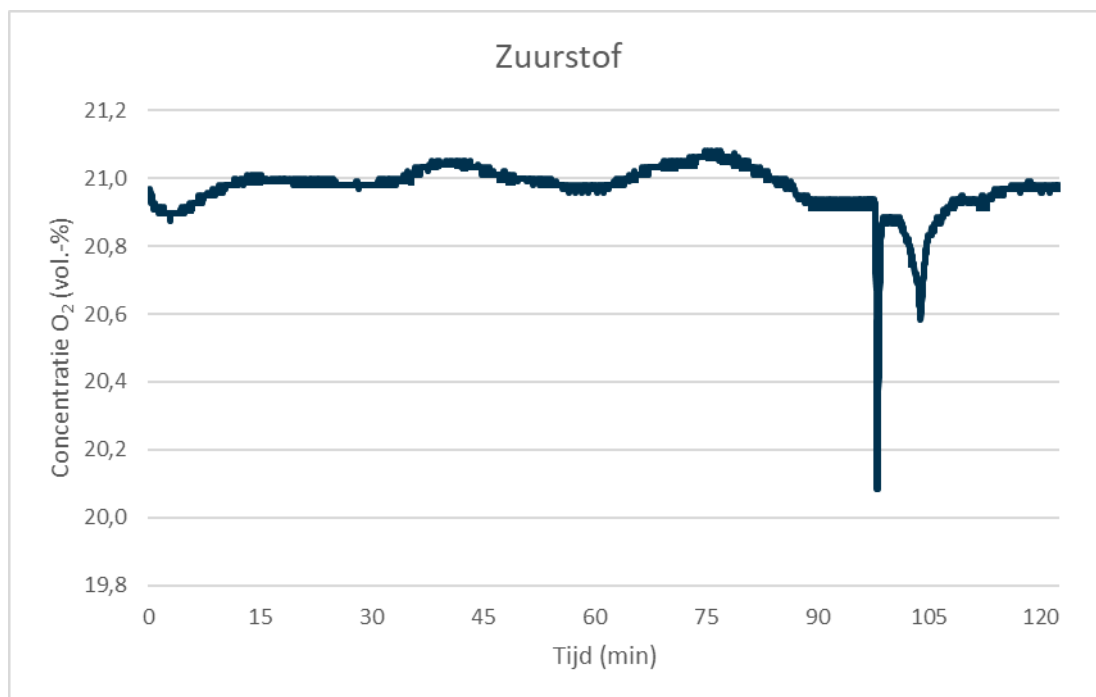
Testobject G: Elektrische fiets met accu in het frame

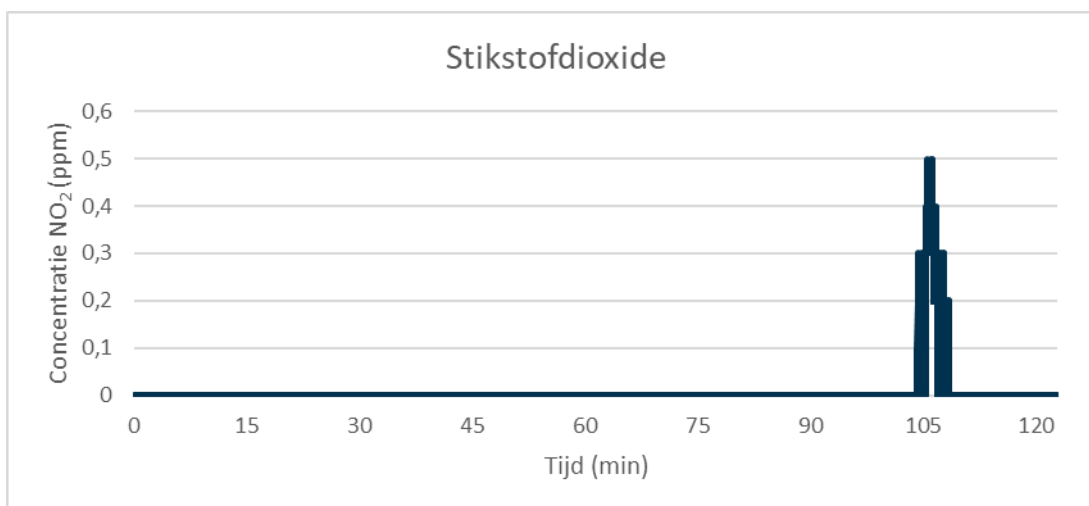
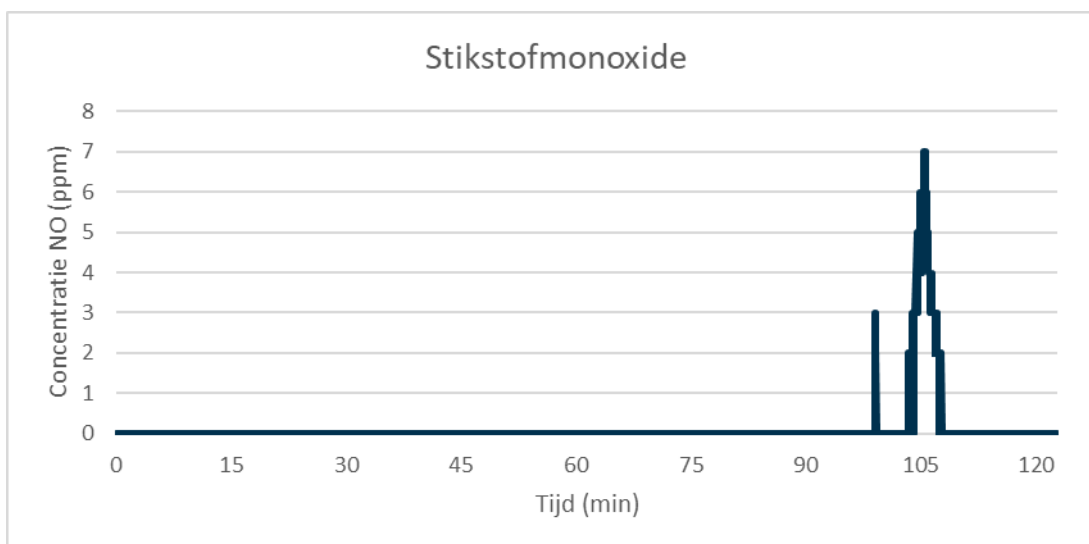
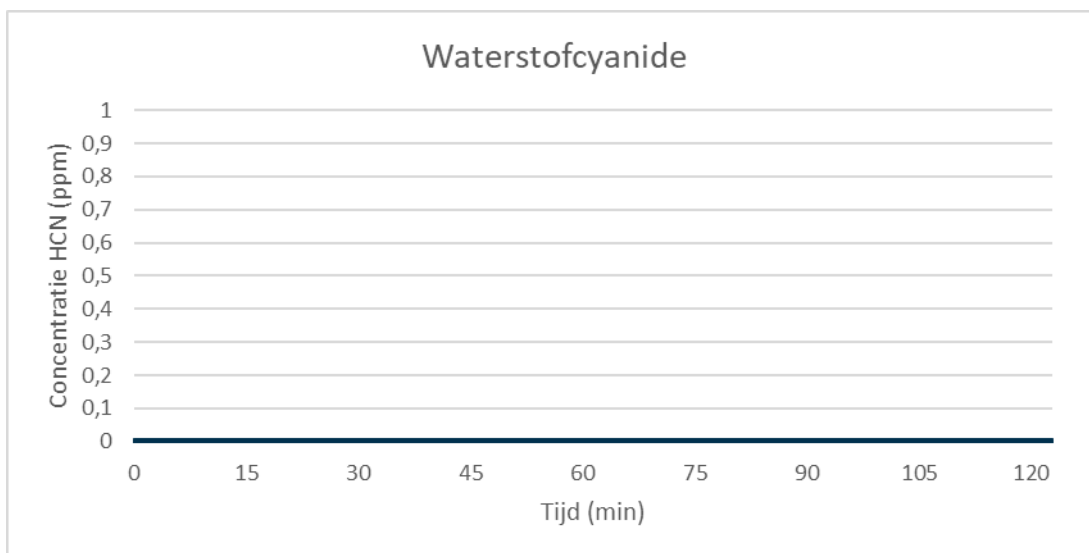


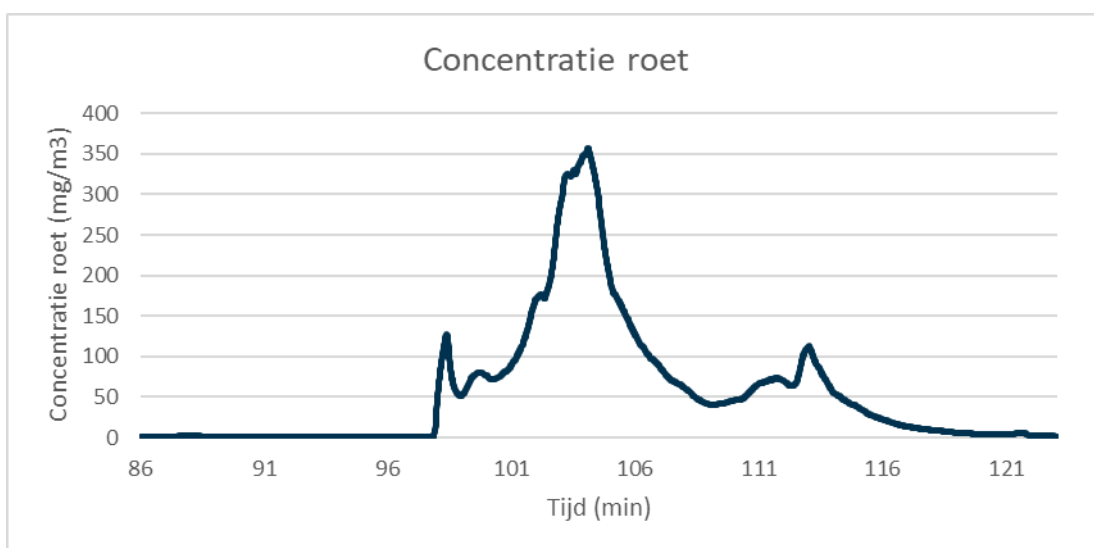
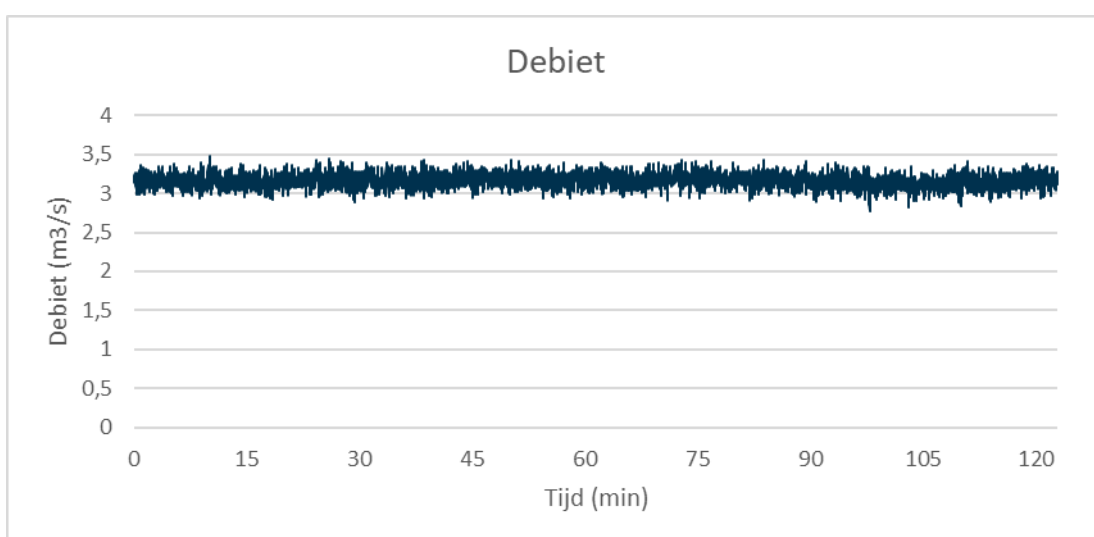
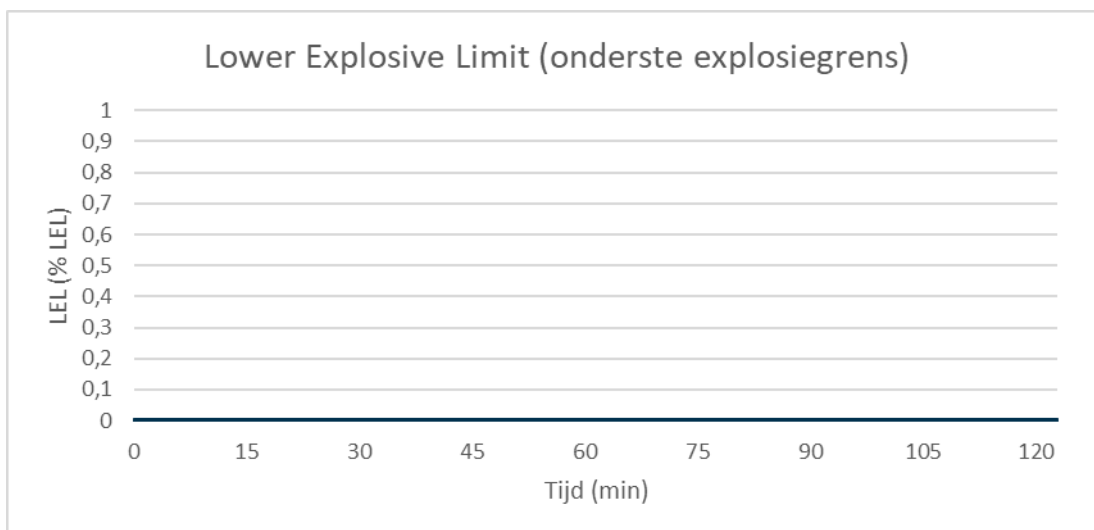




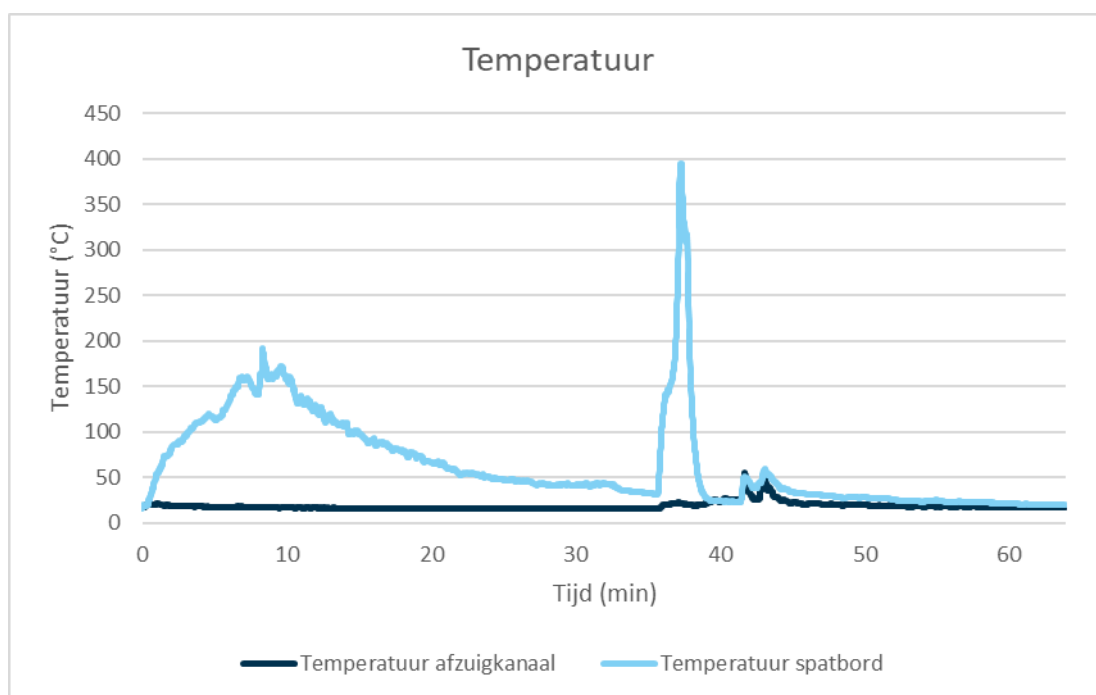
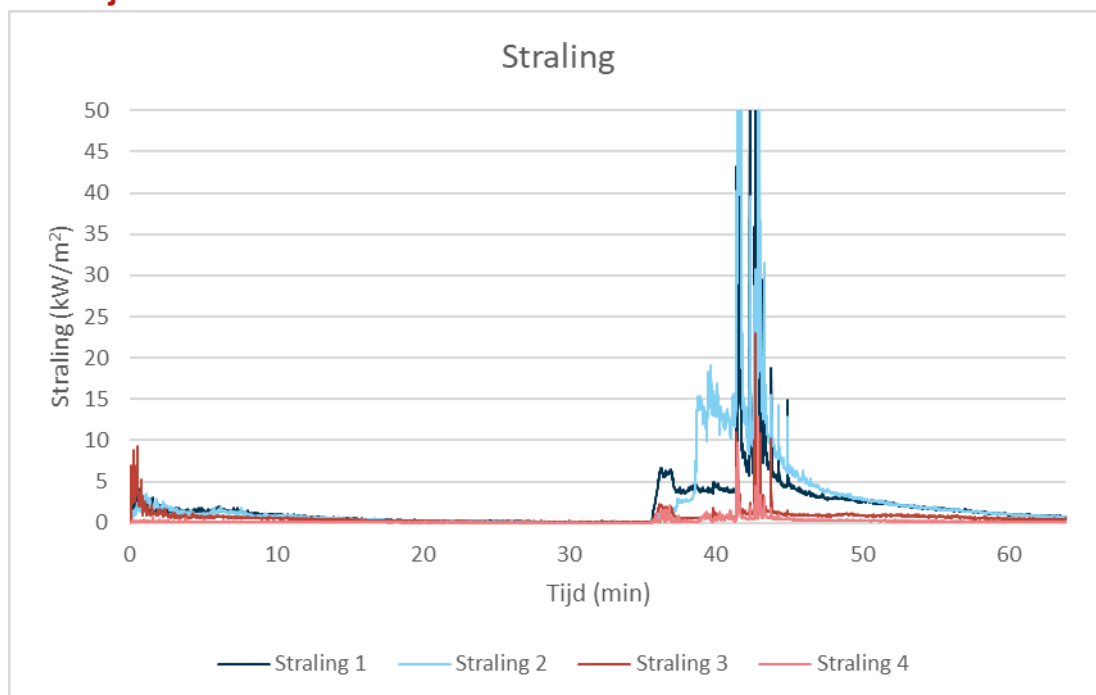
De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

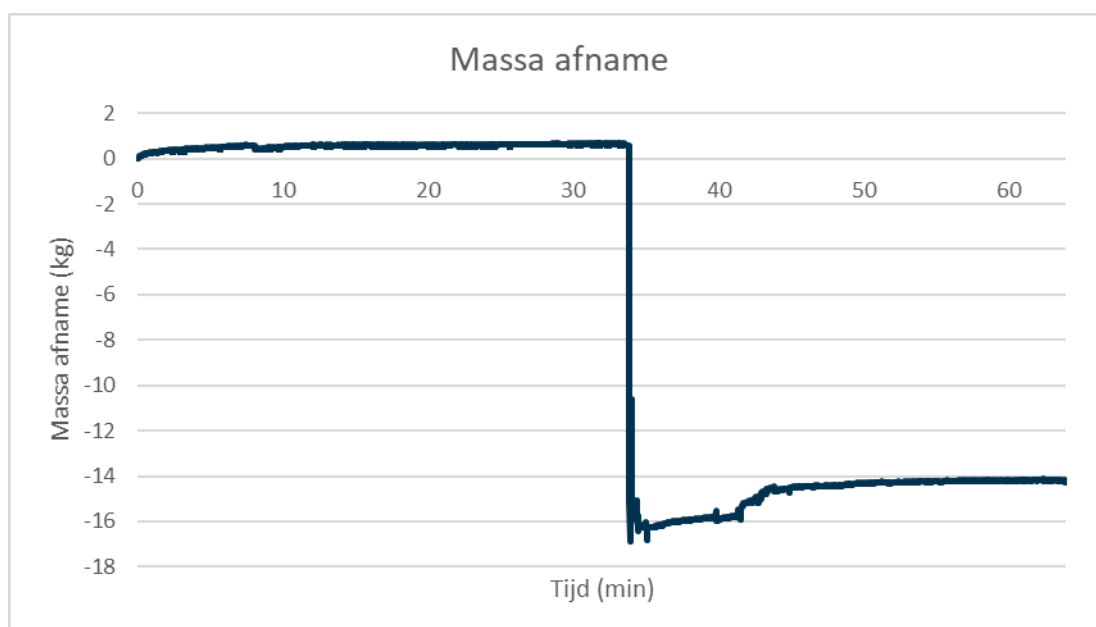
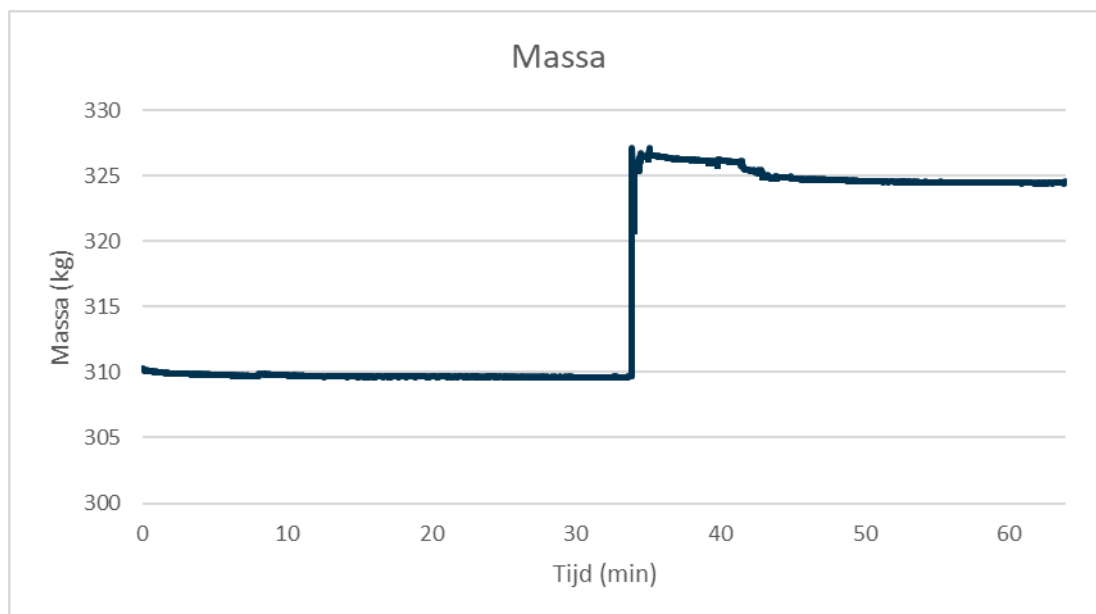


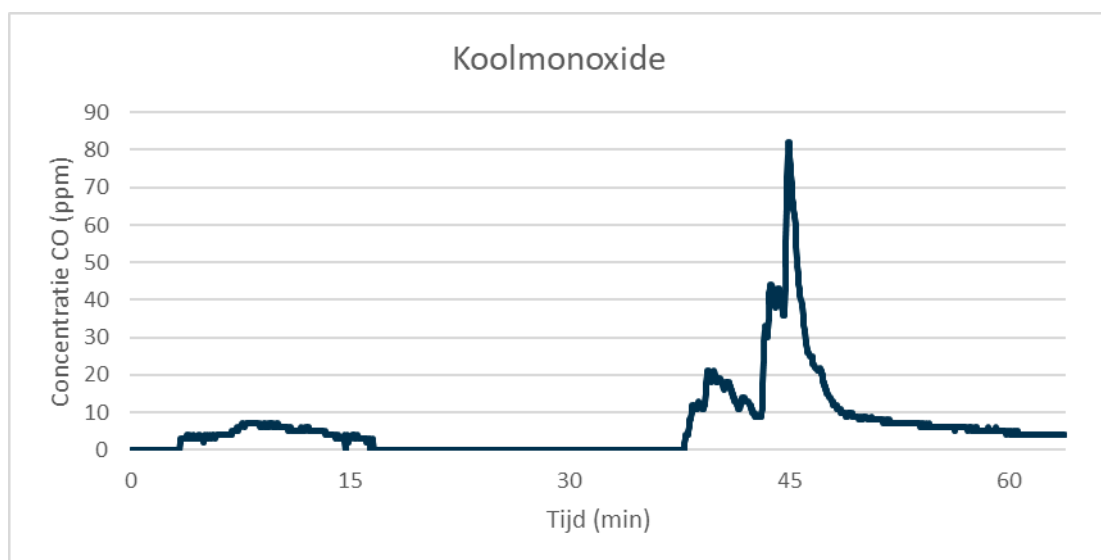
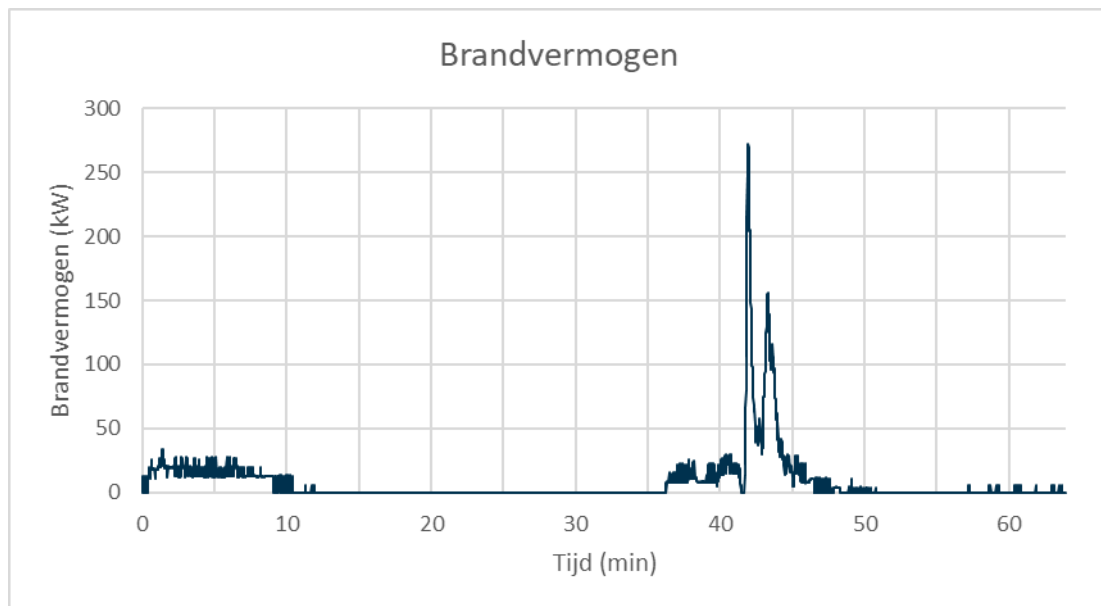




