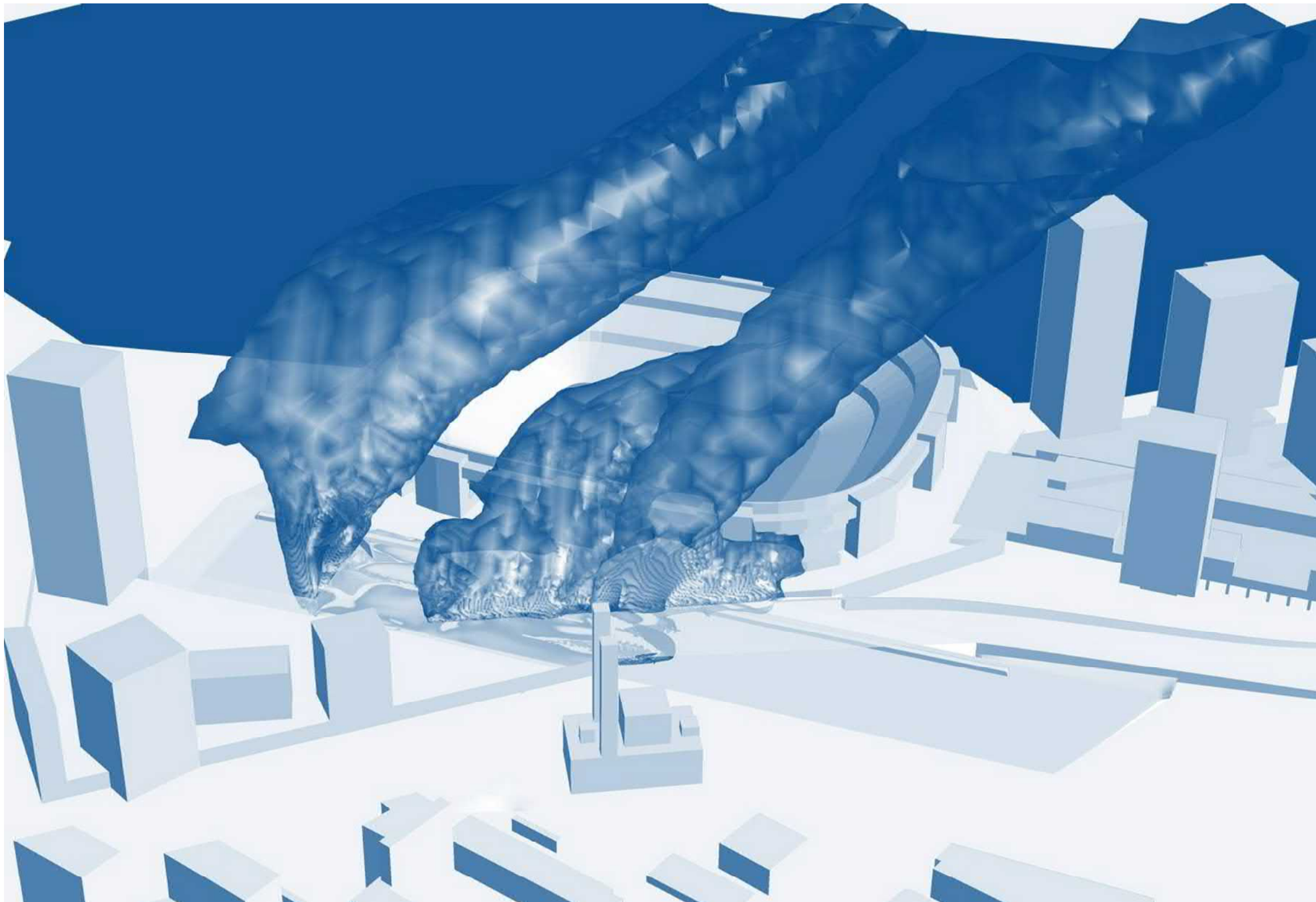


Het nieuwe Feyenoord stadion (vervolg van M20160167)

Veilig vluchten analyse bij treinbrand Feyenoord City



CDAL/EDU
2020/10/06
10:24:54 PM W. Europe Daylight Time

GEMEENTE ROTTERDAM BRANDPREVENTIECOMMISSIE	
CDAL/EDU 2020/10/06 11:27:07 AM W. Europe Daylight Time	CDAL/EDU 2020/10/06 11:27:07 AM W. Europe Daylight Time
vergunningen:	brandweer:
AKKOORD	

Colofon

Opdrachtgever	Nieuw Stadion B.V. Postbus 9649 3007 AP ROTTERDAM
Contactpersoon opdrachtgever	
Project	Het nieuwe Feyenoord stadion (vervolg van M20160167)
Betreft	Treinbrand onder overkluizing treinspoor Feyenoord City
Uw kenmerk	-
Rapport	B.2018.0550.14.R
Datum	2 oktober 2020
Versie	2
Status	definitief
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Contactpersoon	ir. ██████████ ██████████ ██████████
Auteur	ir. ██████████ ██████████ ██████████
Projectadviseur	ing. ██████████ ██████████ ██████████
2e lezer/secr.	MHA SECR

ing. ██████████
DGMR Bouw B.V.