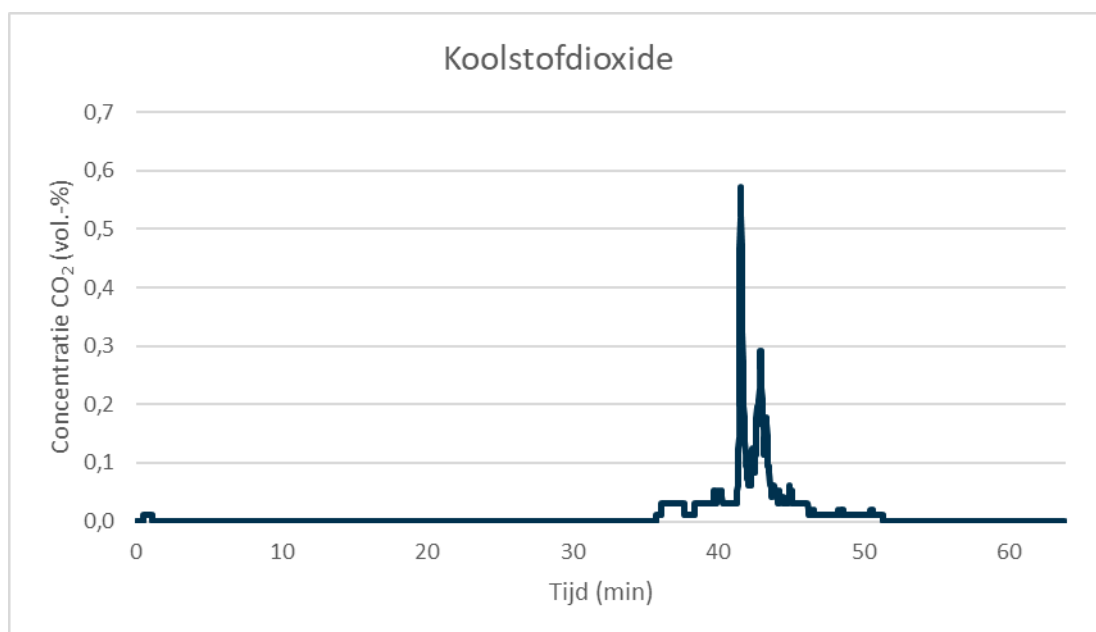
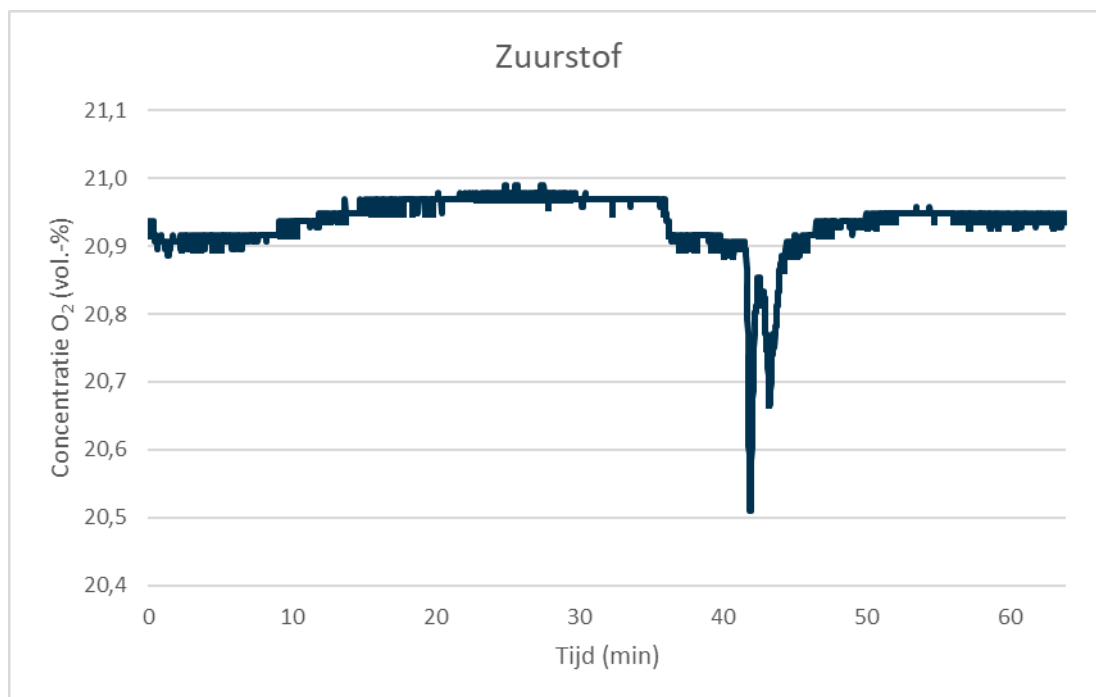
Testobject H: Elektrische fiets met twee accu's

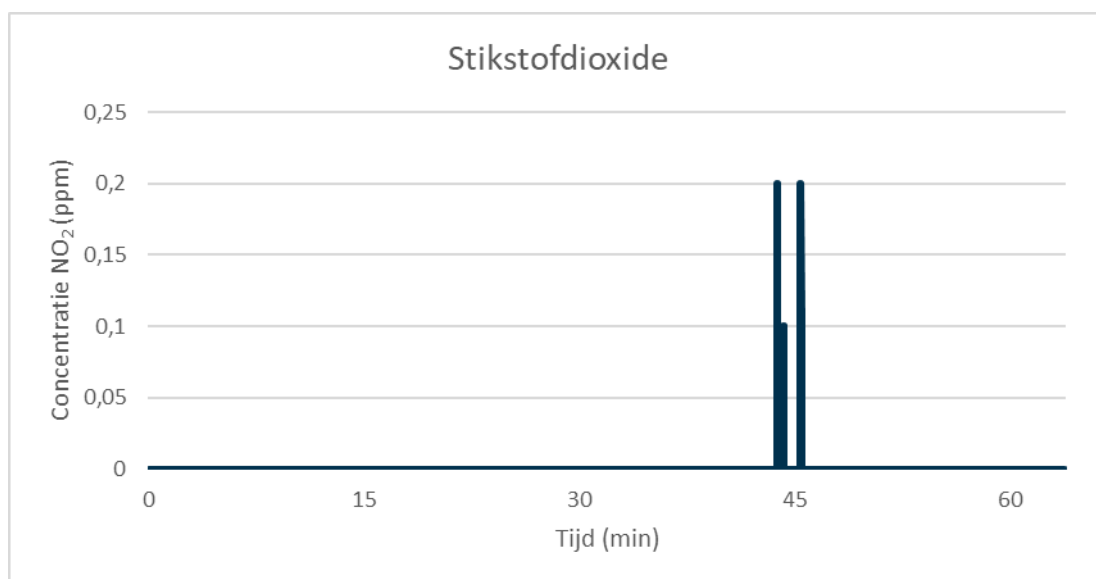
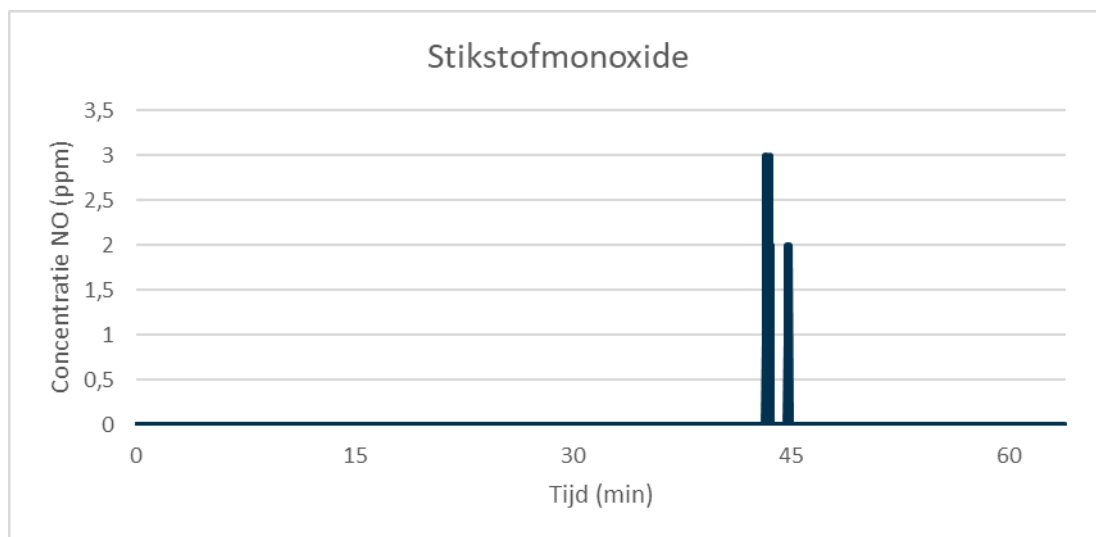
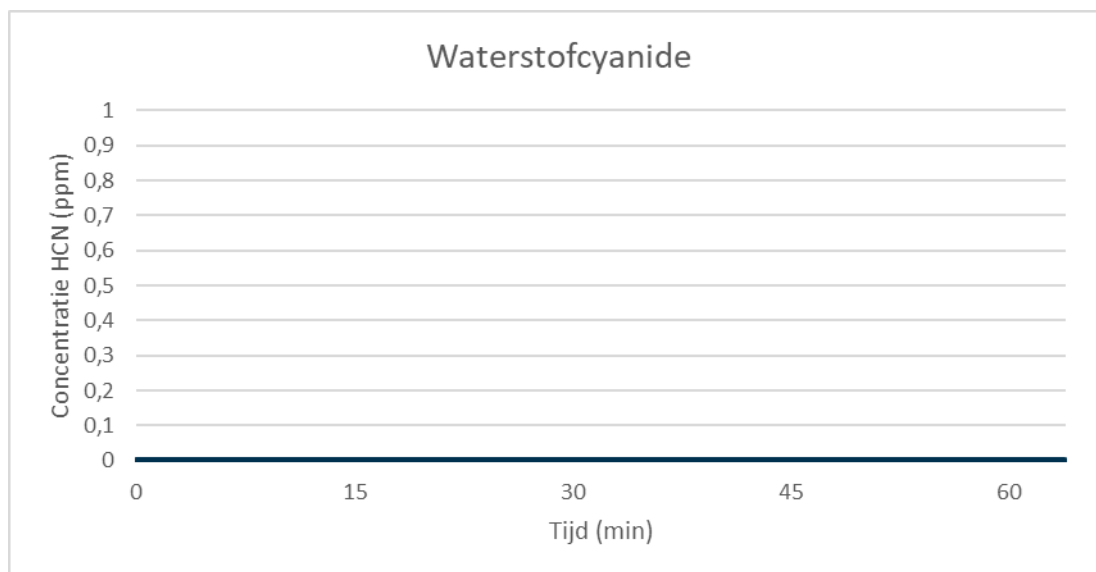


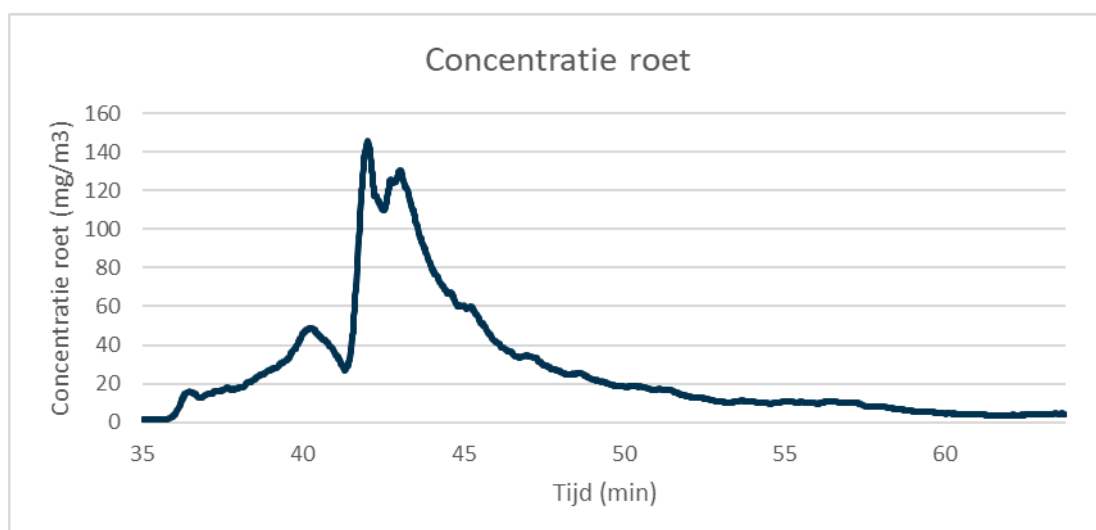
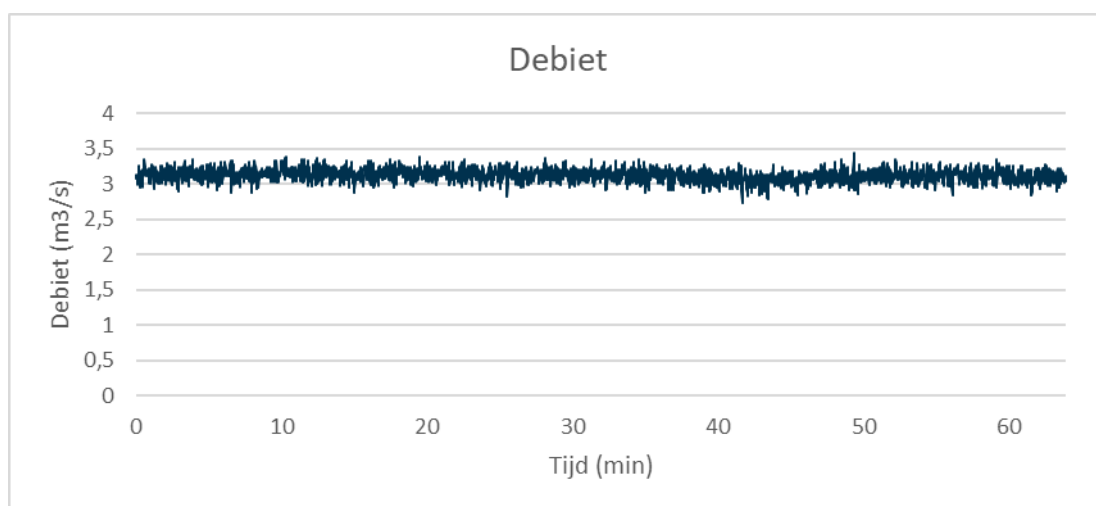
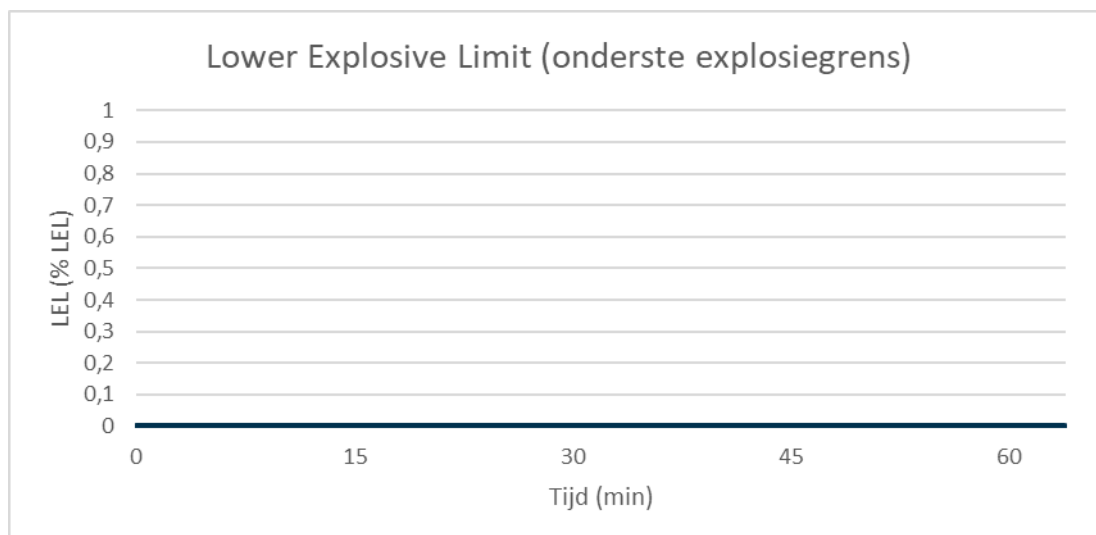




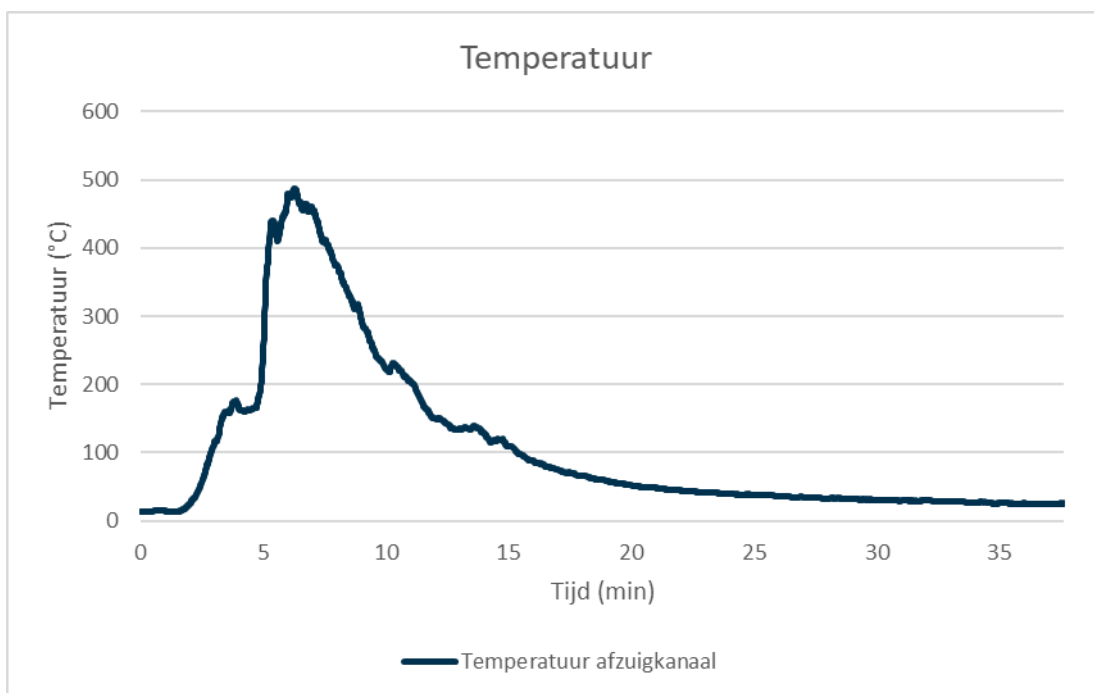
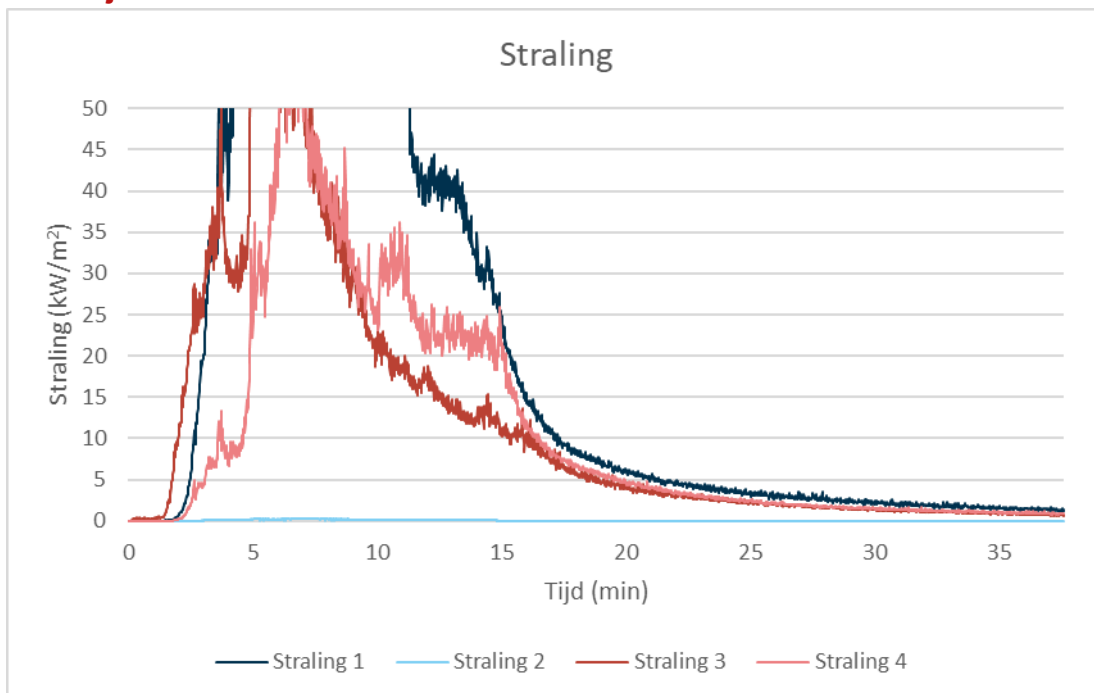
De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

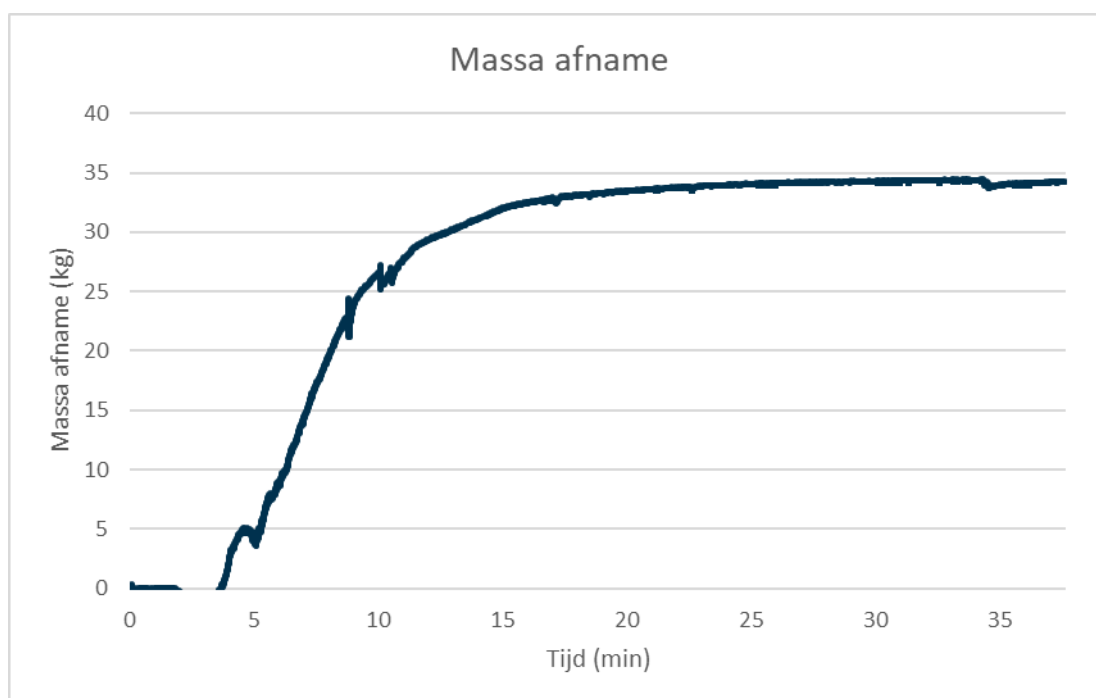
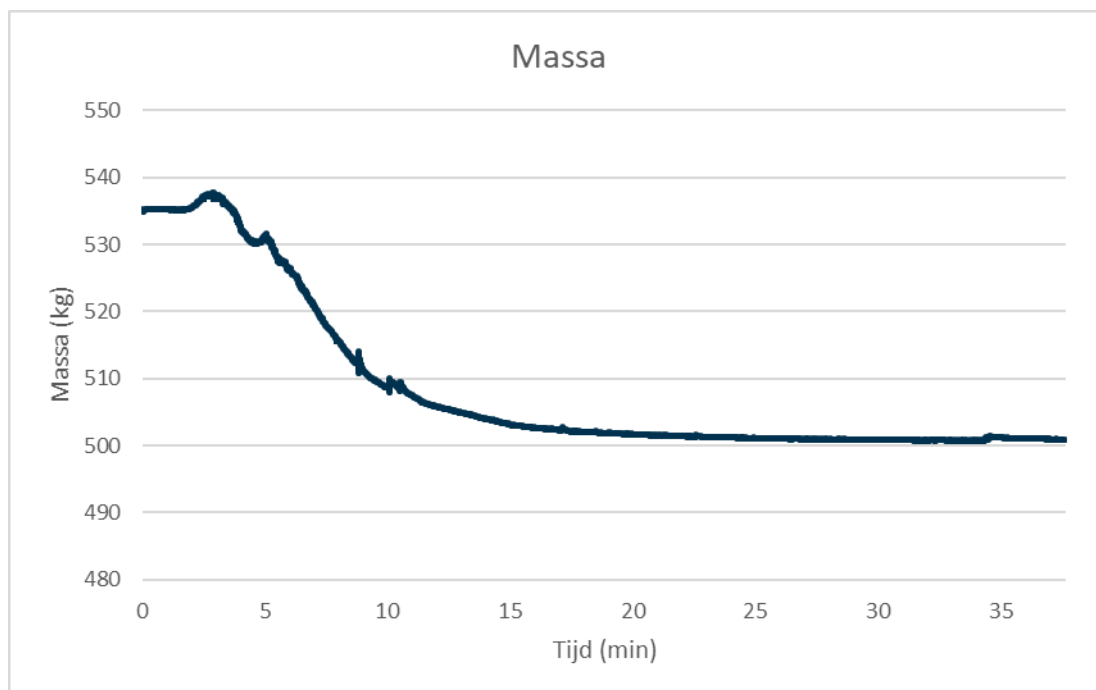


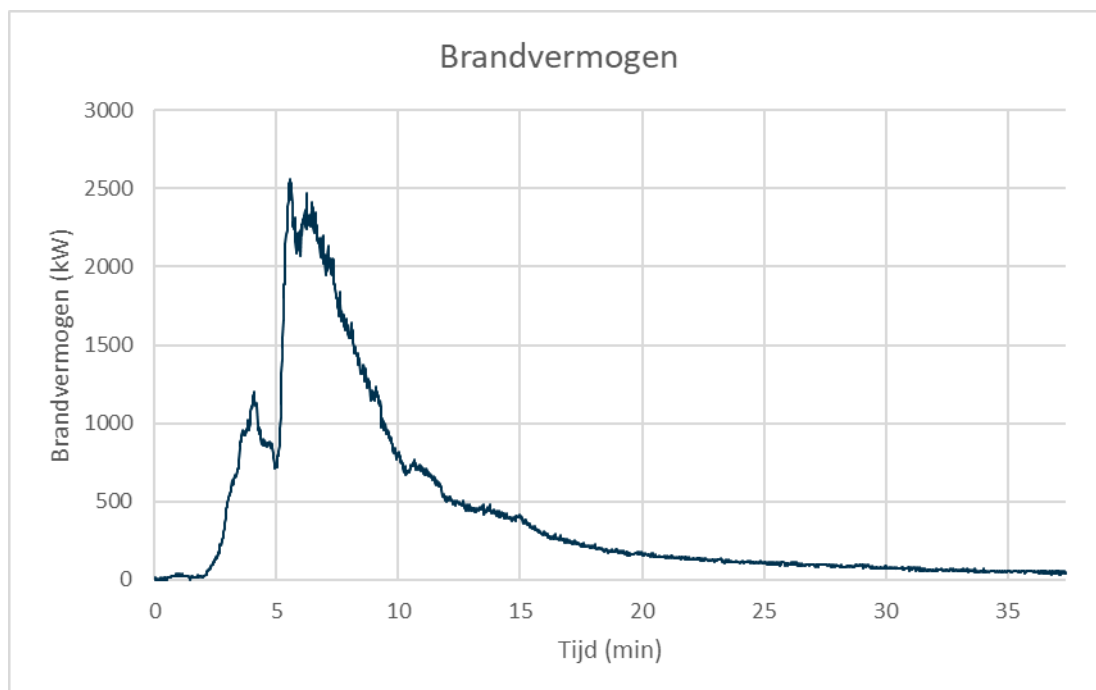




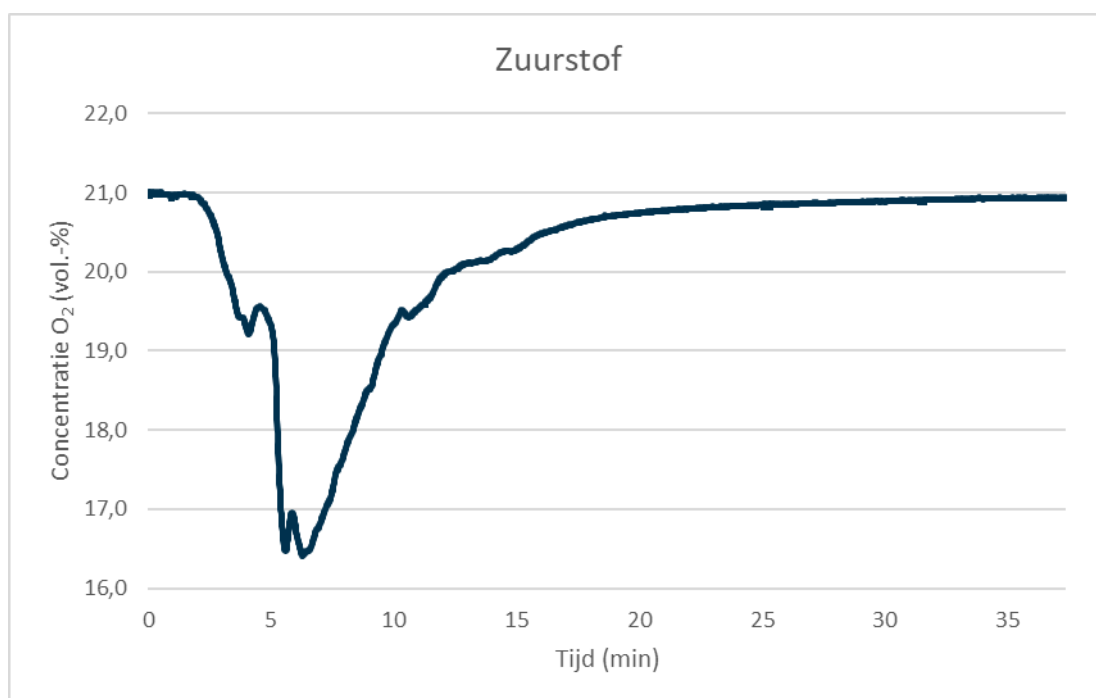
Testobject I: Benzinescooter

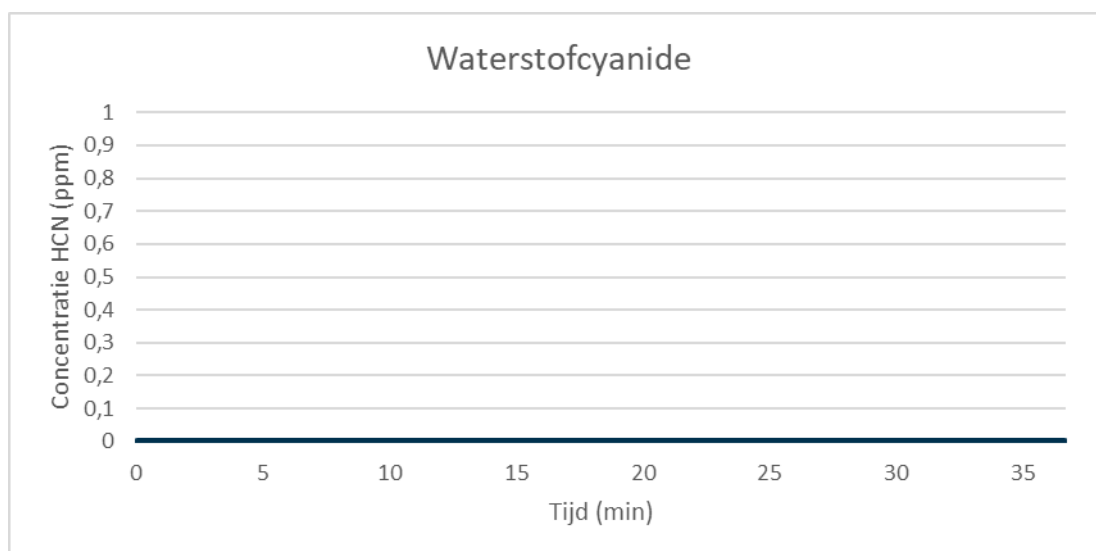
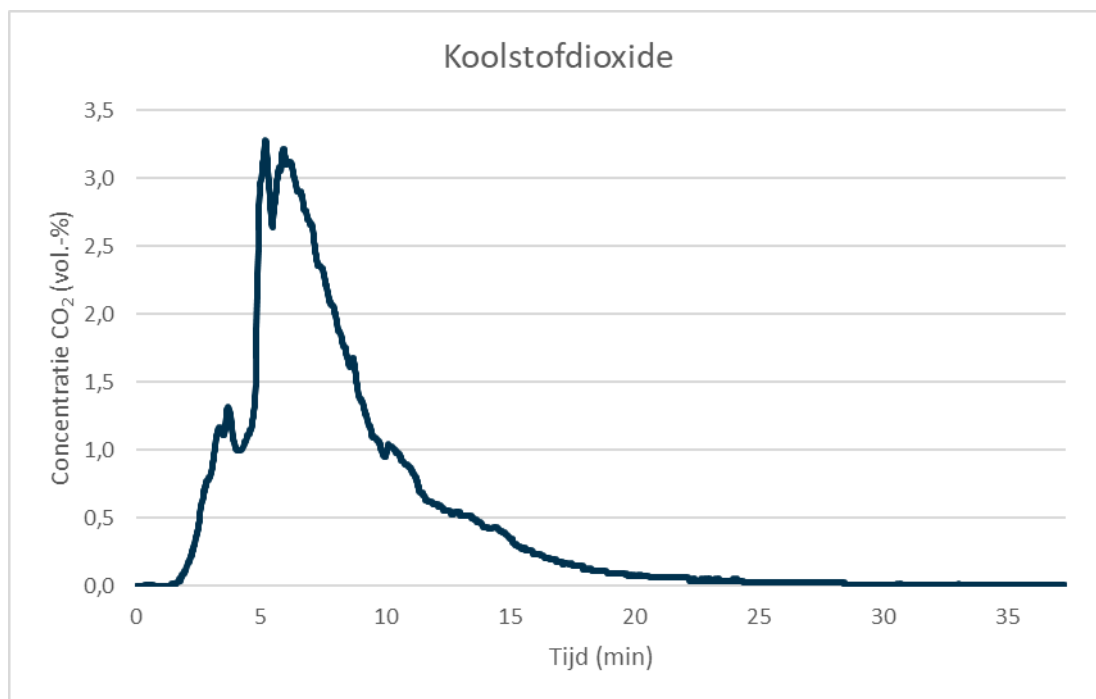


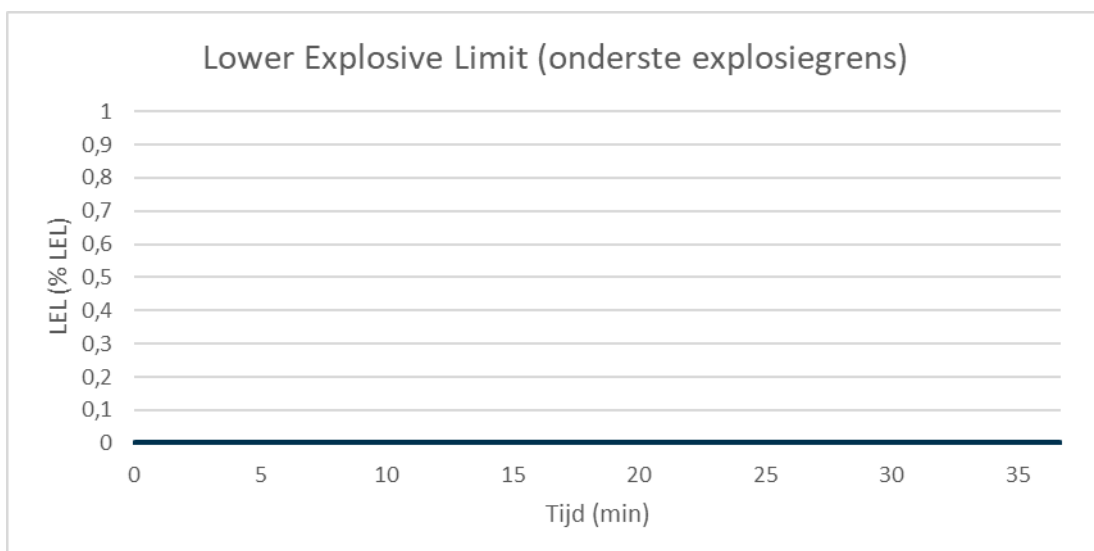
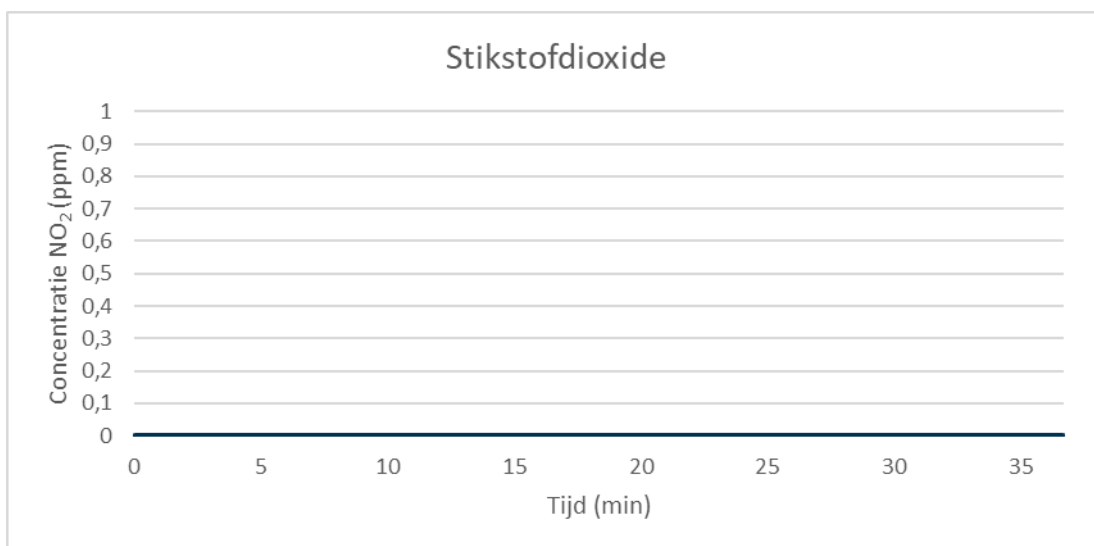
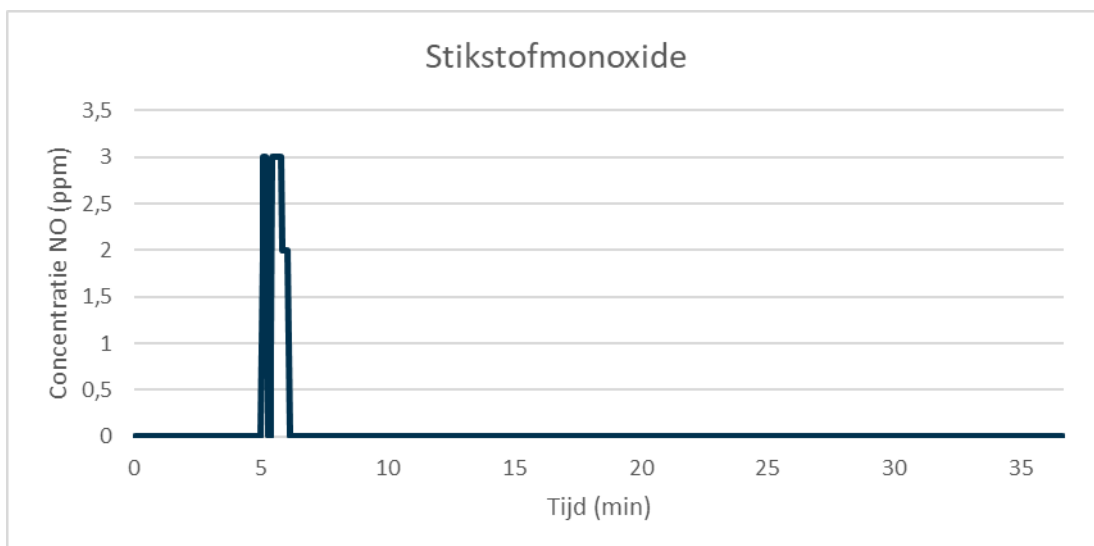


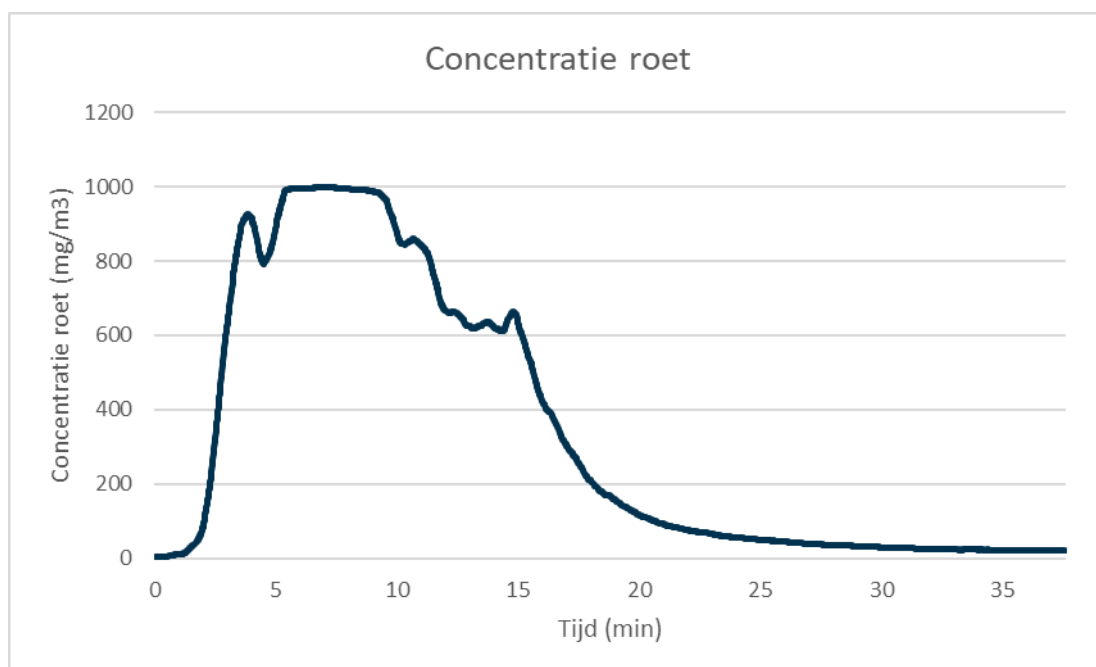
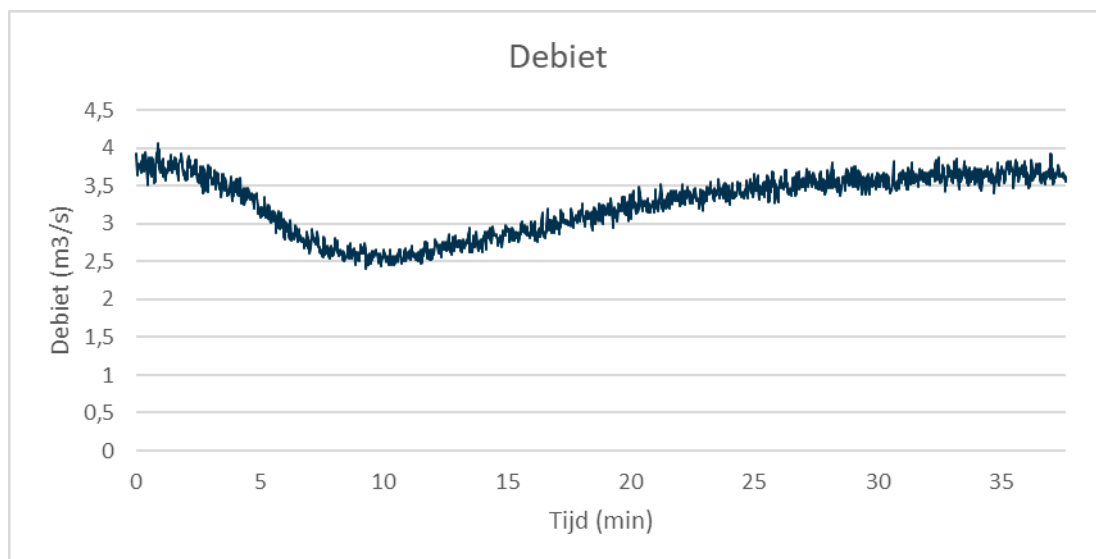


De grafieken van koolmonoxide en waterstoffluoride zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

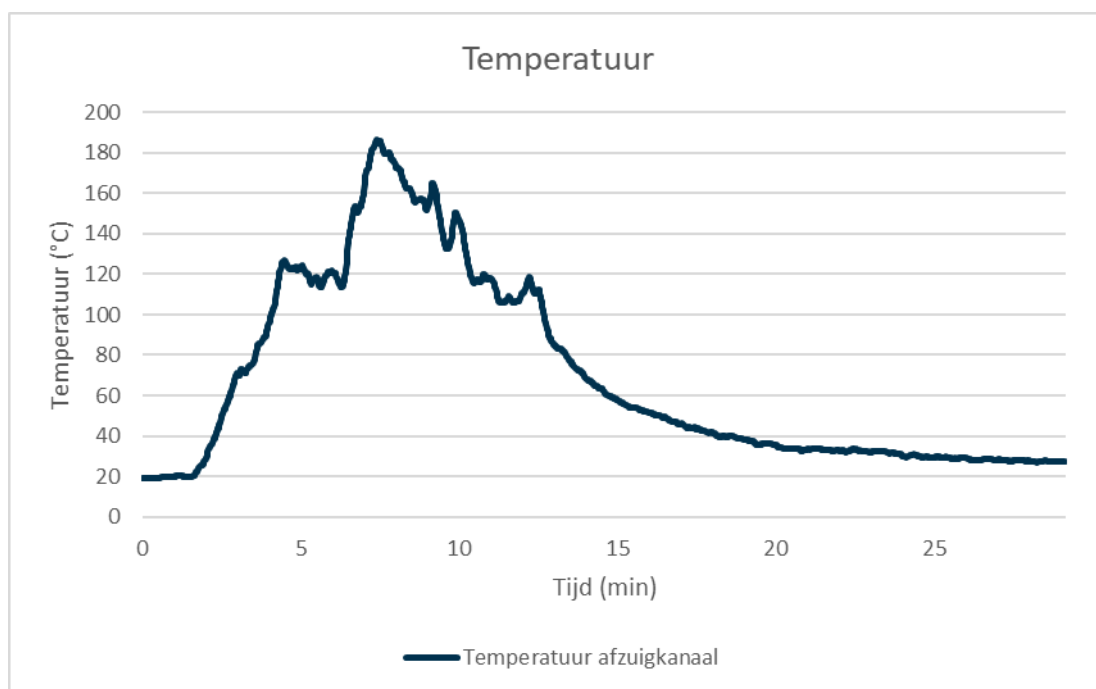
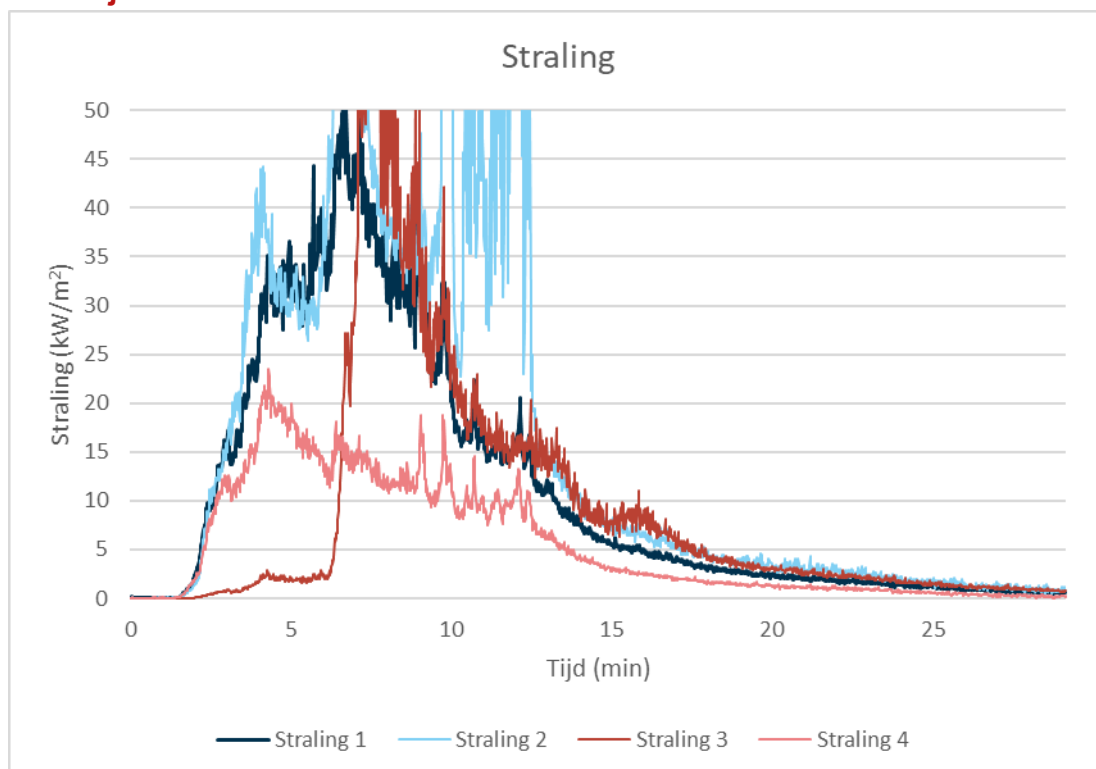


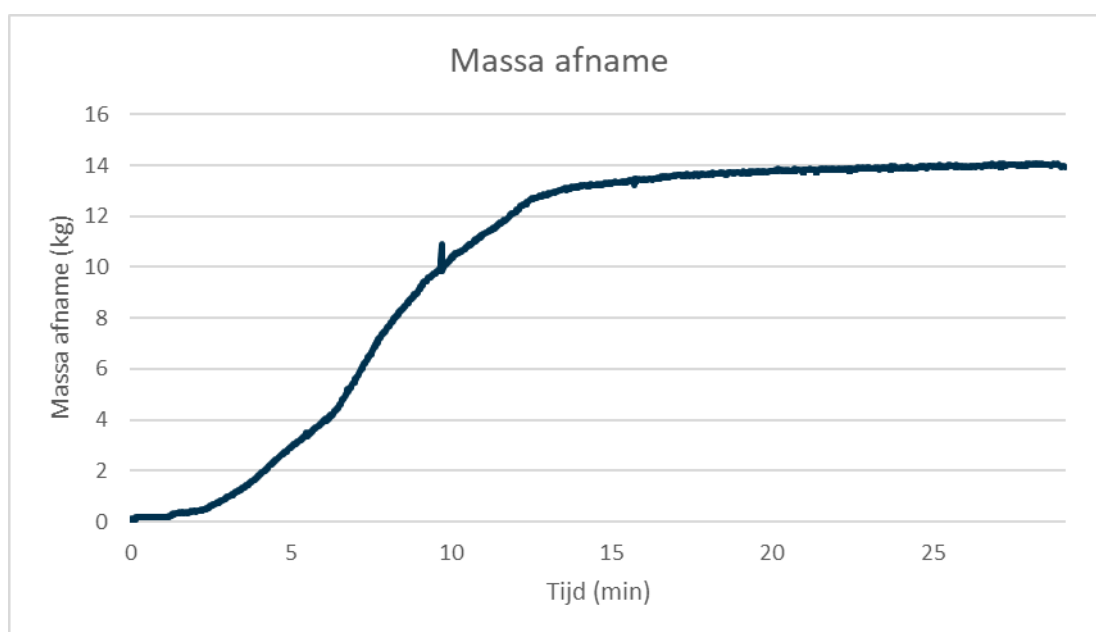
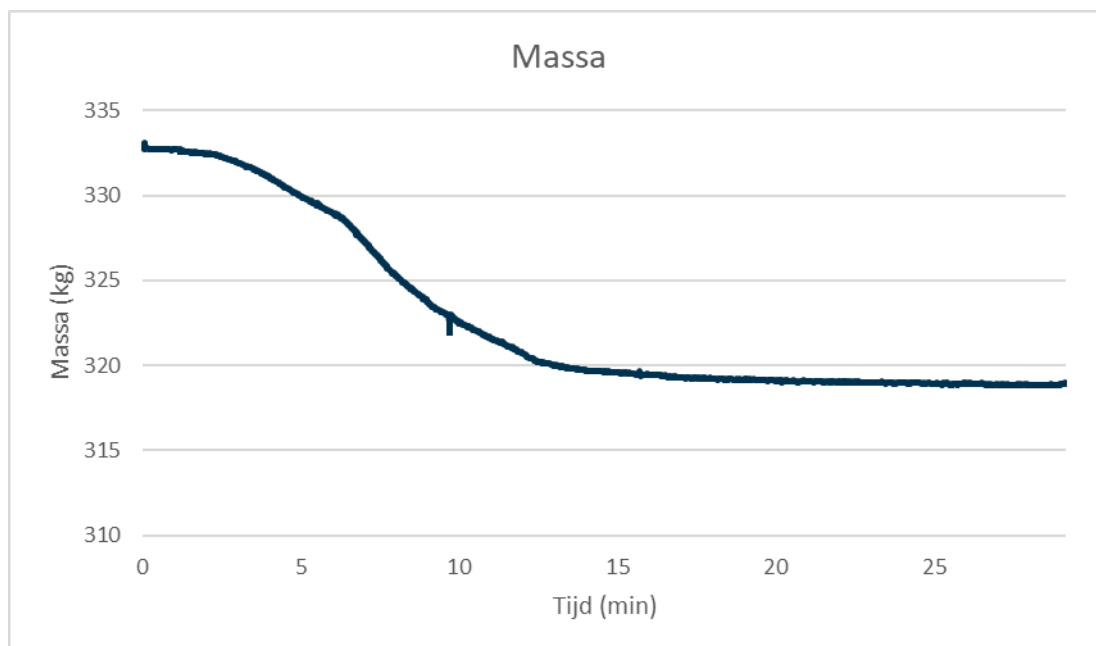


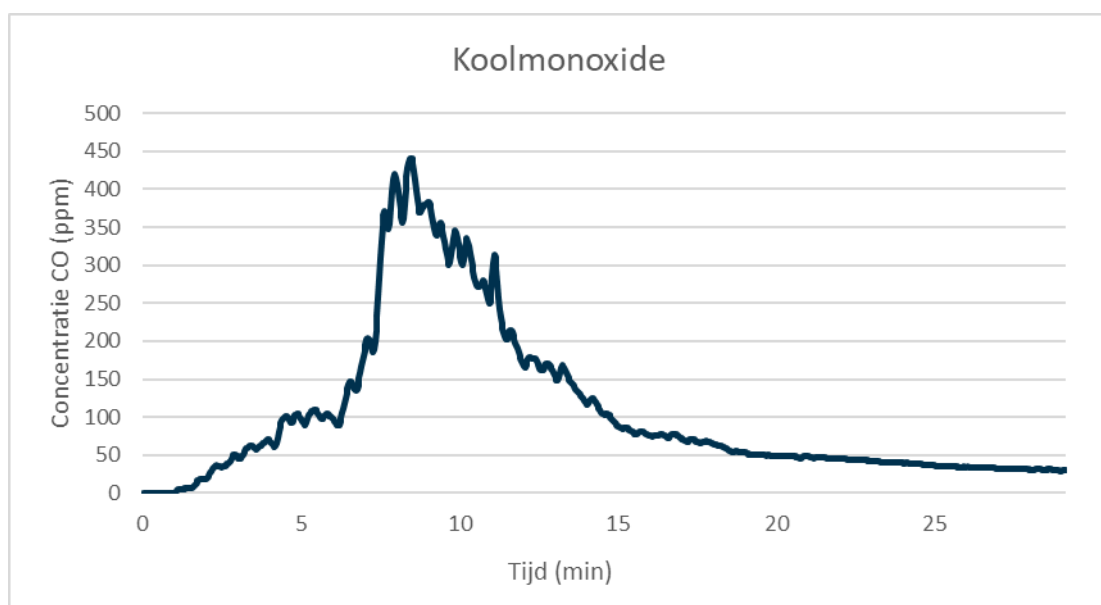
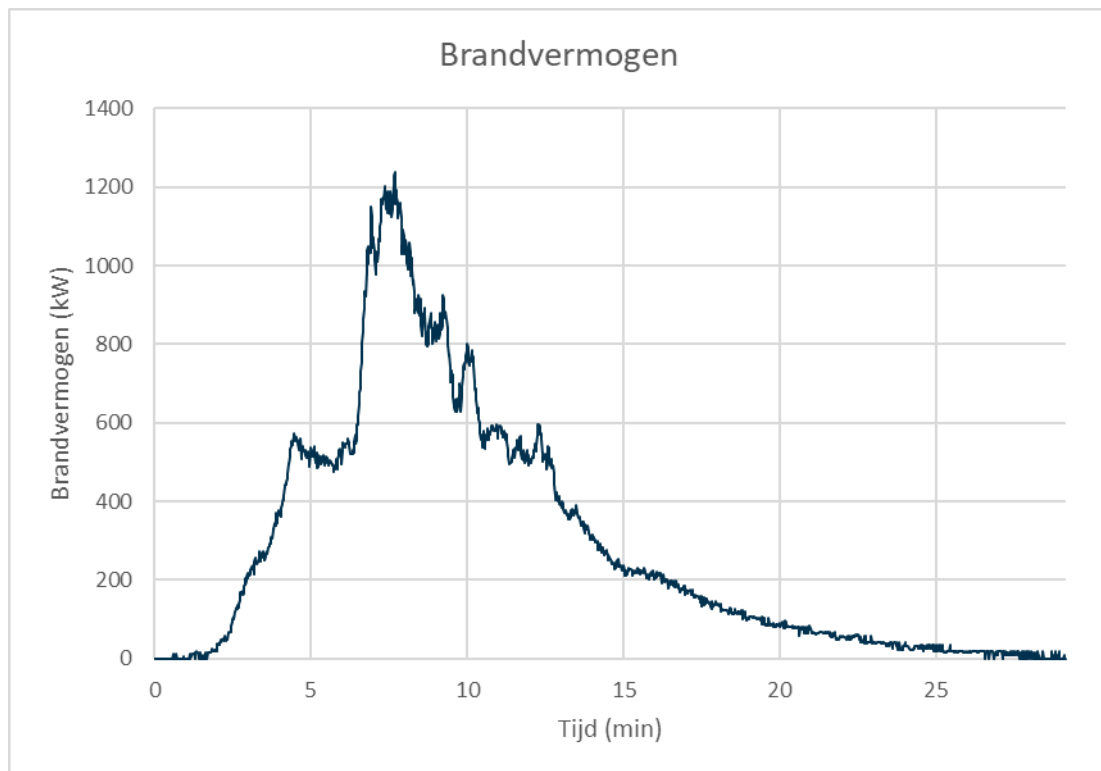