Inhoud

Inleiding/Samenvatting	<u>3</u>
Plan van Aanpak	<u>4</u>
Situatie	<u>5</u>
CFD-model	<u>6</u>
Bepalen windinvloed	<u>7</u>
Brandsimulaties	<u>9</u>
RSET-ASET analyse	<u>13</u>
Gevoeligheidsanalyse	<u>15</u>
Conclusie/aanbevelingen	<u>19</u>
Bijlage 1: Uitgangspuntendocument	
Bijlage 2: Gegevens voor het modelleren van de overkluizing en de trein	
Bijlage 3: Numeriek inlegvel berekeningen bepalen windinvloed	
Bijlage 4: Resultaten windberekeningen	
Bijlage 5: Windstatistiek en terreinruwheid bij Feyenoord City	
Bijlage 6: Numeriek inlegvel berekeningen brandsimulaties	
Bijlage 7: Resultaten brandsimulaties	
Bijlage 8: Gegevens over definiëren vluchtroutes	



Inleiding

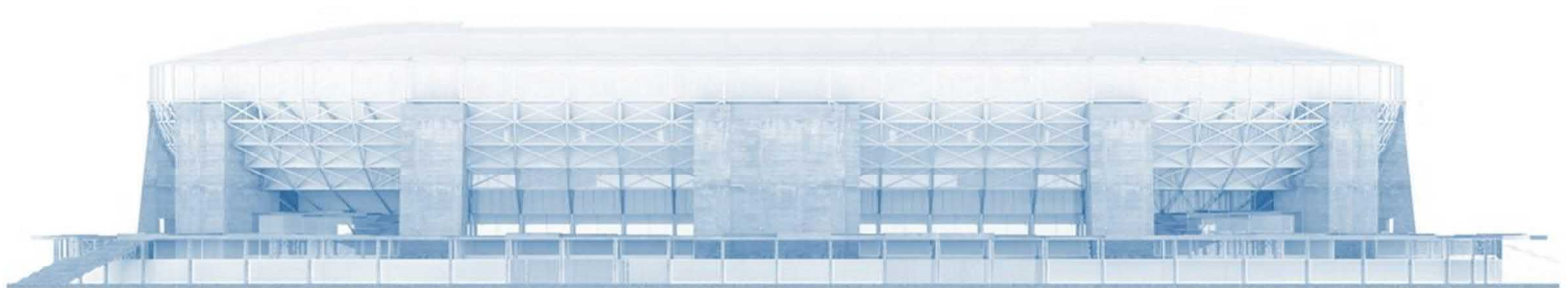
Inleiding

In opdracht van Feyenoord City heeft DGMR Bouw B.V. een RSET-ASET analyse uitgevoerd voor een mogelijke treinbrand onder de te realiseren overkluizing en het naastgelegen viaduct over onder andere het treinspoor naar het nieuwe Feyenoordstadion.

De aanleiding van het onderzoek is het verslag van de scenario-analyse die ProRail samen met DGMR heeft uitgevoerd voor incidenten onder de overkluizing. In het door ProRail opgestelde verslag van 30 maart 2020 staat dat het veilig vluchten bij brand moet worden verantwoord met een ASET-RSET analyse waarbij de ASET moet worden bepaald met een specifieke CFD-simulatie, alles op basis van standaard uitgangspunten van ProRail.

Het doel van het onderzoek is om in te schatten wat de risico's zijn voor het veilig vluchten van passagiers bij een treinbrand onder de overkluizing en het naastgelegen viaduct.

Dit document rapporteert de ASET-RSET analyse die de beoordeling van die risico's mogelijk maakt. Het eerste deel van het rapport beschrijft de uitgangspunten van de analyse, waaronder de details van de door ProRail opgegeven maatgevende situatie. Het CFD-onderzoek van die situatie levert de ASET. Het tweede gedeelte van het rapport beschrijft de bepaling van RSET en combineert de beide factoren in de feitelijke RSET-ASET analyse.



Plan van Aanpak

Uitgangspunten

Voor de uitgangspunten verwijzen wij naar het document met kenmerk B.2018.0550.14.N001 “Uitgangspuntendocument RSET-ASET-analyse treinbrand onder spooroverkluizing-V2”, deze is bijgevoegd in Bijlage 1.

Plan van Aanpak

In dit hoofdstuk gaan in op hoe het onderzoek en dit document is opgebouwd. Er zit een logische aanpak in het onderzoek en deze chronologische volgorde hanteren wij ook in het rapport. De aanpak is als volgt:

Stap 1a: Bepalen van de windinvloed;
Stap 1b: Worst-case situatie bepalen wind in combinatie met brandlocatie;
Stap 2: Brandsimulatie: bepaling ASET;
Stap 3: RSET-ASET analyse: bepaling RSET;
Stap 4: Gevoeligheidsanalyse.