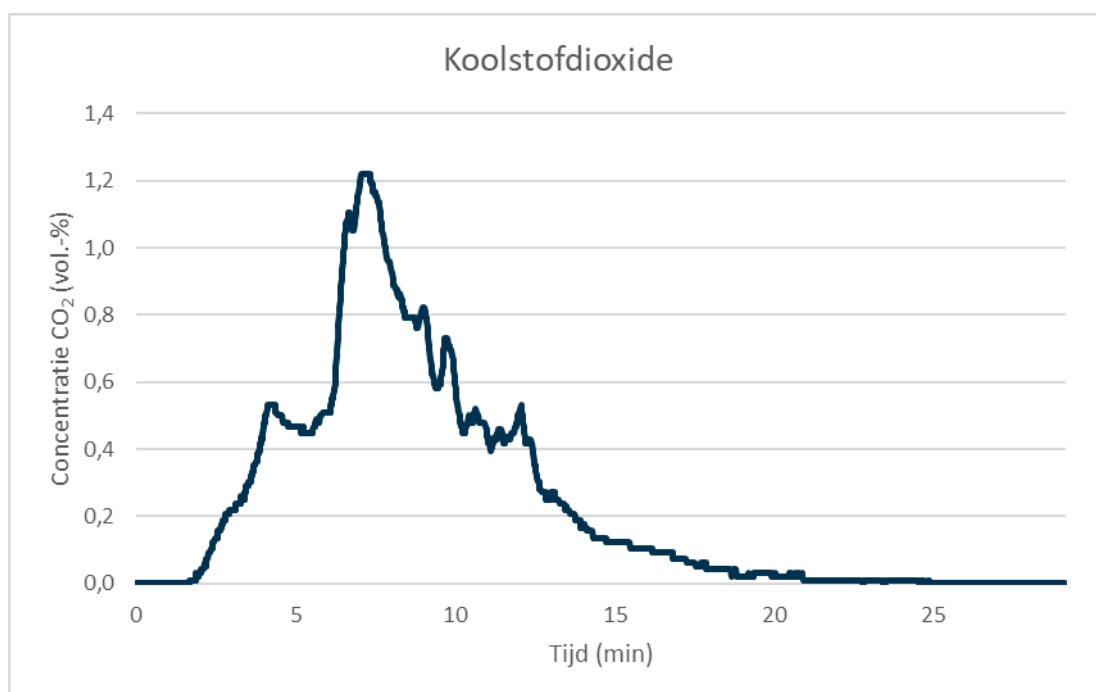
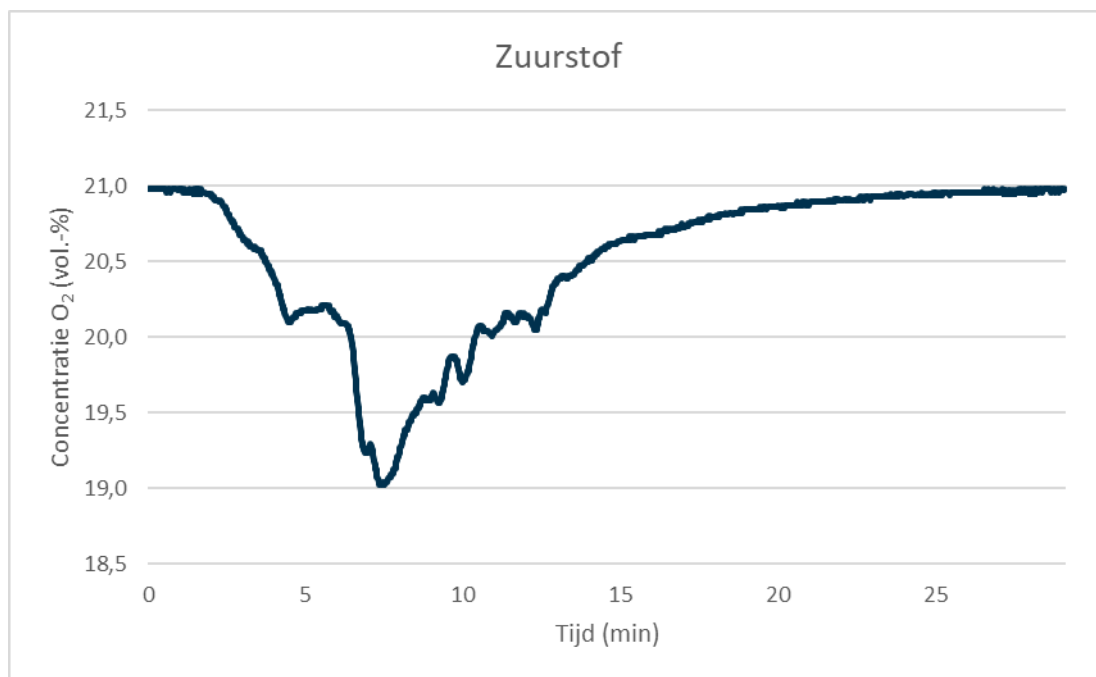
Testobject J: Basismodel elektrische scooter

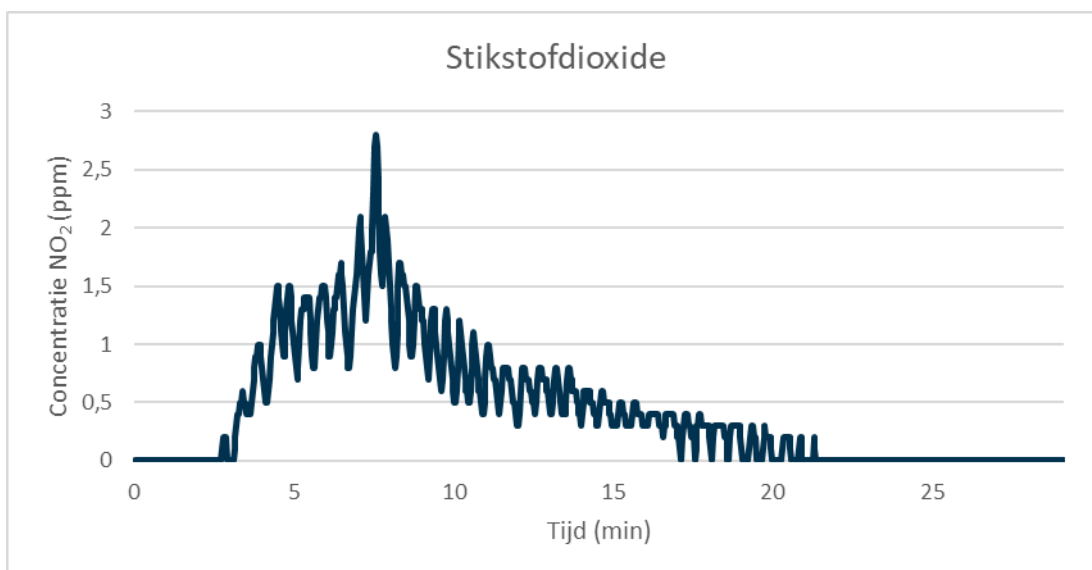
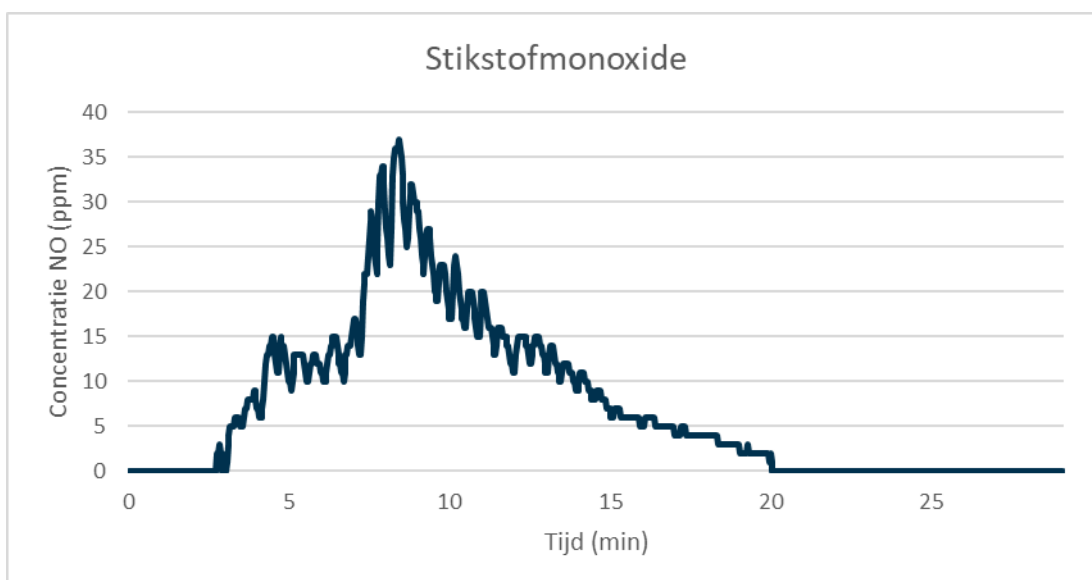
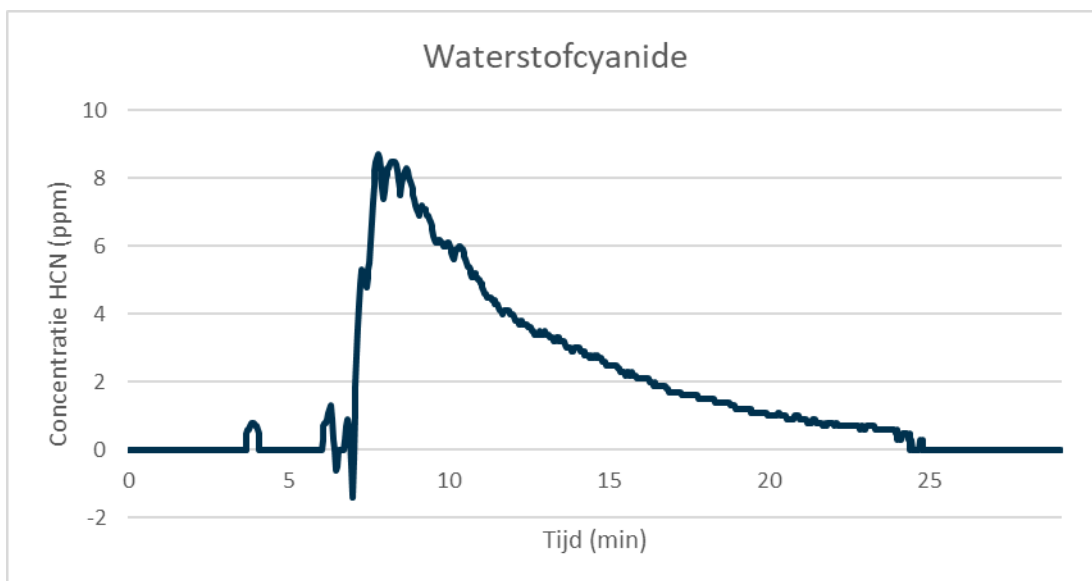


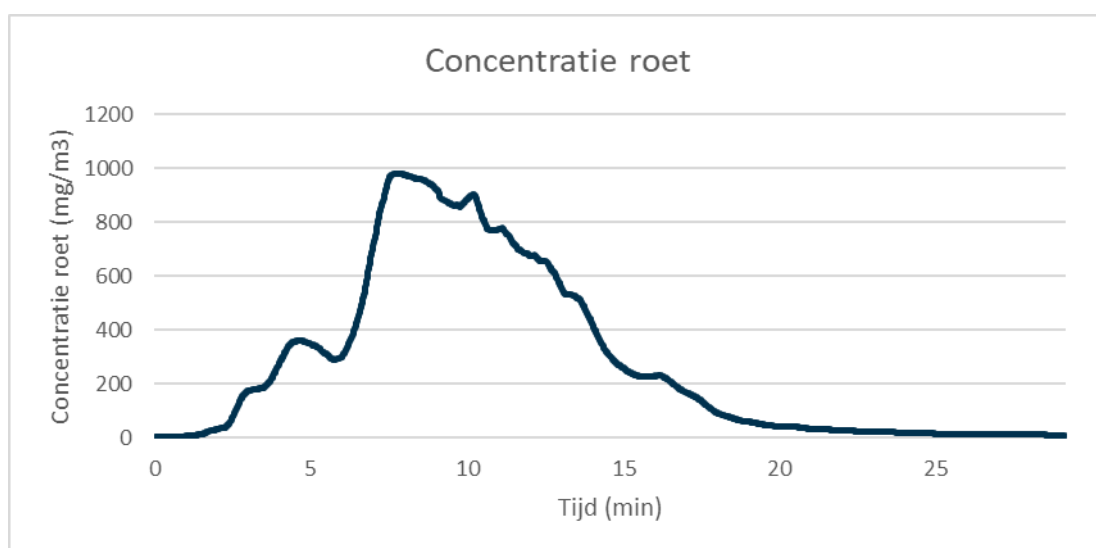
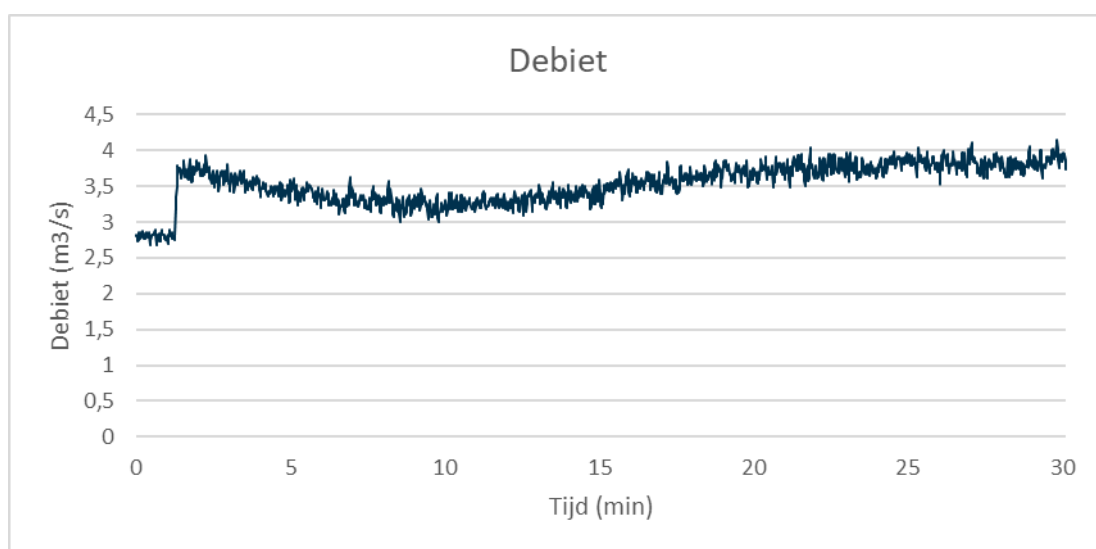
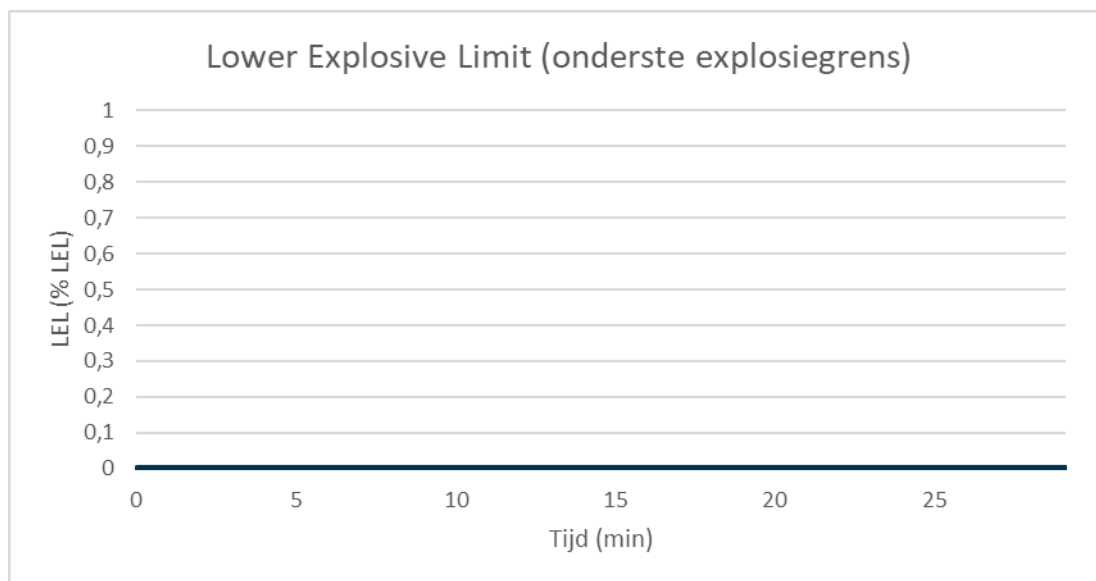




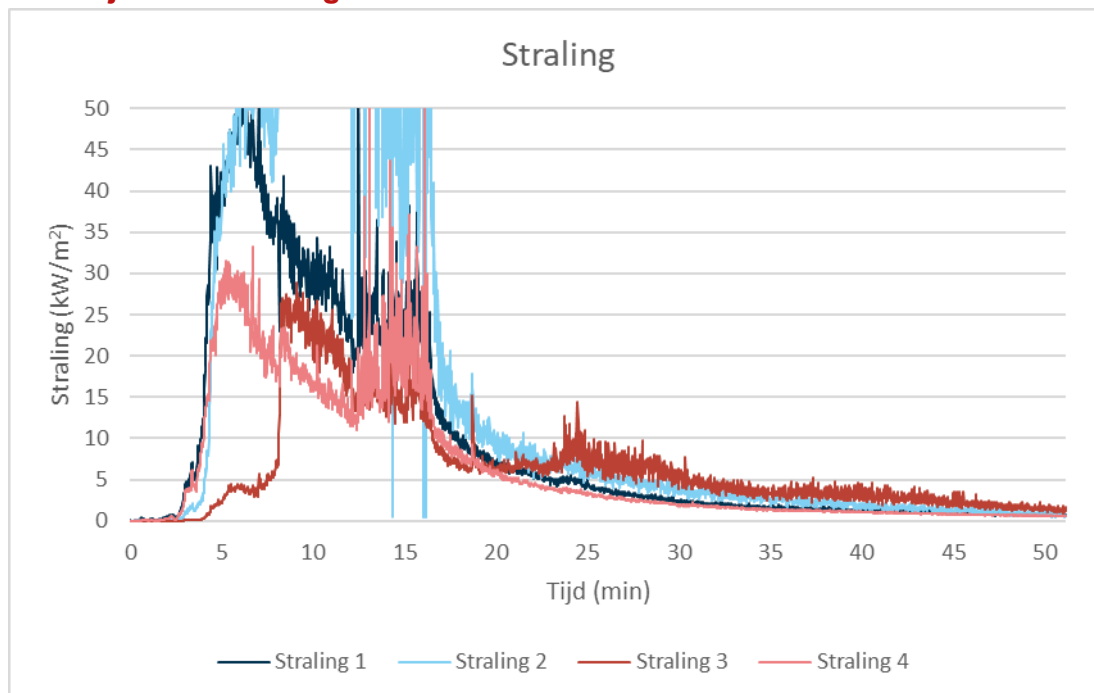
De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.



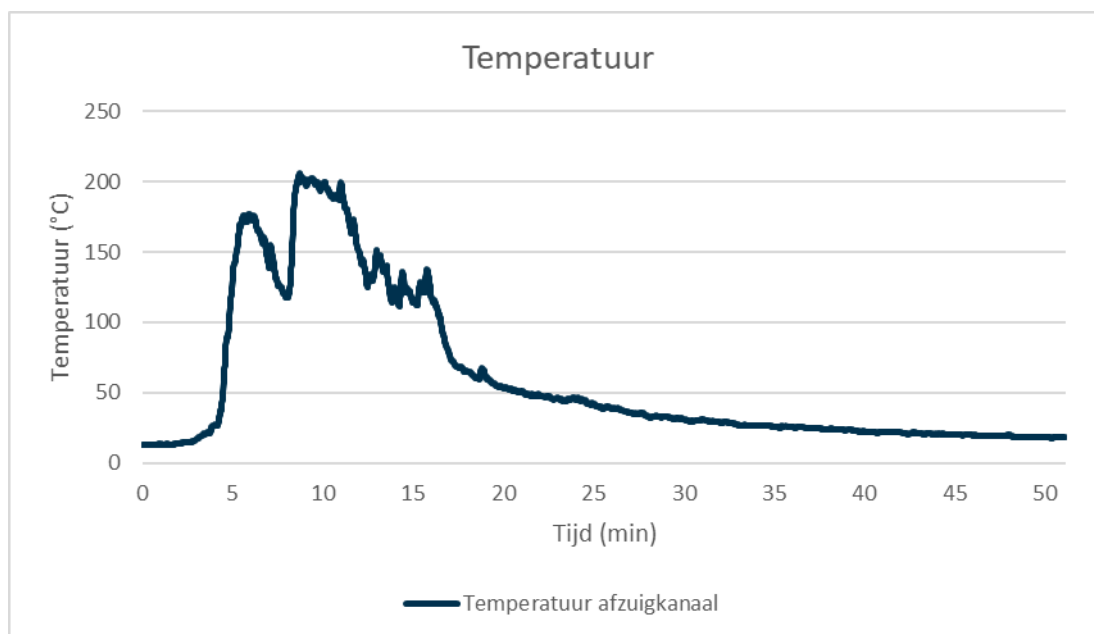


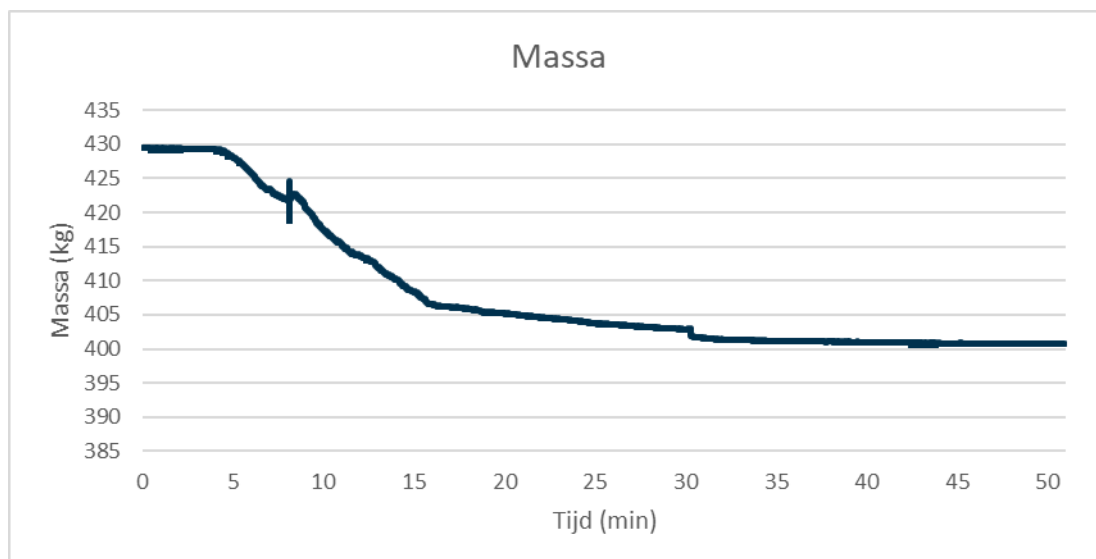


Testobject K: Mid-range model elektrische scooter zonder accessoires

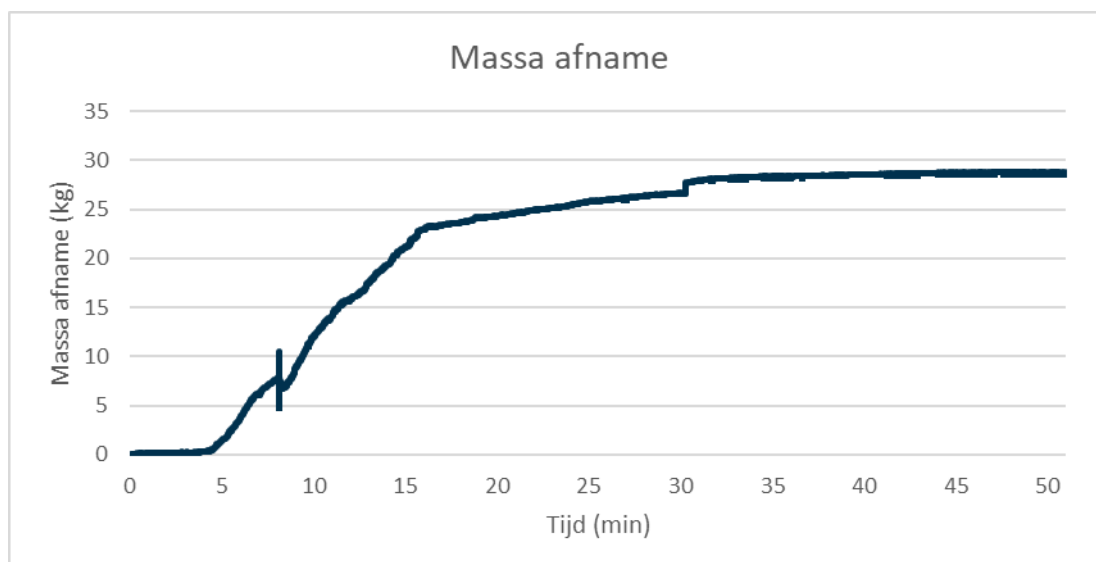


Het brandlab heeft aangegeven dat de data van straling onbruikbaar zijn na 8 minuten en 9 seconden.

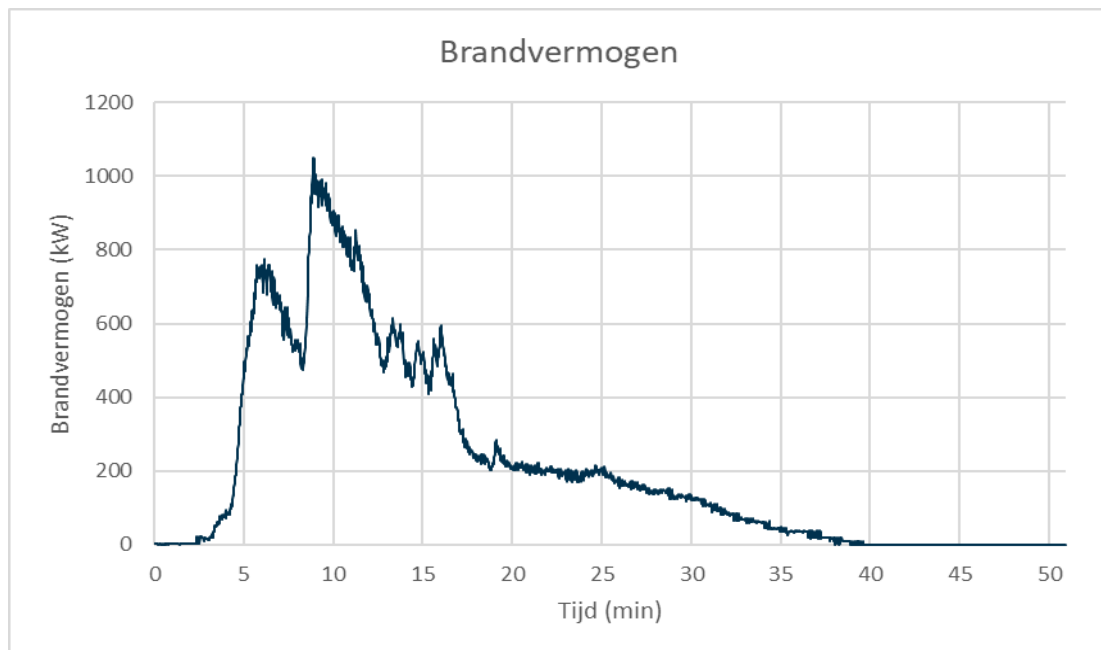




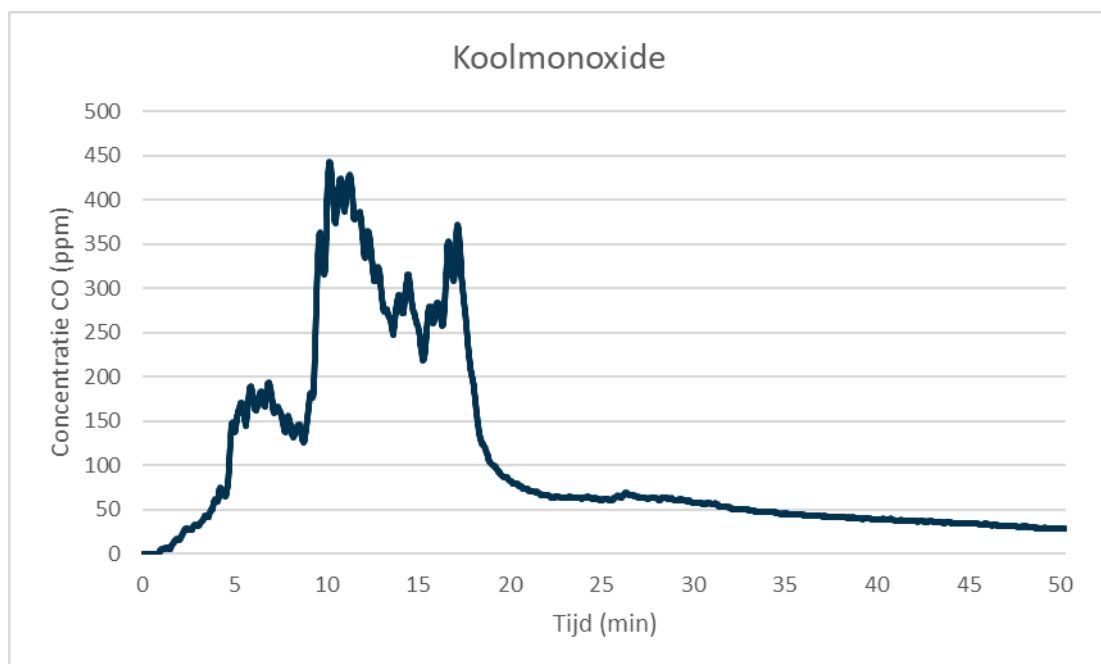
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 8 minuten en 9 seconden.



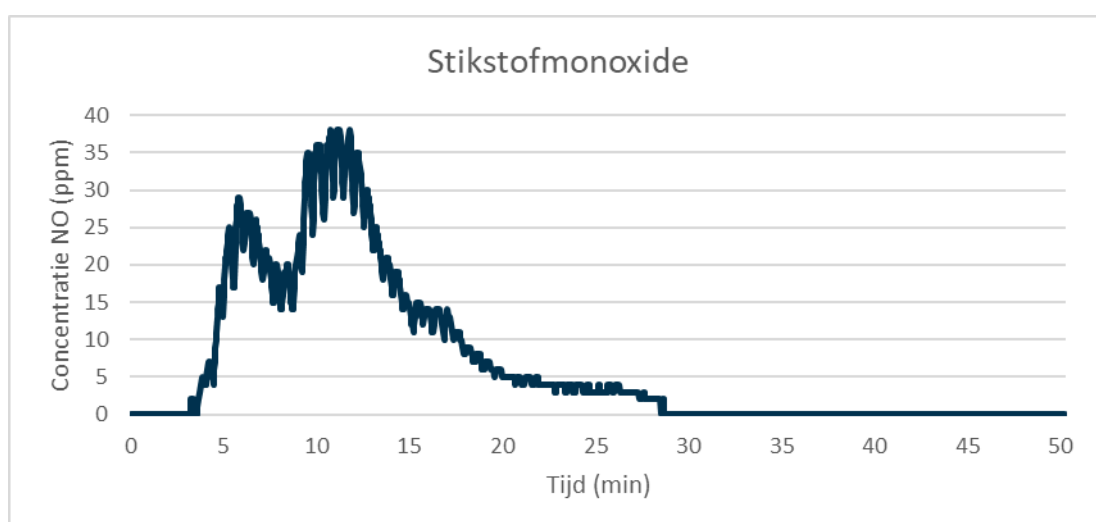
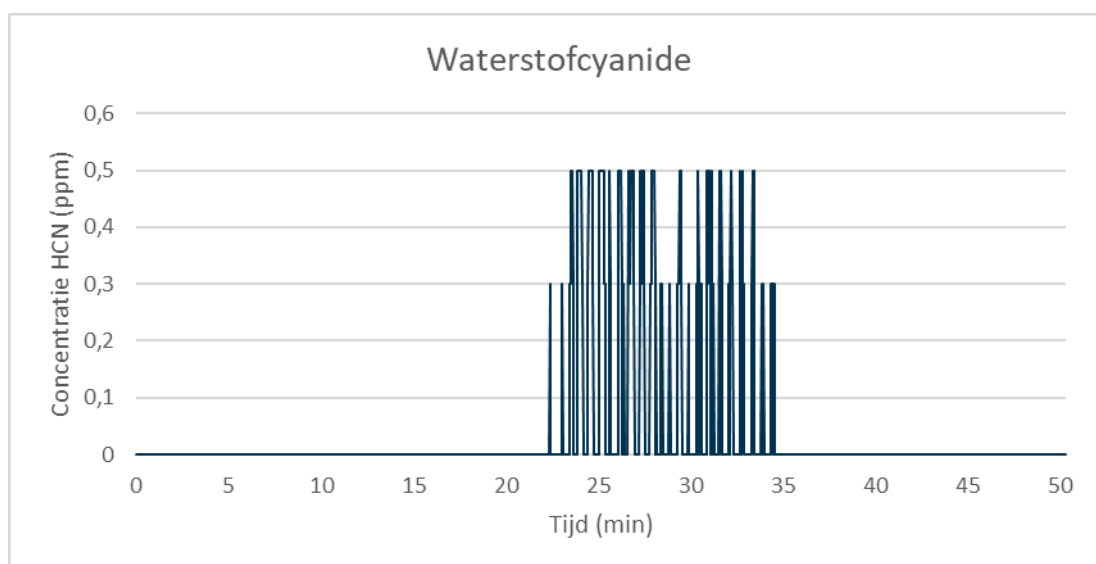
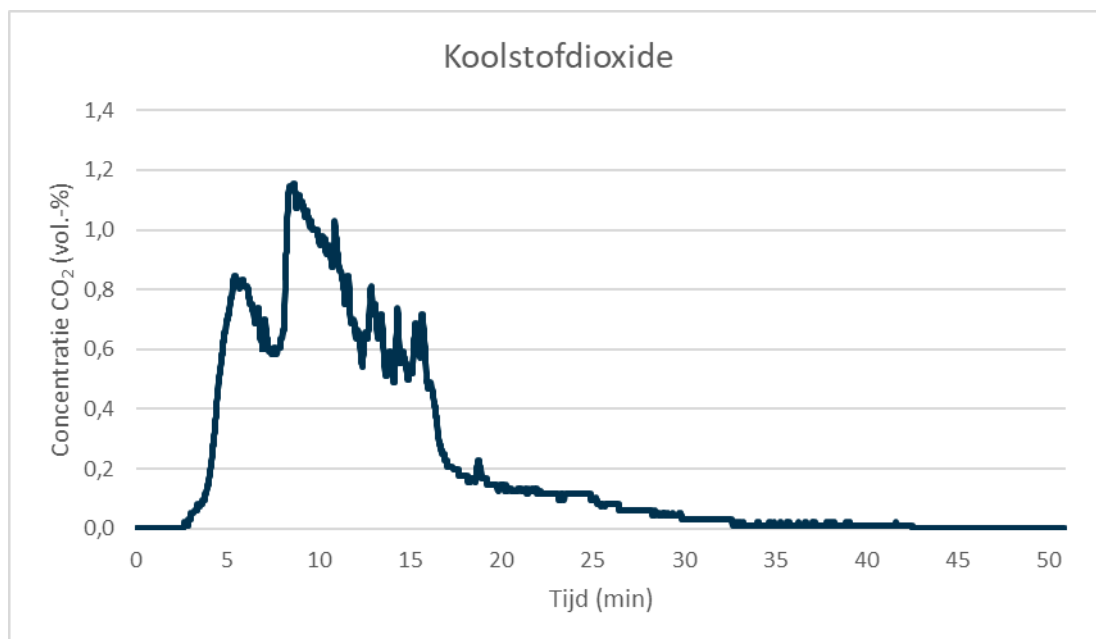
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 8 minuten en 9 seconden.

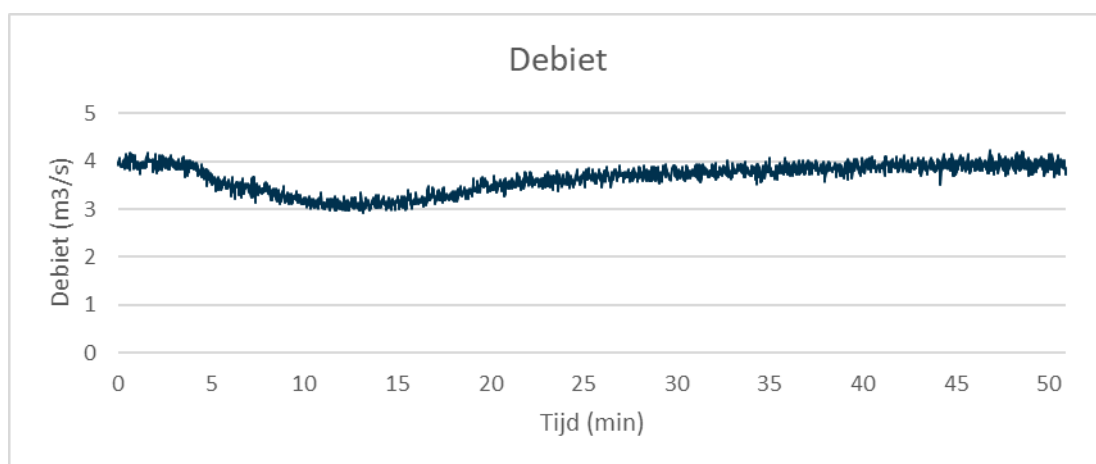
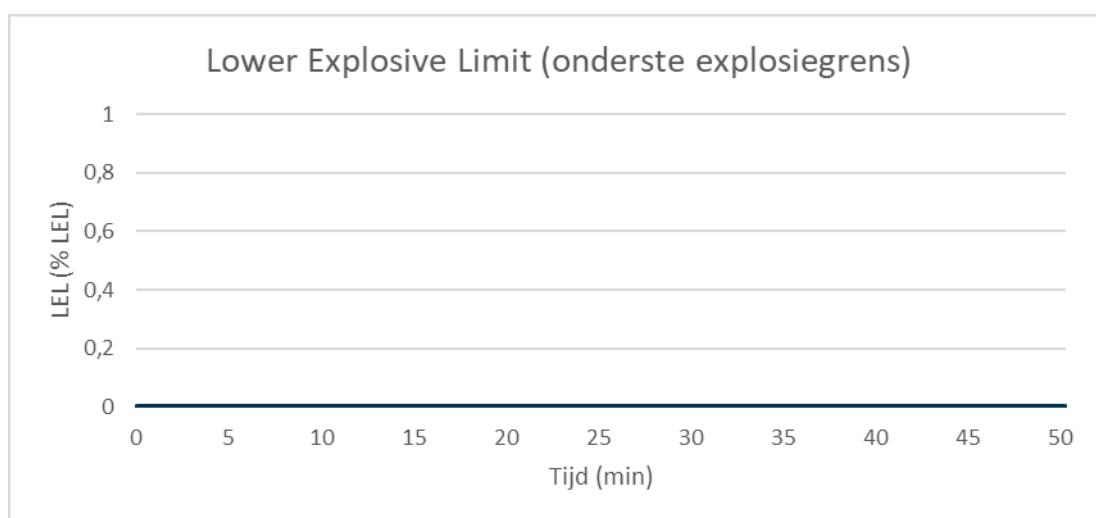
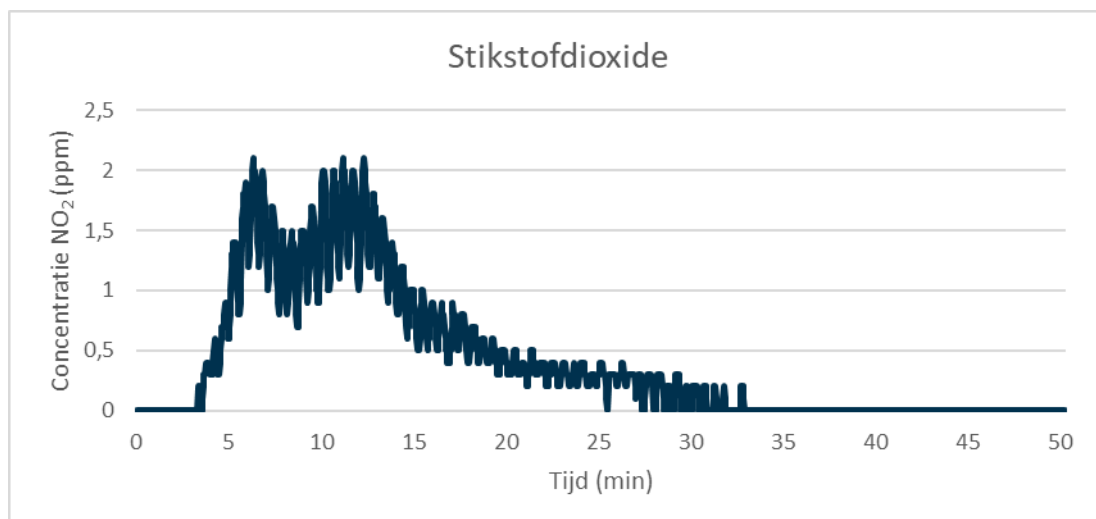


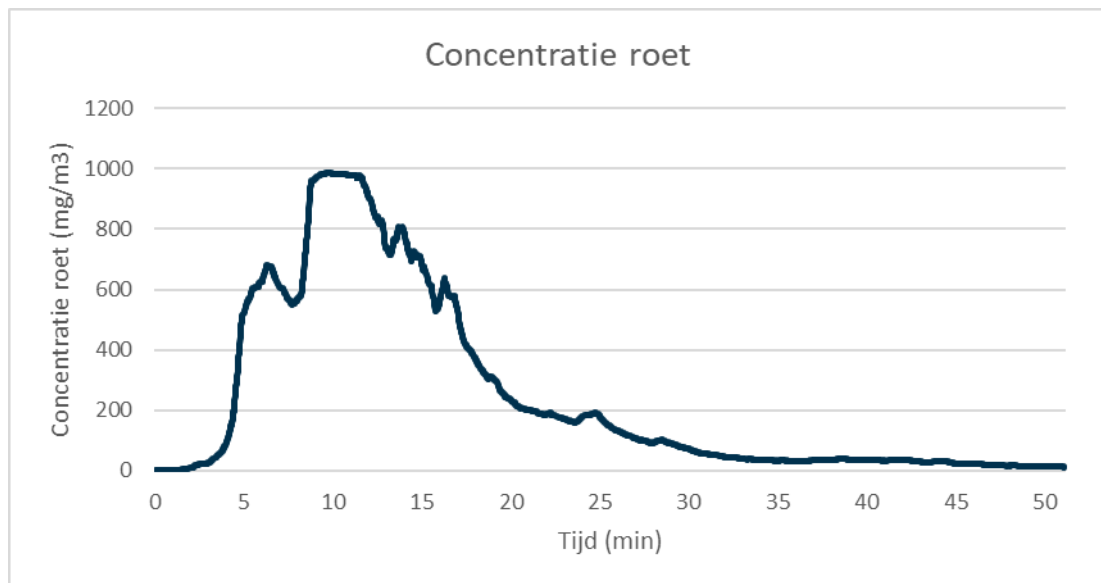
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van brandvermogen onbruikbaar zijn na 35 minuten.



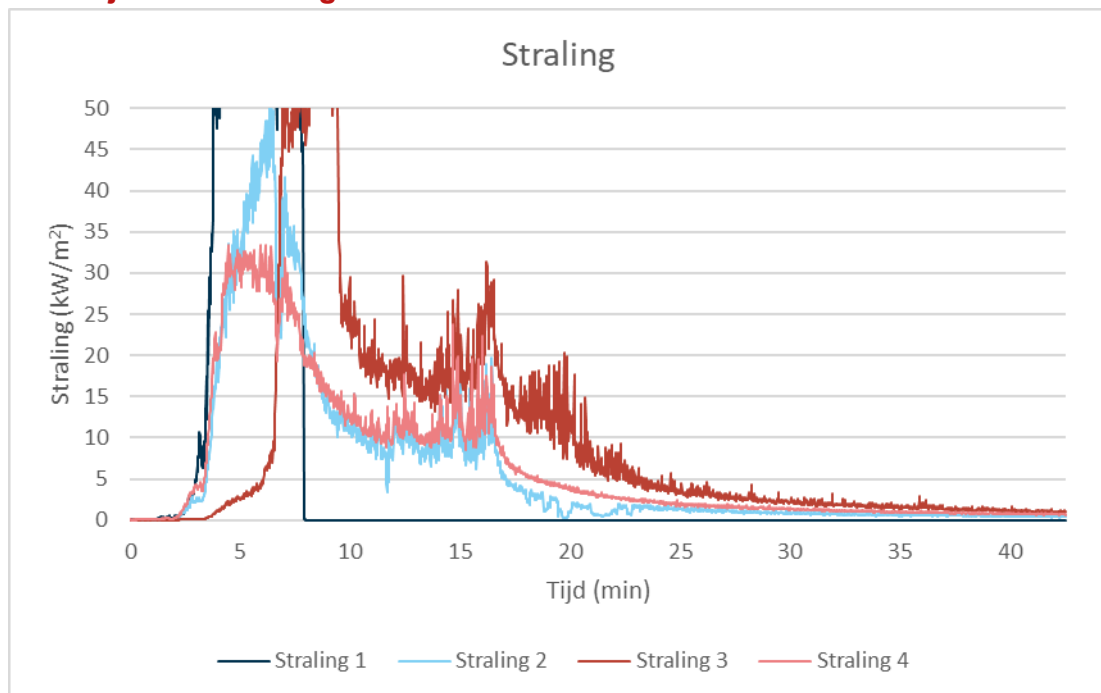
De grafieken van waterstoffluoride en zuurstof zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.



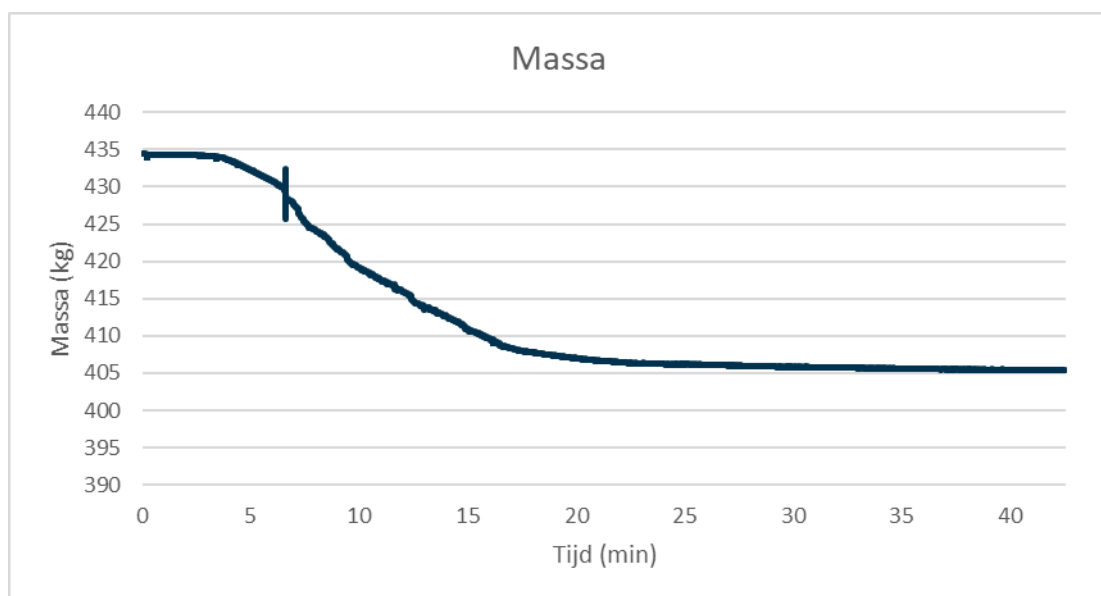
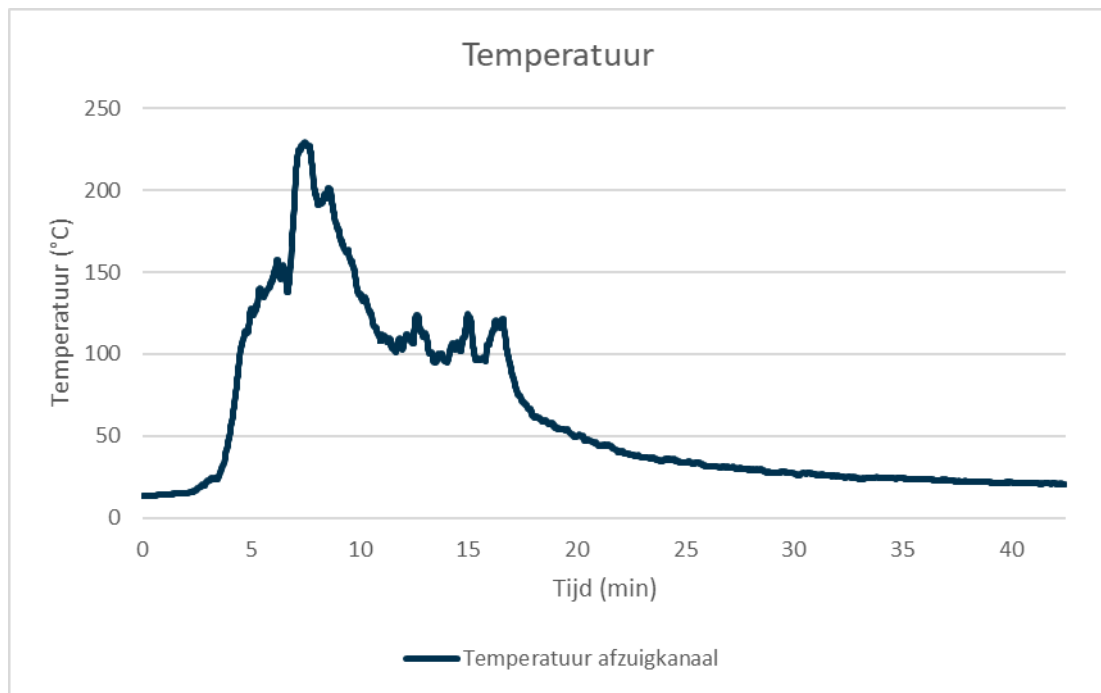




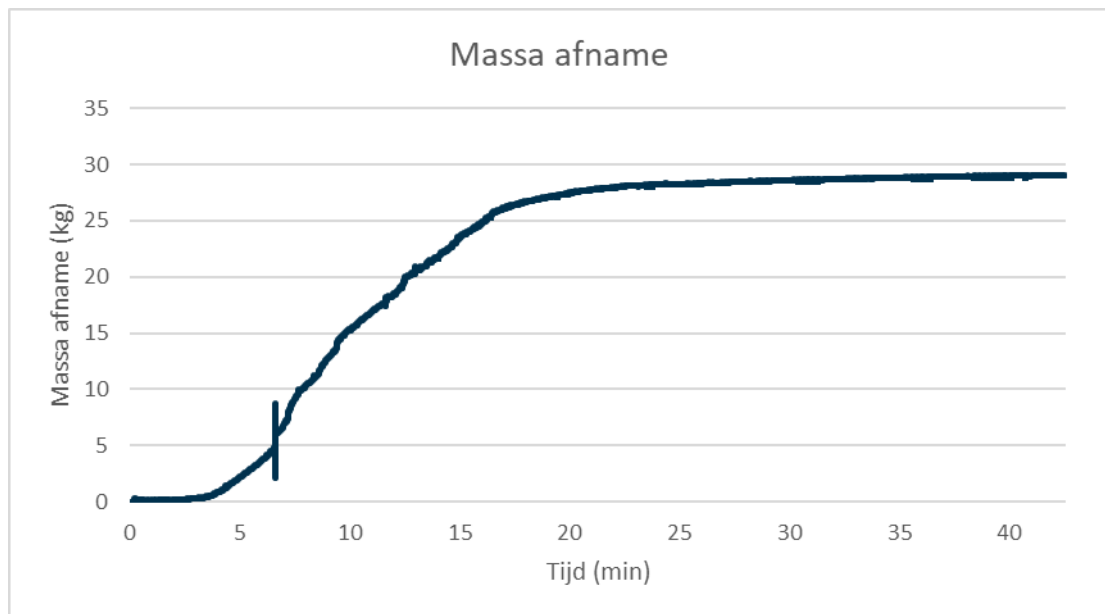
Testobject L: Mid-range model elektrische scooter met windscherm



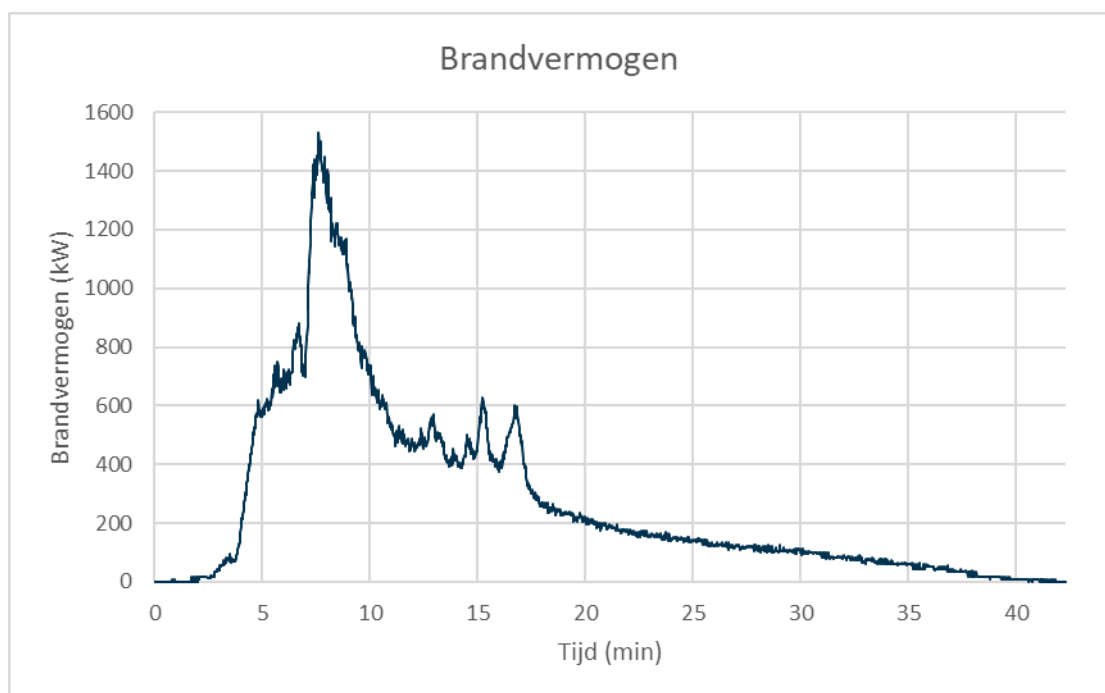
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van straling onbruikbaar zijn na 6 minuten en 37 seconden.

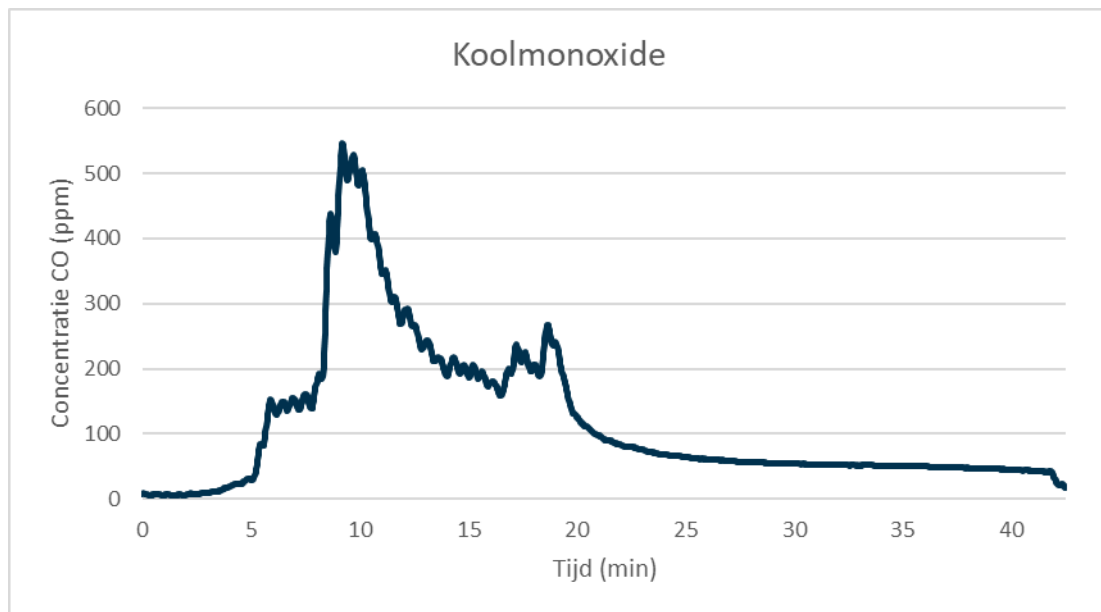


Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 6 minuten en 37 seconden.

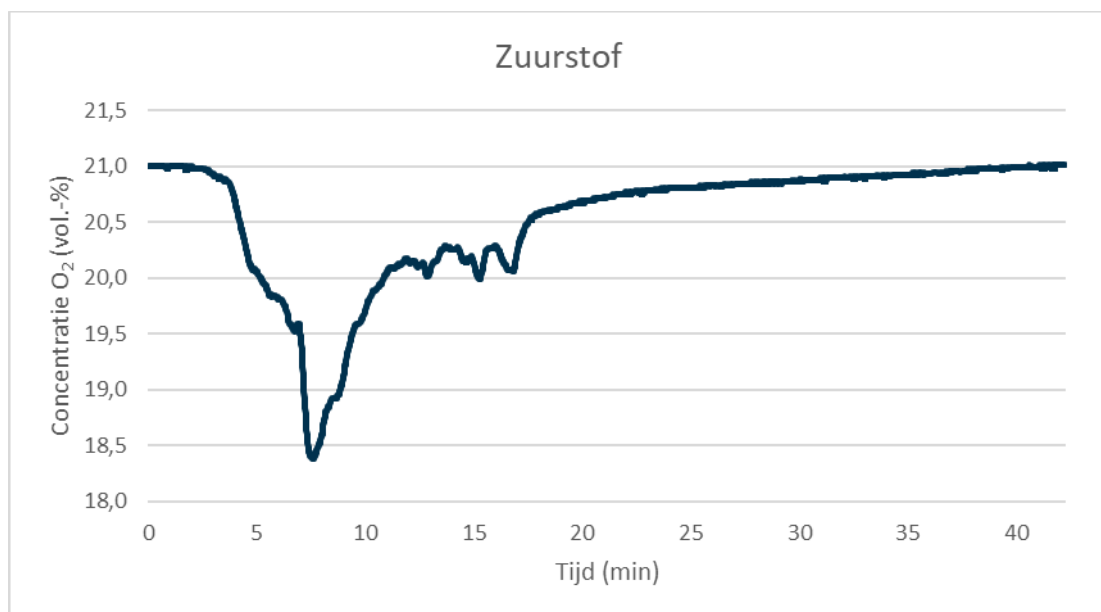


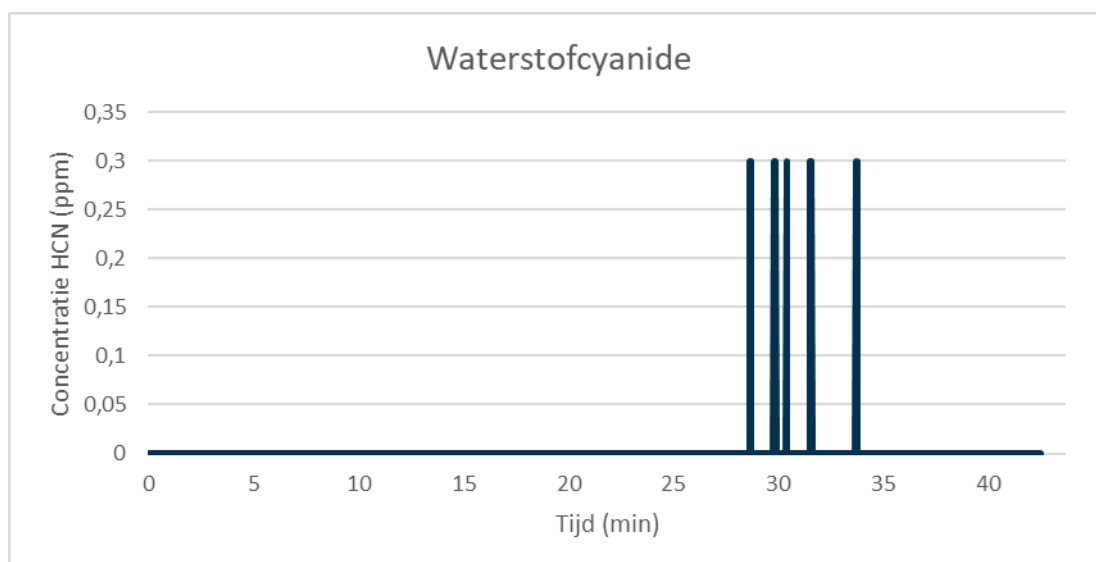
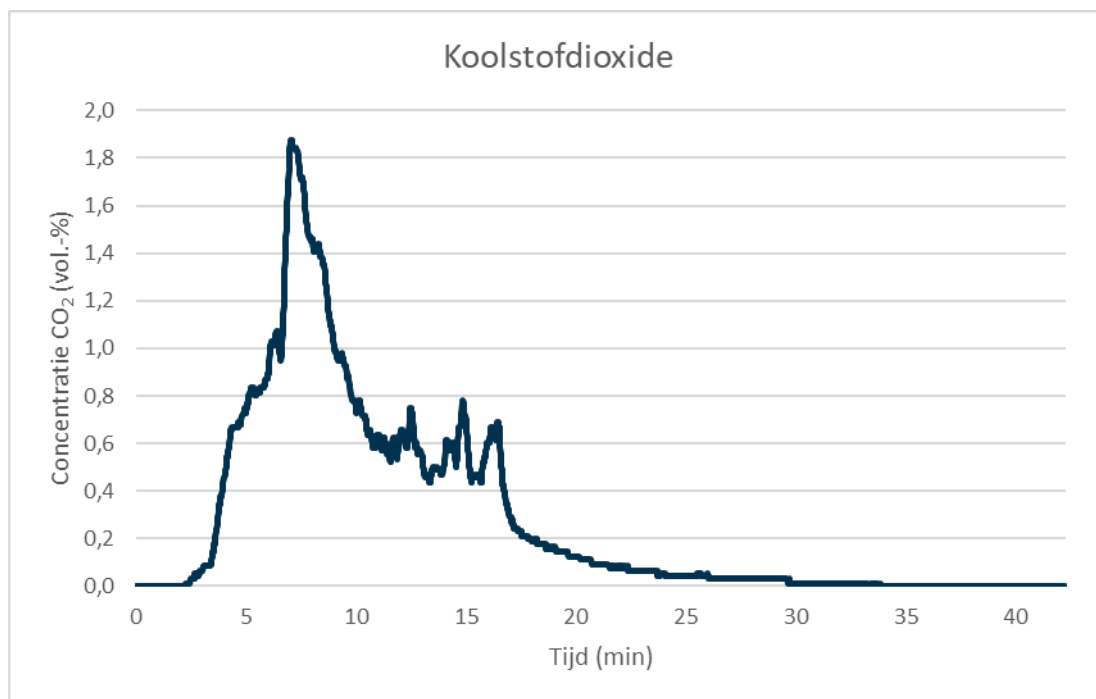
Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 6 minuten en 37 seconden.

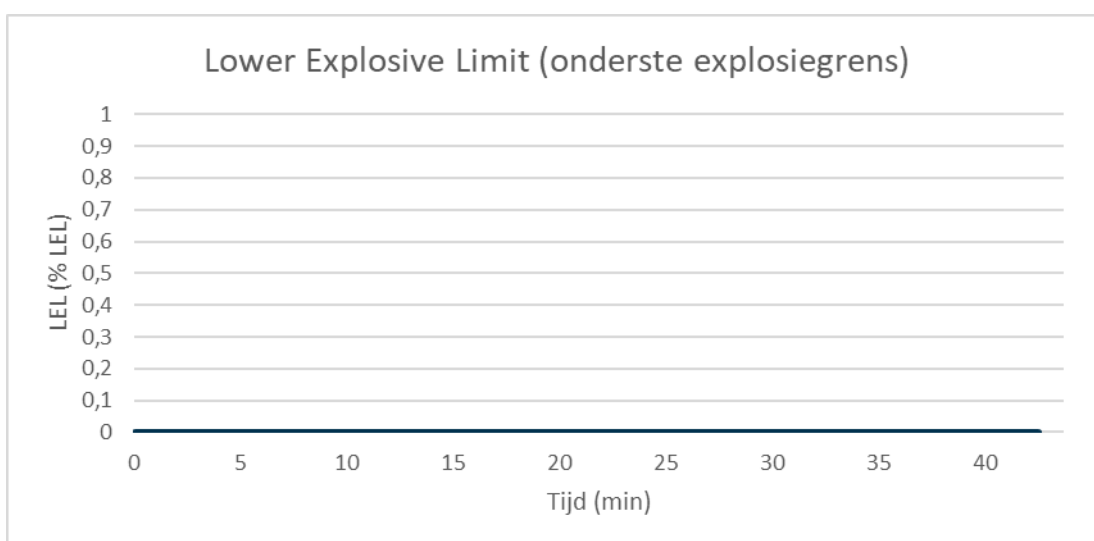
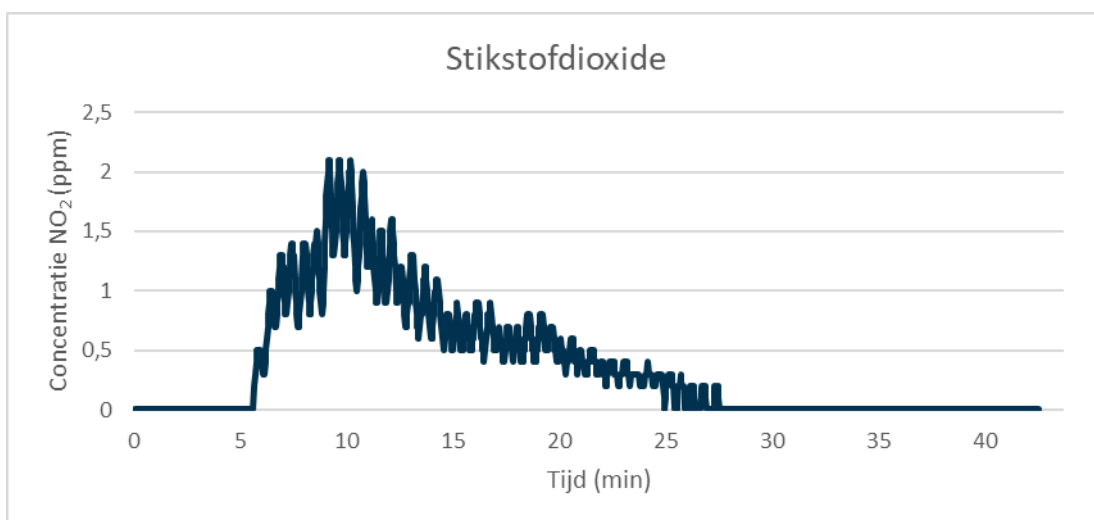
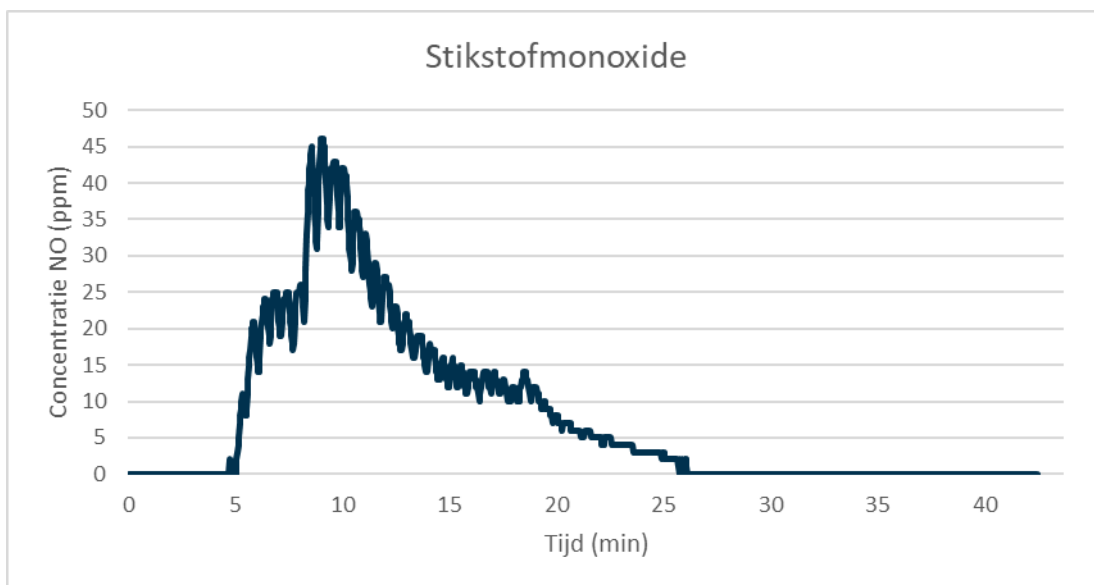


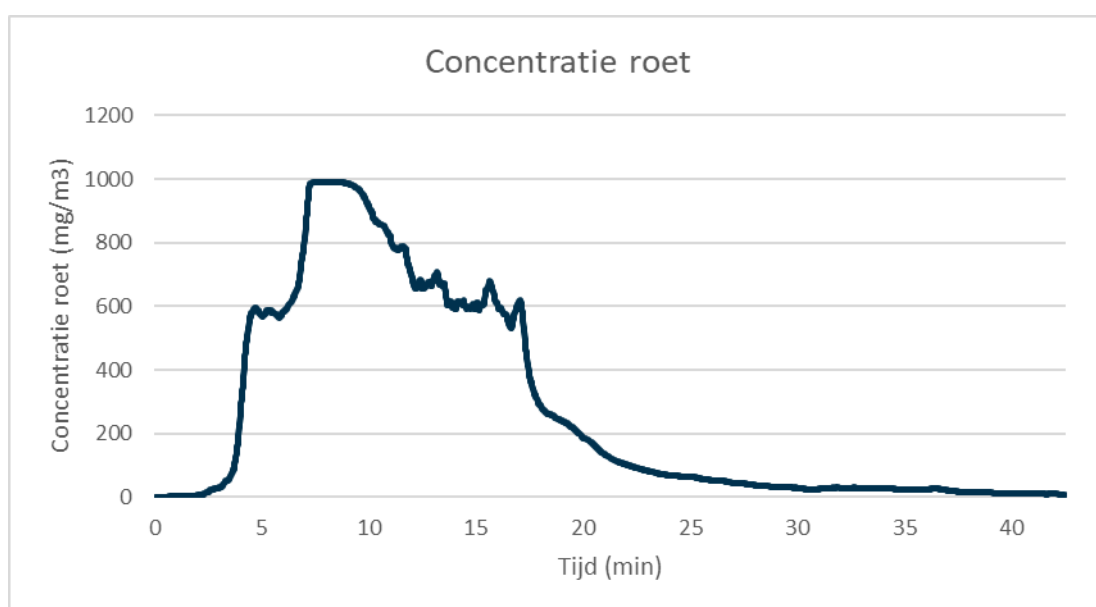
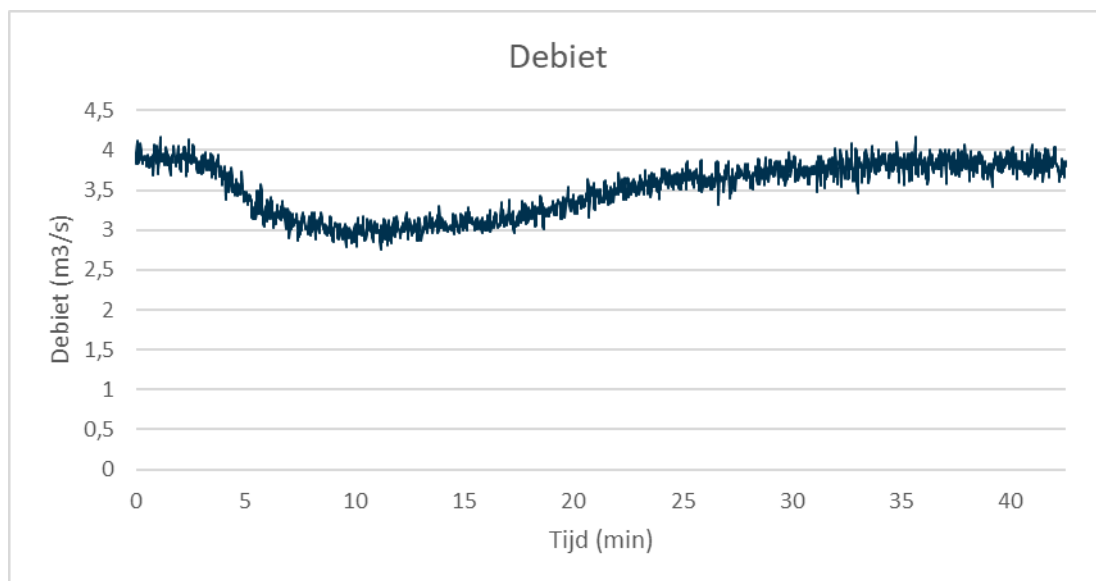


De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

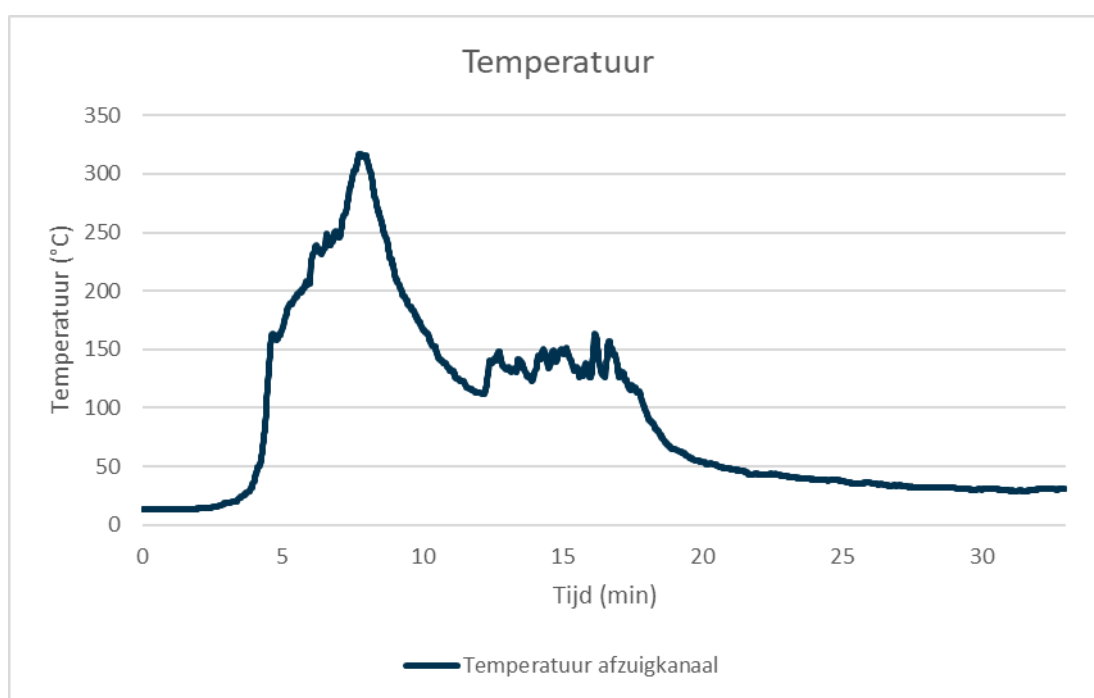
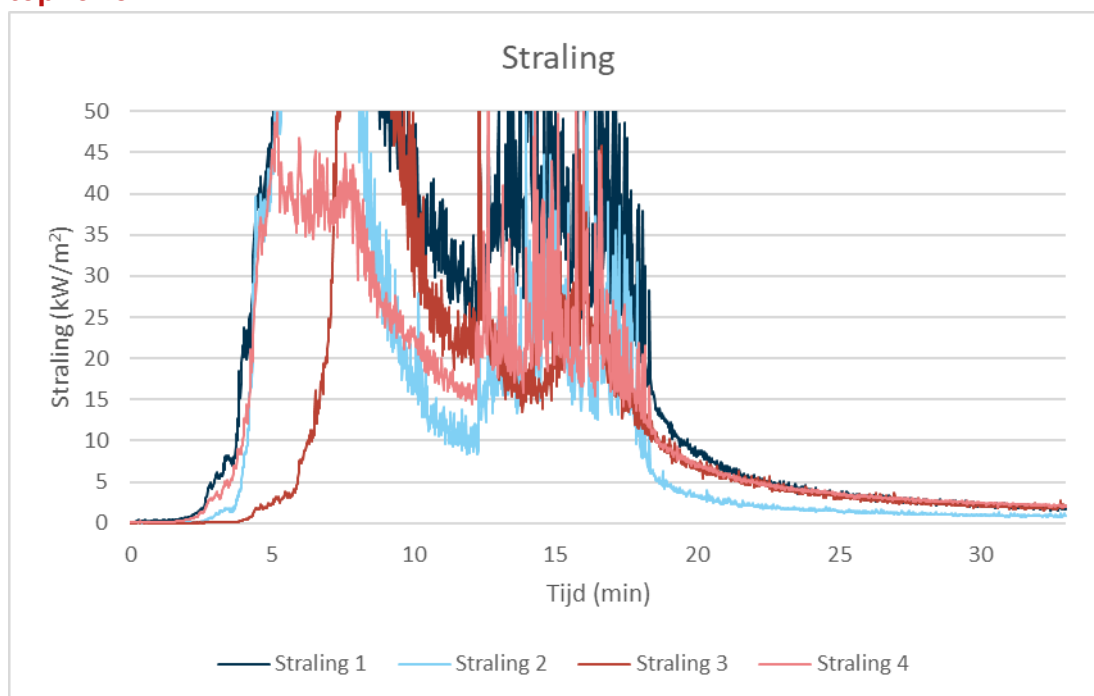


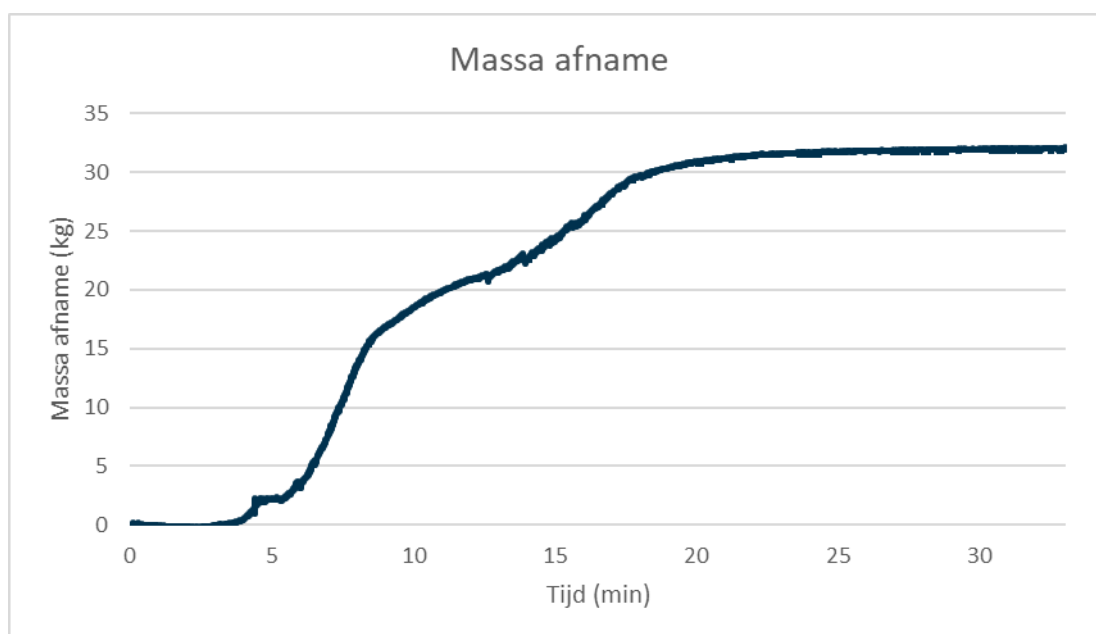
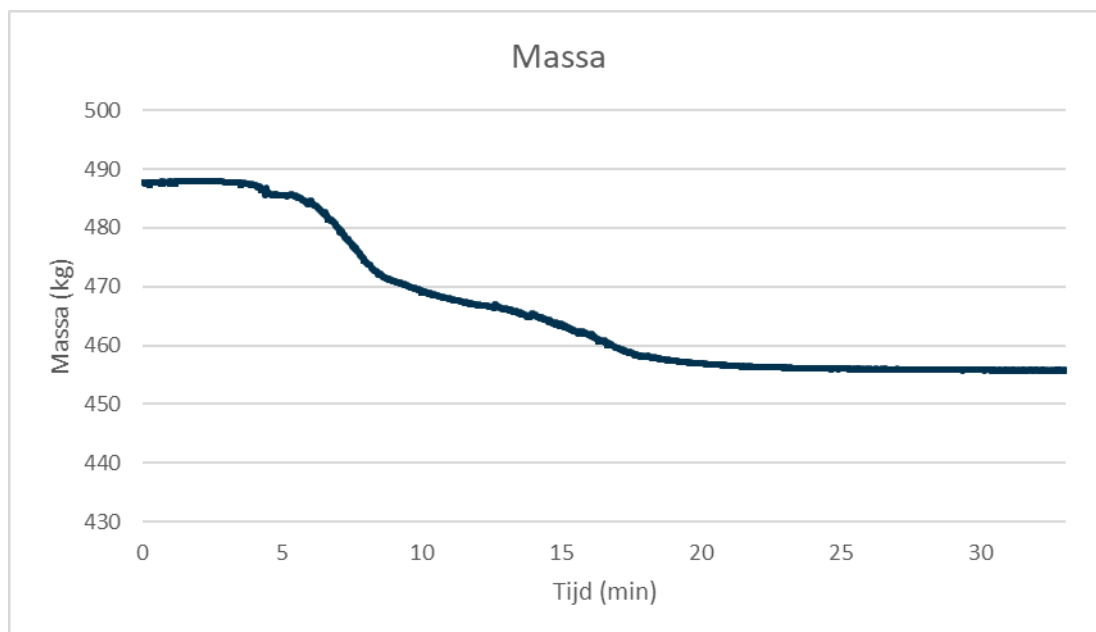


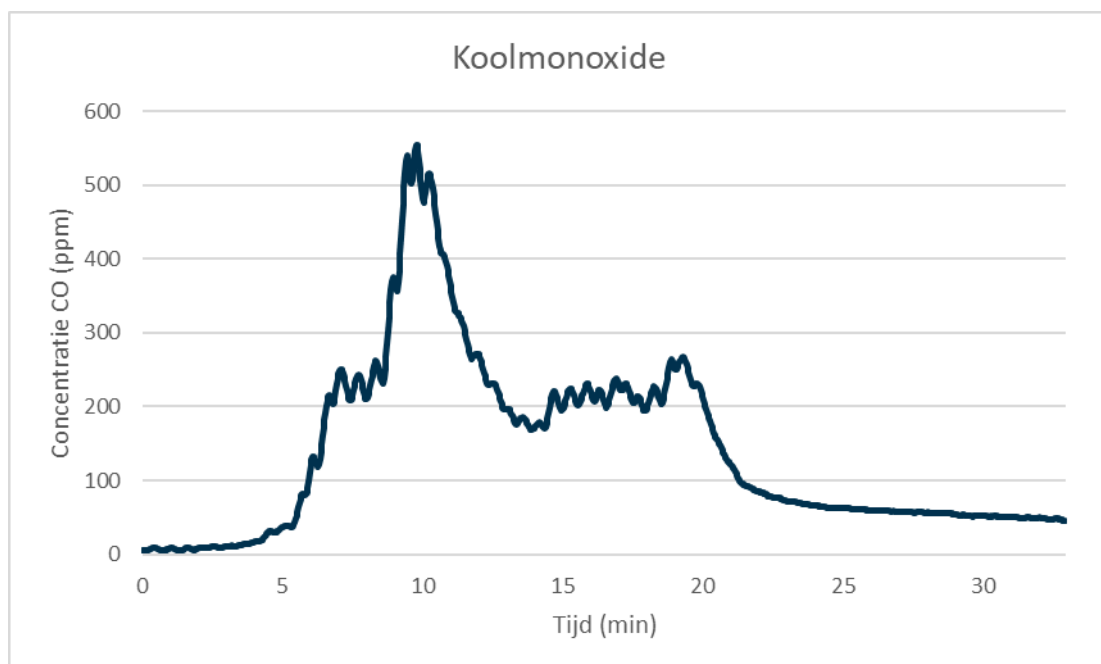
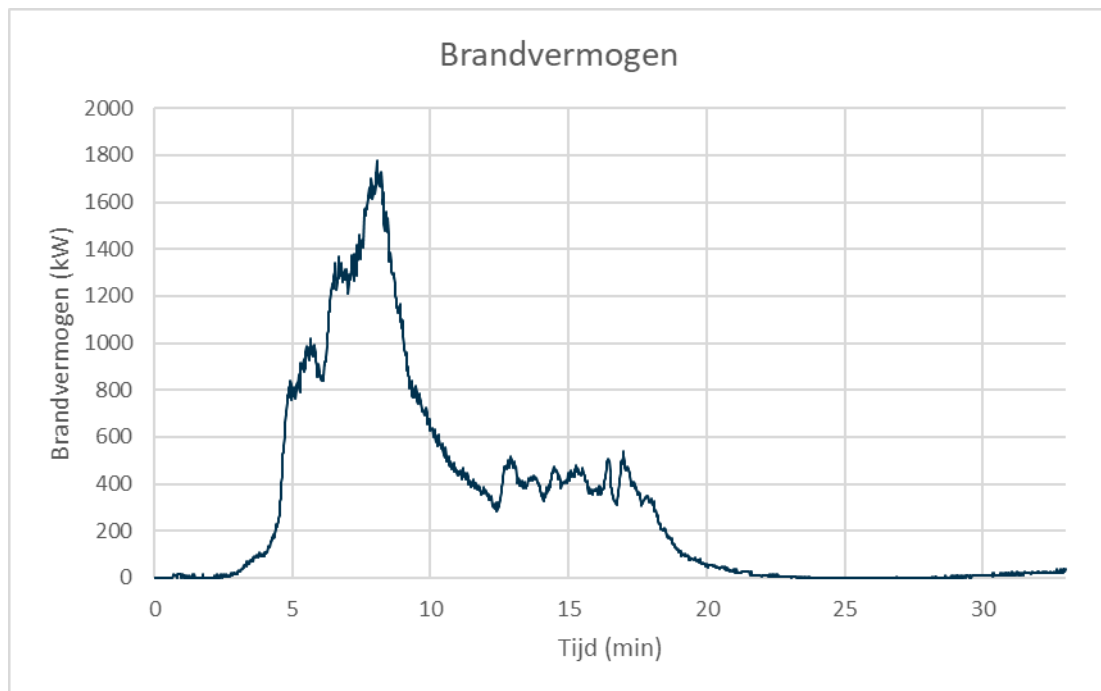




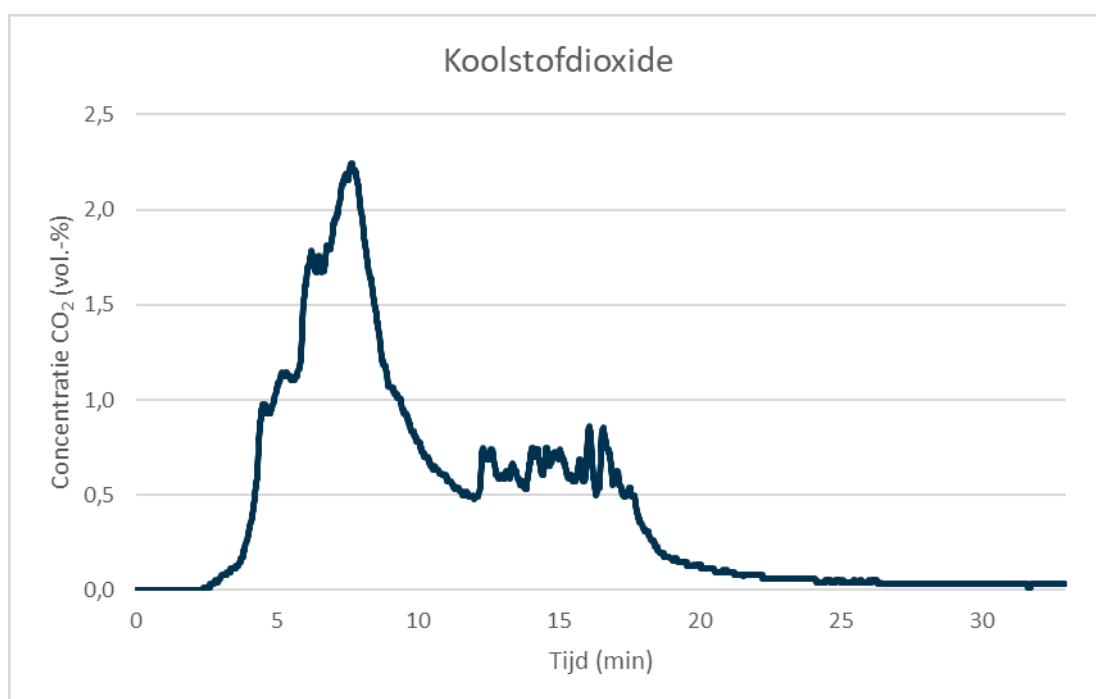
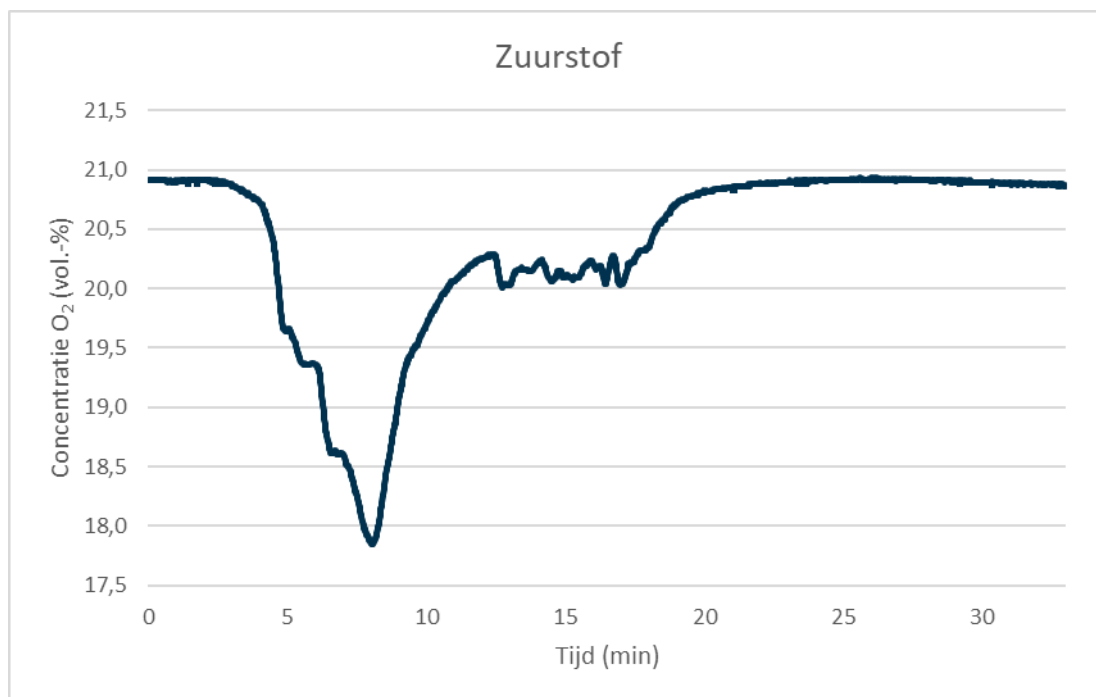
Testobject M: Mid-range model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

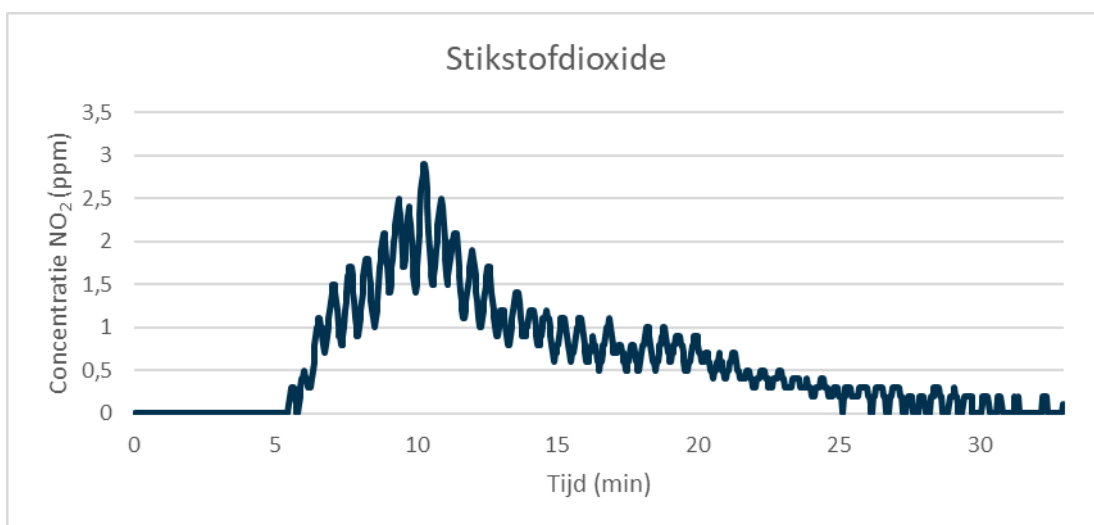
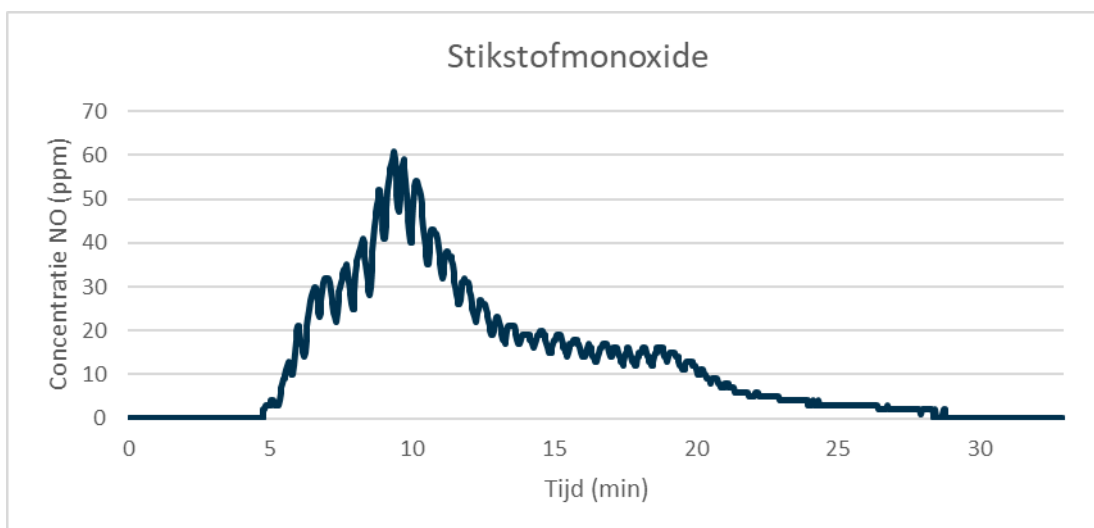
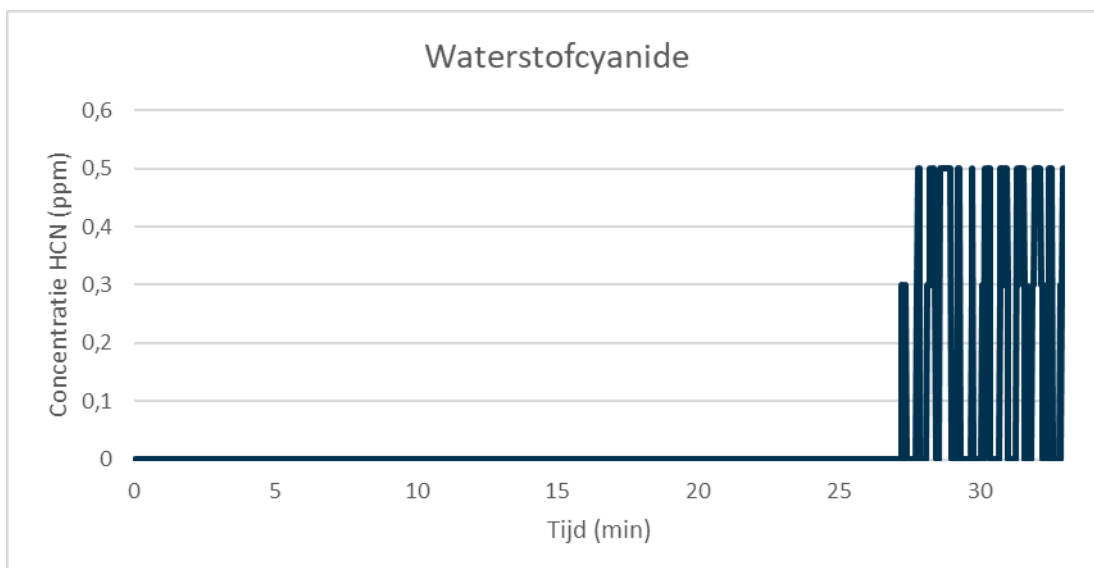


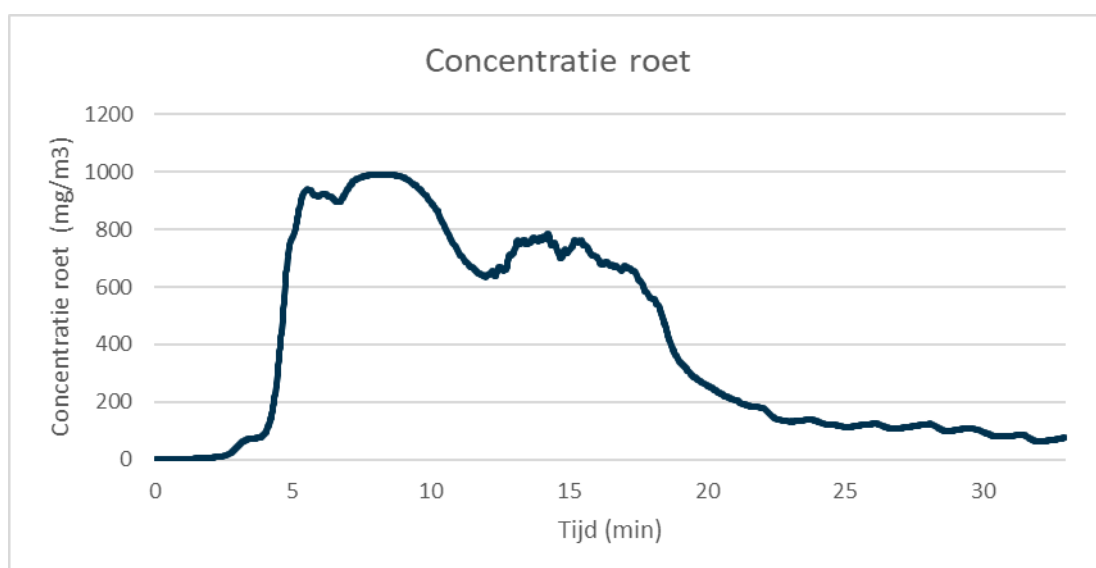
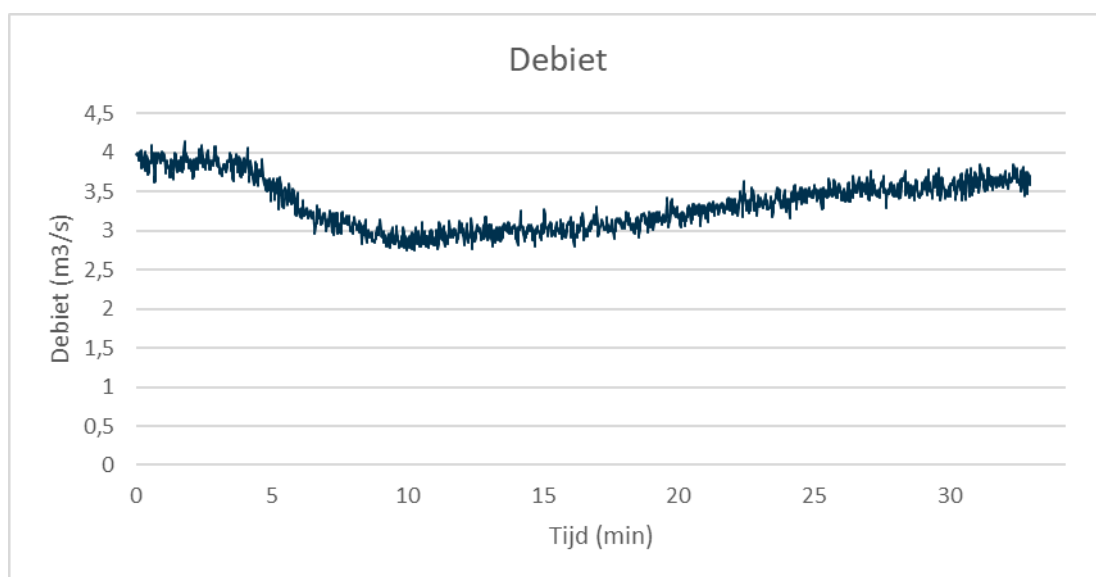
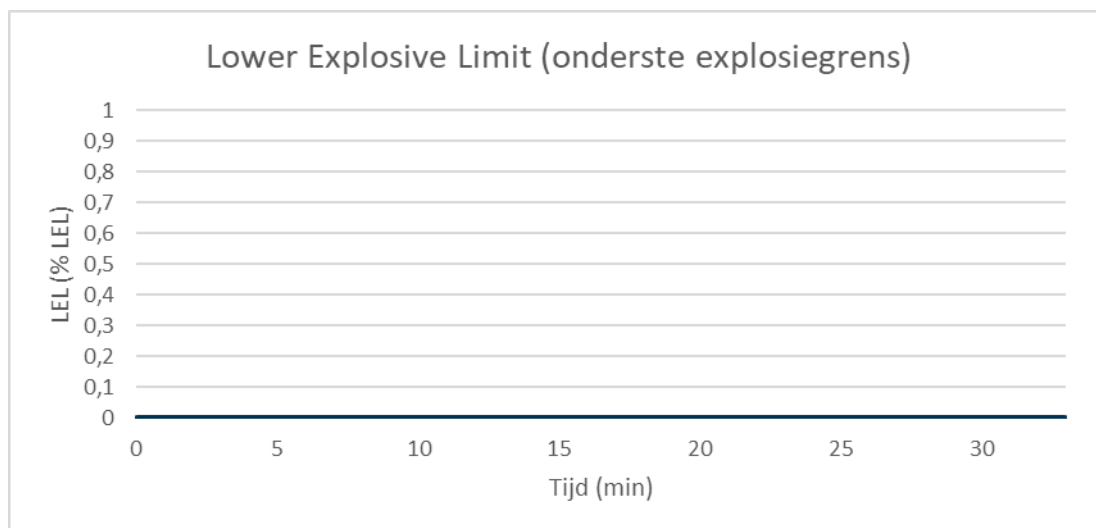




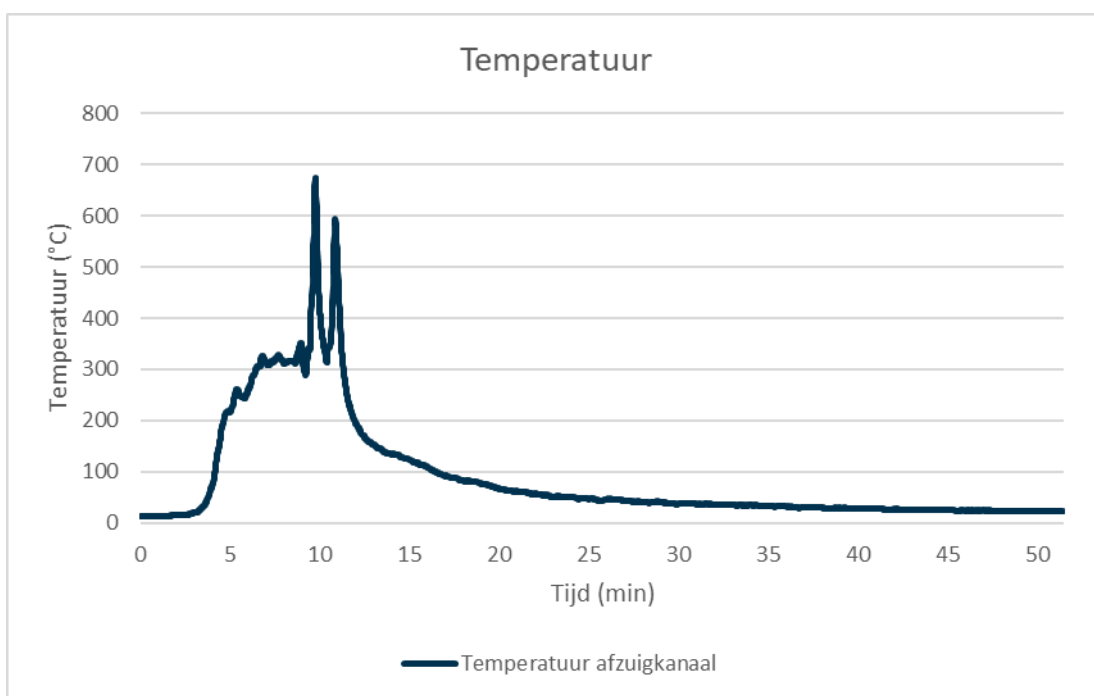
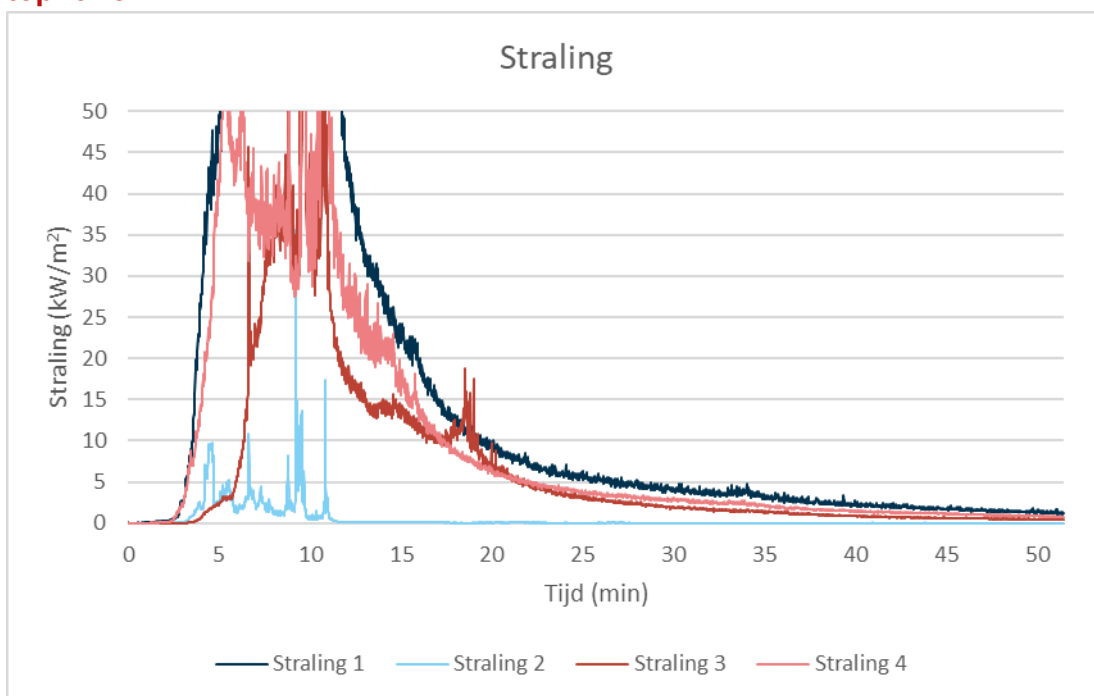
De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.

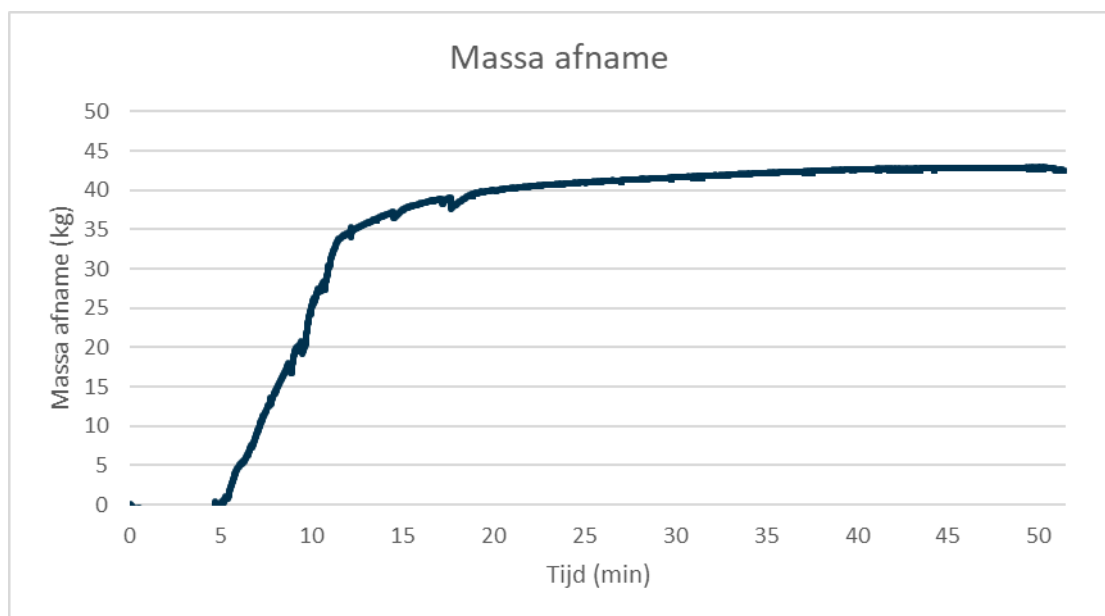
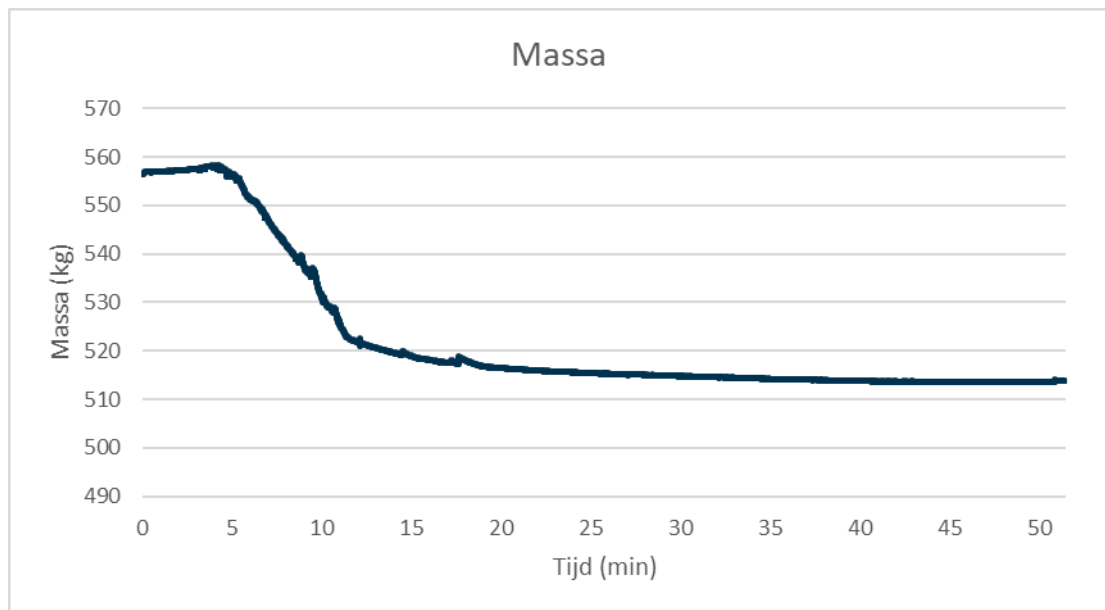


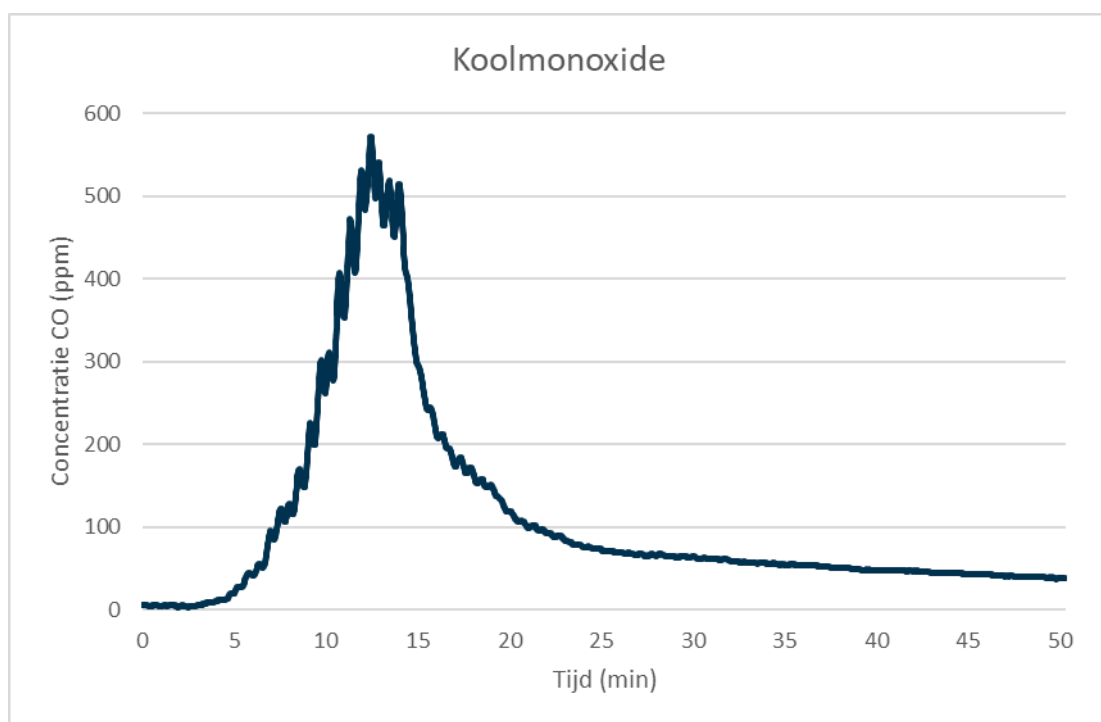
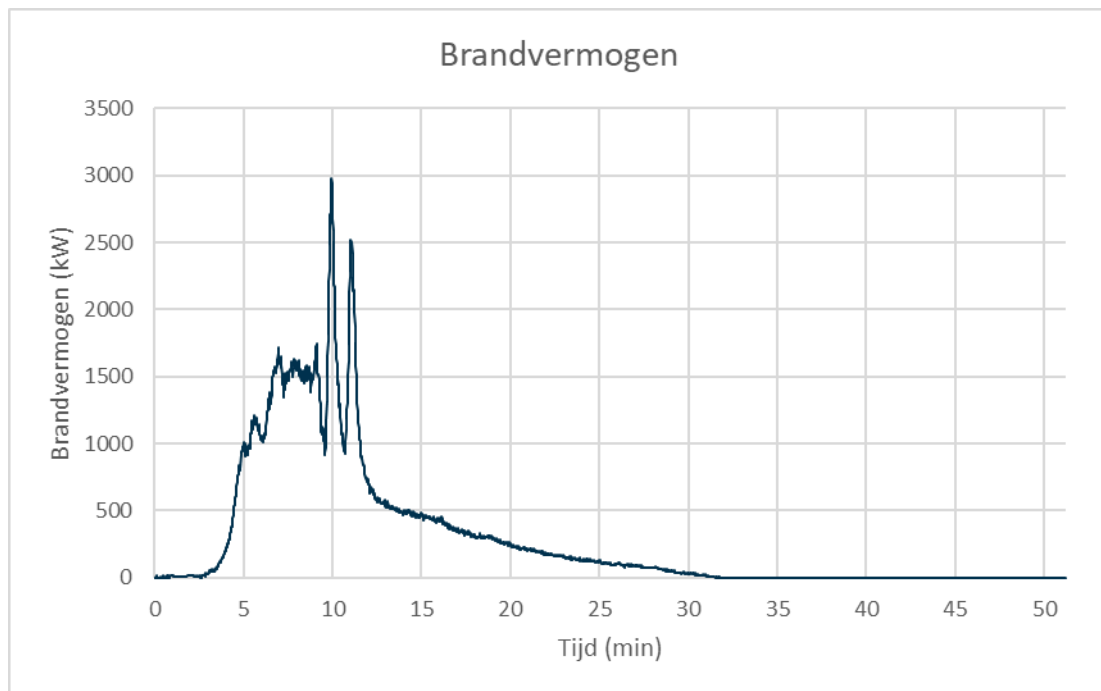




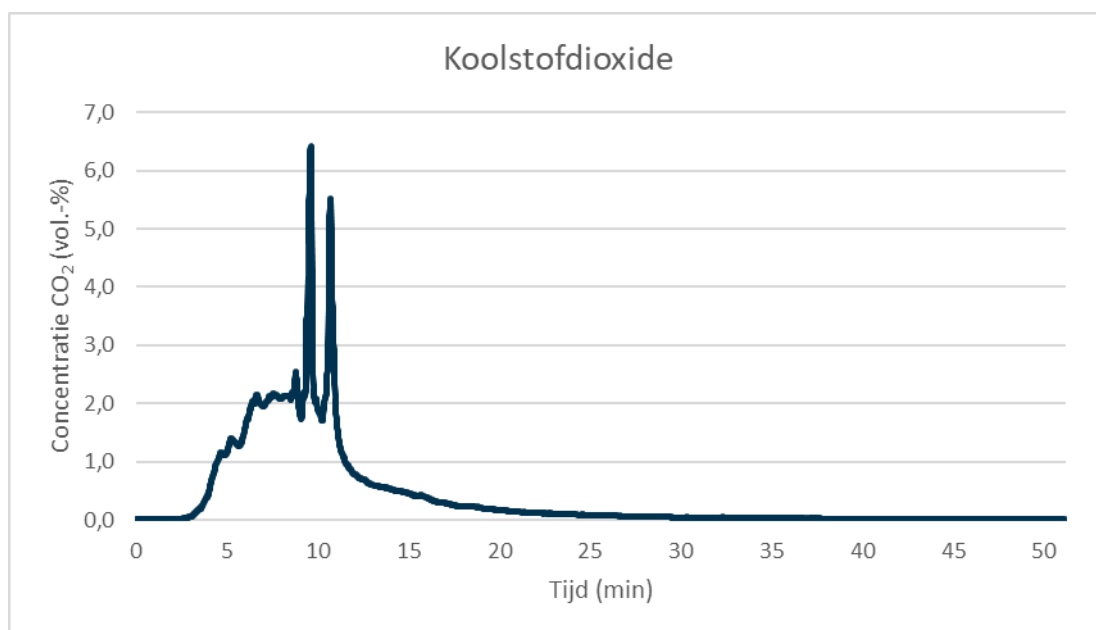
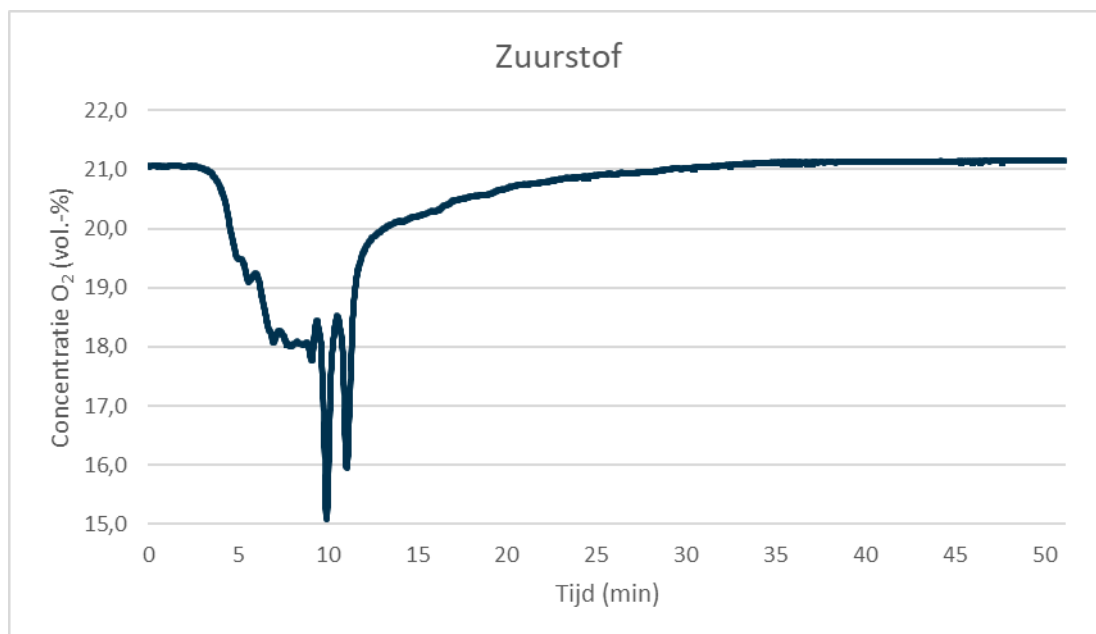
Testobject N: High-end model elektrische scooter met windscherm en topkoffer

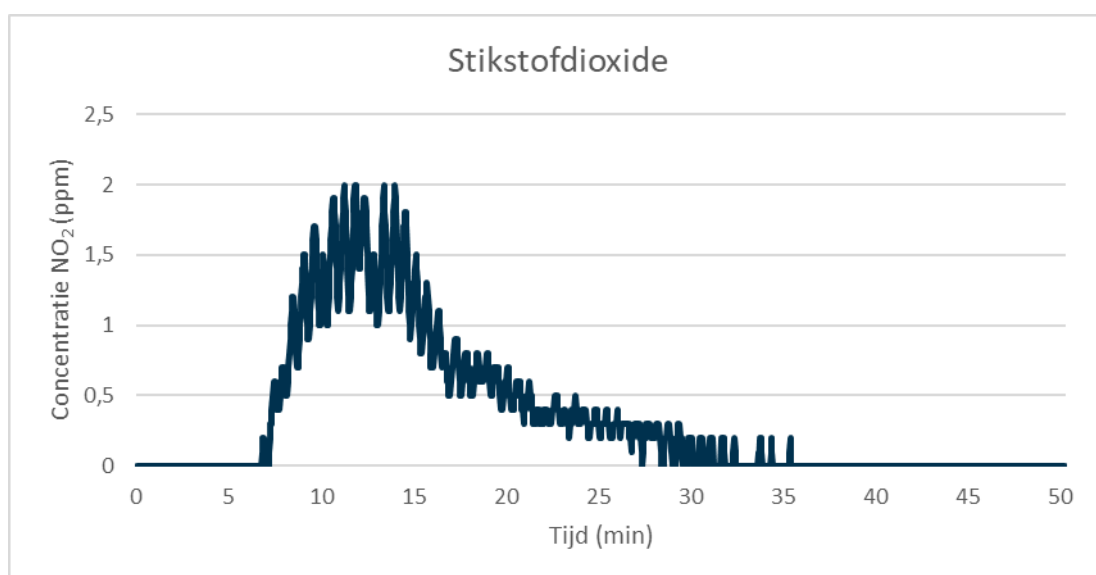
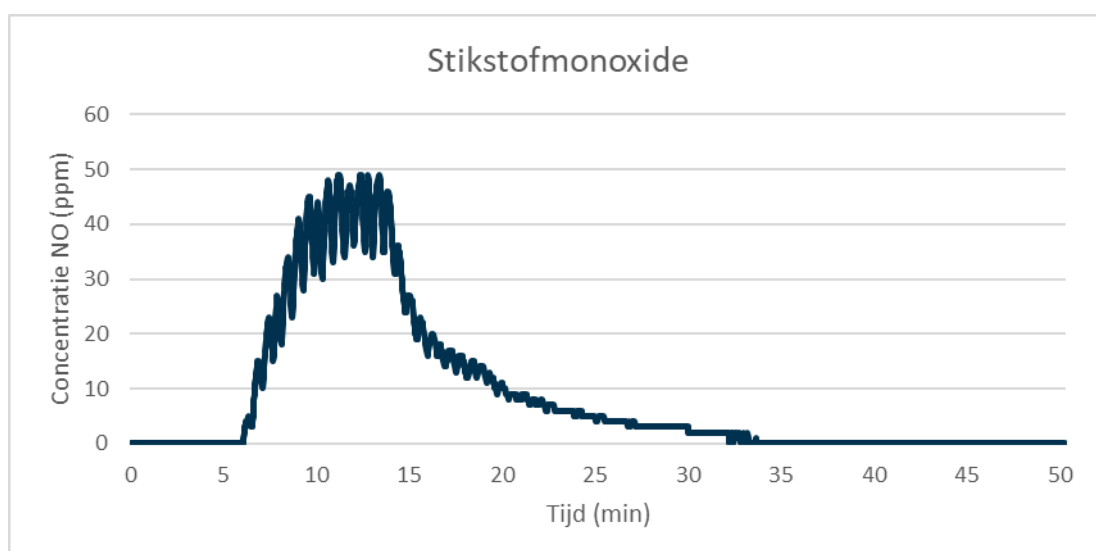
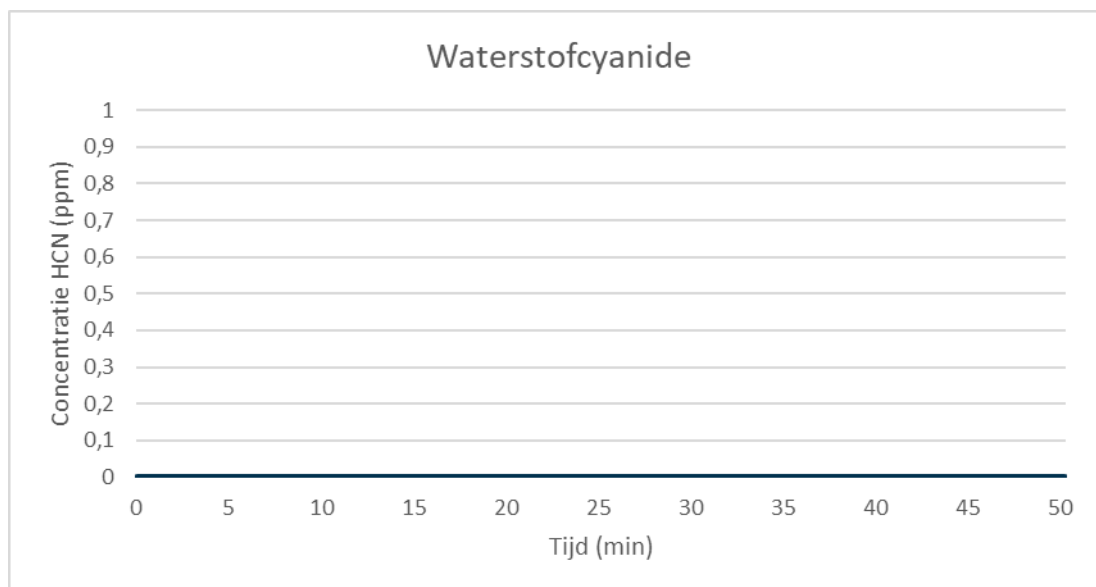


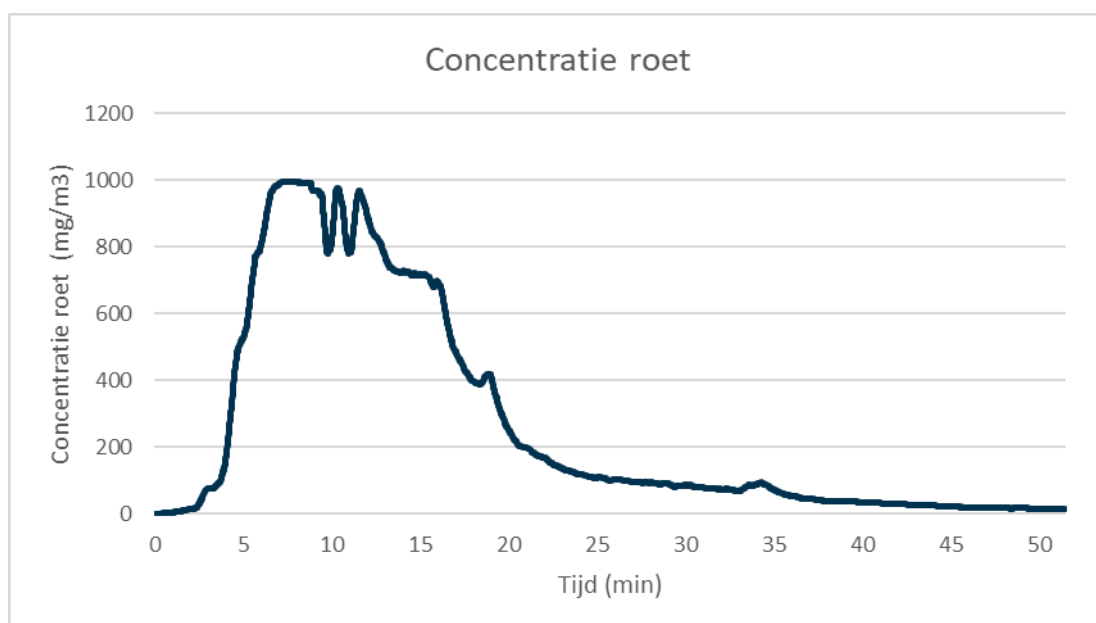
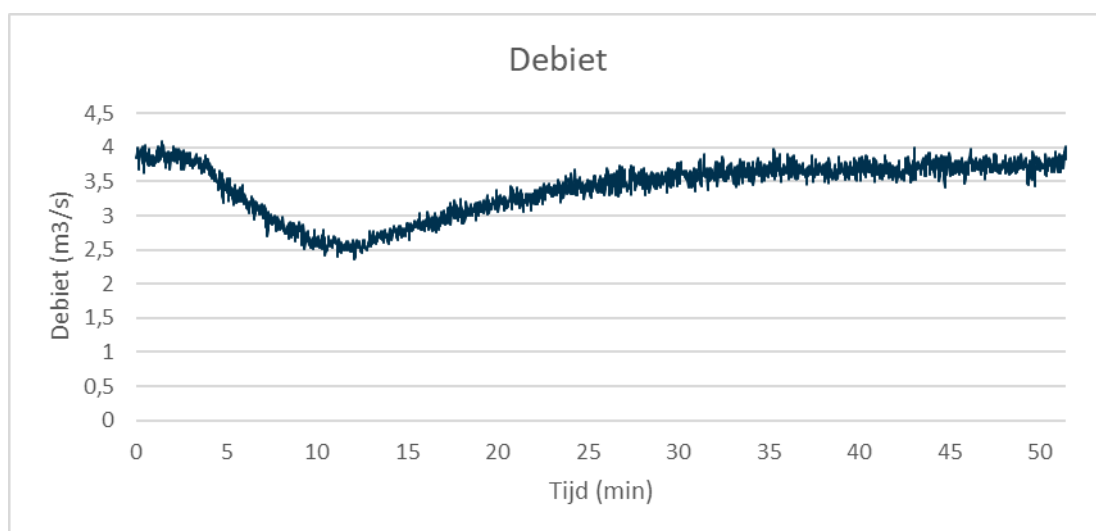
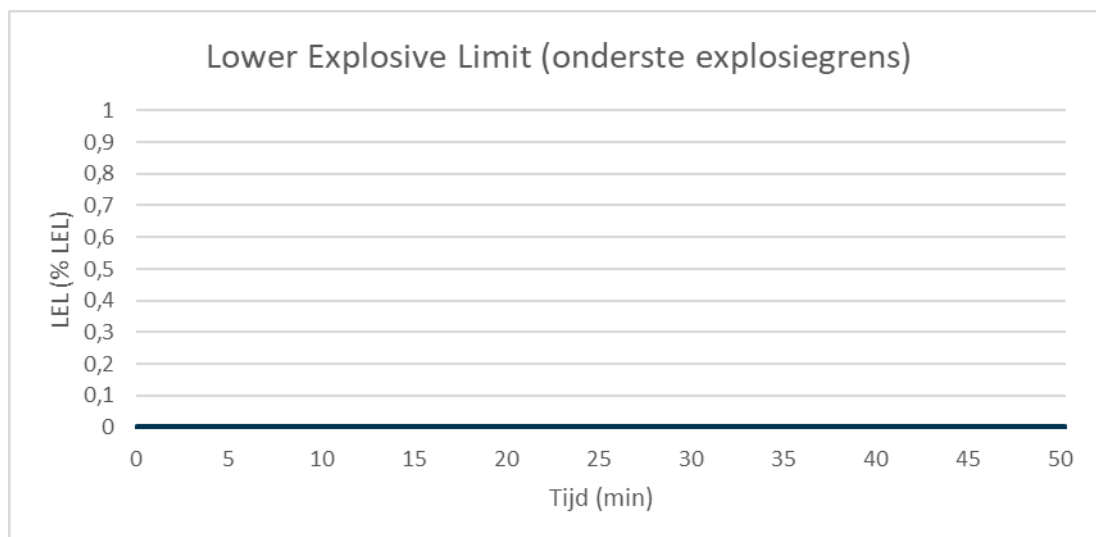




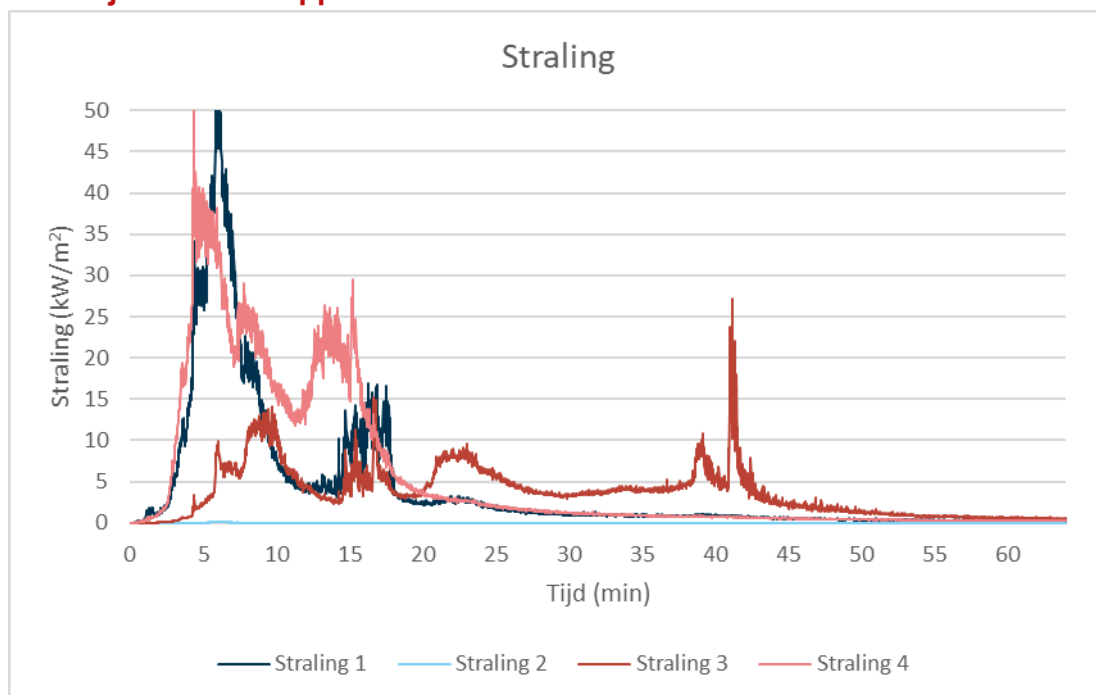
De grafiek van waterstoffluoride is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.



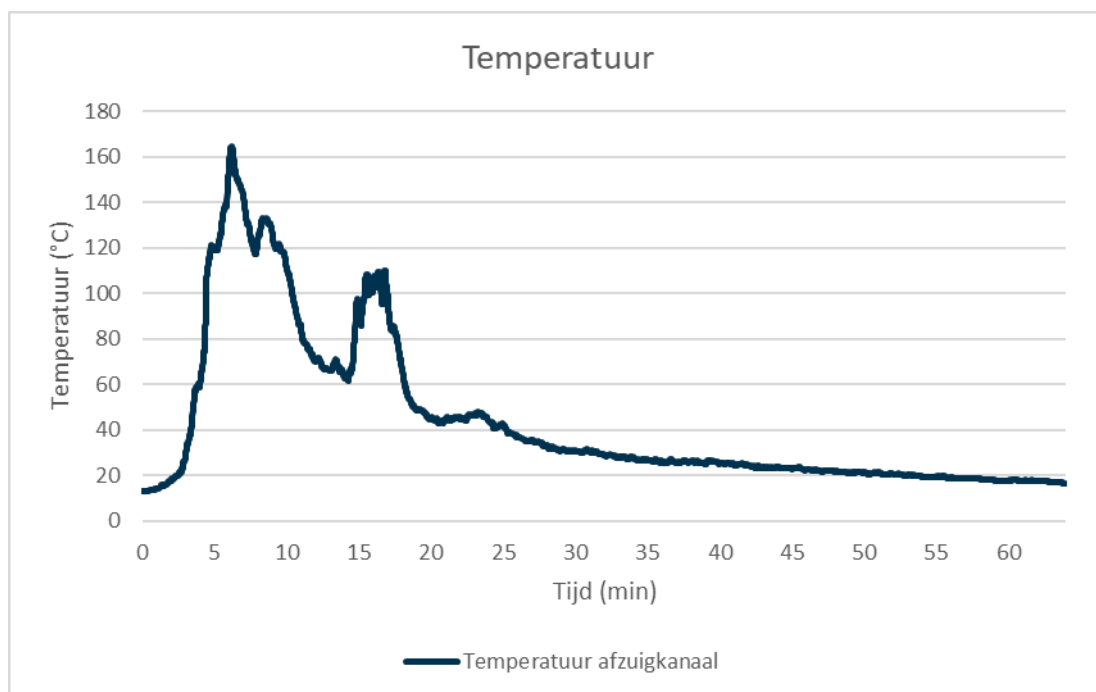


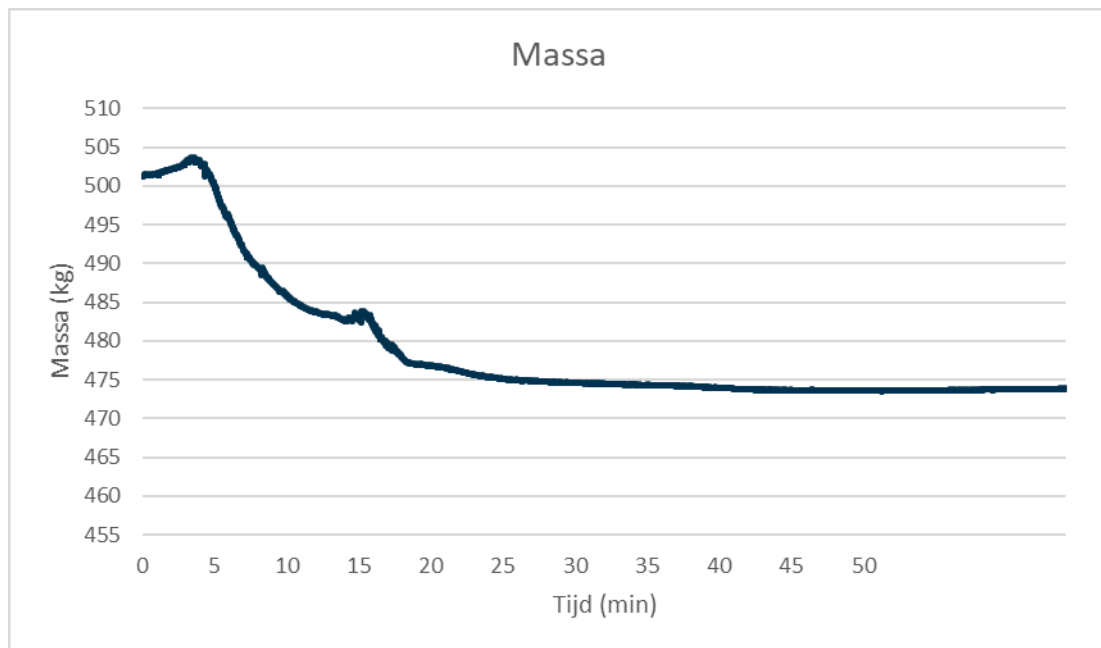


Testobject O: E-chopper elektrische scooter

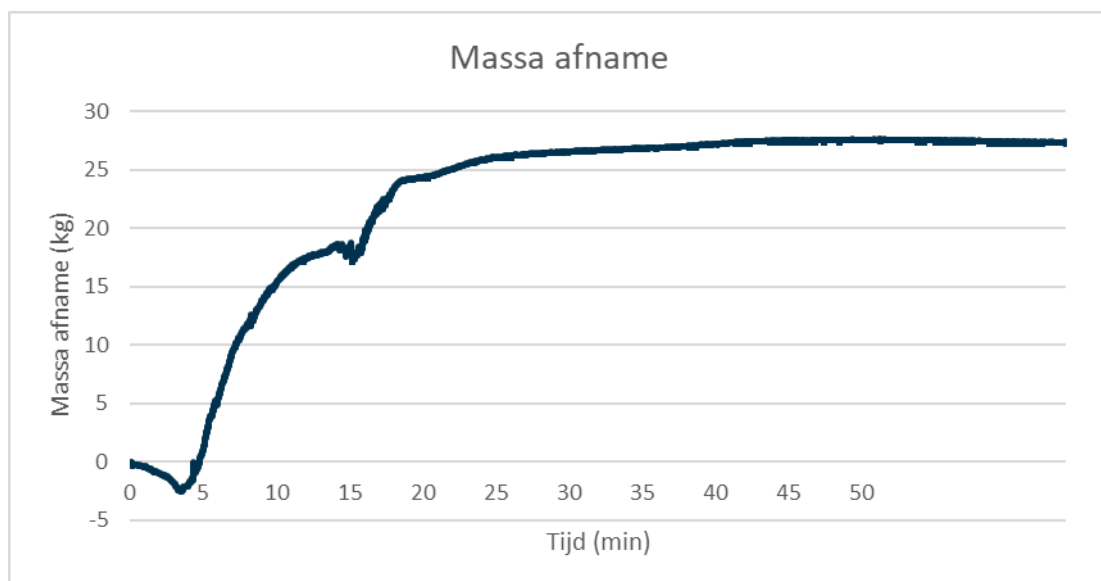


Het brandlab heeft aangegeven dat de data van straling onbruikbaar zijn na 15 minuten en 9 seconden.



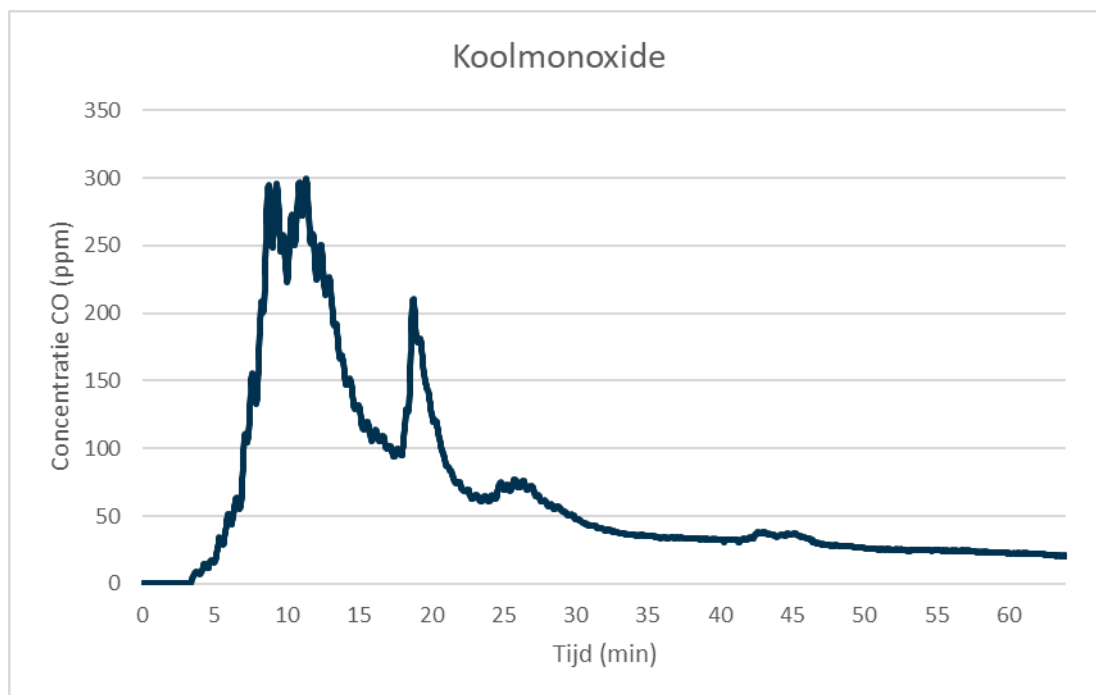


Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 15 minuten en 9 seconden.



Het brandlab heeft aangegeven dat de data van massa onbruikbaar zijn na 15 minuten en 9 seconden.

De grafiek van brandvermogen is niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar zijn.



De grafieken van waterstoffluoride en zuurstof zijn niet weergegeven, omdat het brandlab heeft aangegeven dat deze data onbruikbaar is.