Stap 1a: Bepalen windinvloed

Voor het bepalen van de windinvloed op een mogelijke treinbrand onder de overkluizing doen wij eerst een inschatting van de wind en turbulentievariabelen onder de overkluizing. Deze berekeningen geven inzicht in de windcondities bij verschillende windrichtingen

Stap 1b: Worst-case situatie bepalen wind in combinatie met brandlocatie

Het vaststellen van de windrichting en de brandlocatie die maatgevend kan zijn om de ASET te bepalen bij een bepaalde RSET.

Stap 2: Brandsimulaties: bepaling ASET

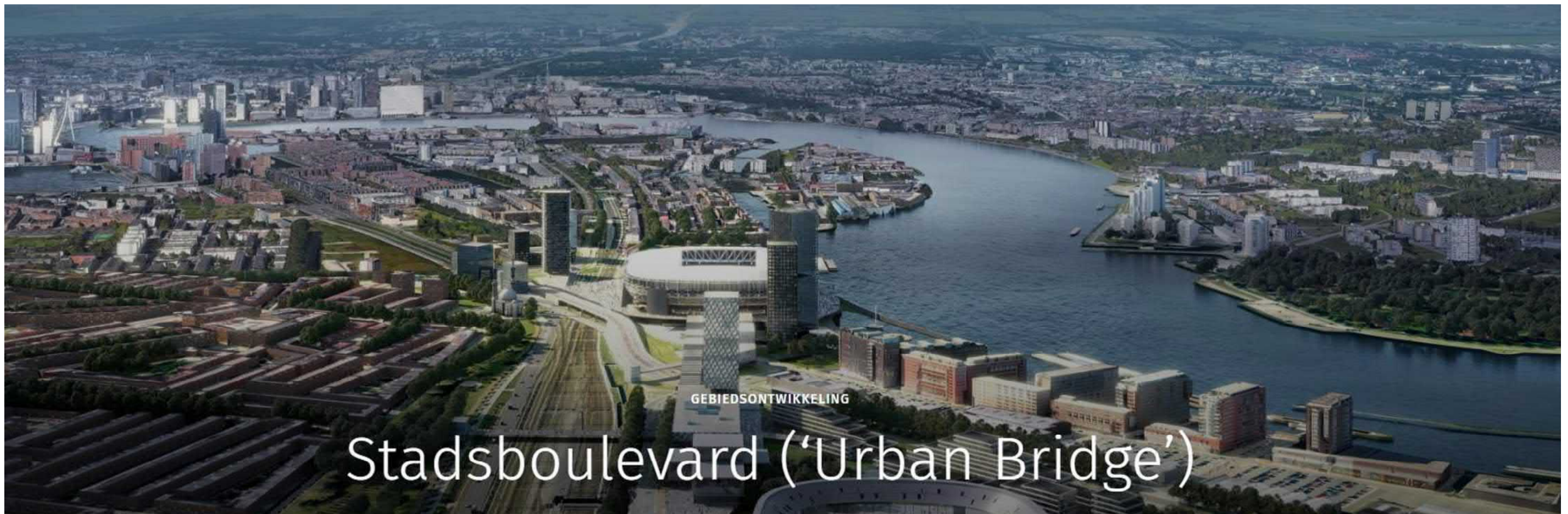
De in de vorige stap bepaalde brandlocatie en bijbehorende windcondities worden doorgerekend met twee brandcurves volgens het document “Beoordeling veilig vluchten bij brand in een spoortunnel-Uitgangspunten voor CFD- en ontruimingsberekeningen versie 3” van ProRail van 23 oktober 2018. Hierin worden twee brandcurves gevraagd door te rekenen voor een treinbrand, te weten een gemiddelde en een snelle brandcurve. De twee vermogenscurven betreffen volgens ProRail ‘paraplucurves’ en omvatten meerdere brandscenario’s (brand in rijtuig, brand in motorwag, enzovoorts). ProRail hanteert twee curves: gemiddeld en snel, waarvan de eerste wordt gezien als maatgevend en moet worden gebruikt voor de beoordeling van veilig vluchten en de laatste als worst case.

Stap 3: RSET-ASET analyse, bepaling RSET

Op basis van de uitgangspunten die zijn geformuleerd in het Uitgangspuntendocument RSET-ASET berekenen we de benodigde ontruimingstijd (RSET). De ASET is bepaald op basis de brandsimulaties. Doordat de brandlocatie in combinatie met de windinvloed bekend is, kan de RSET berekend worden.

Stap 4: Gevoeligheidsanalyse

In deze stap bekijken we de invloed van een aantal aannames voor de ASET



Bron: www.feyenoord-city.nl

Situatie

Situatie

Bij de ontwikkeling van Feyenoord City wordt een overkluizing van het treinspoor gerealiseerd.

Het gesloten dek van de nieuwe spooroverkluizing sluit in horizontale zin aan op het bestaande wegviaduct waardoor in de nieuwe situatie (nieuwe spooroverkluizing en bestaande Valkenordseviaduct) het spoor overdekt is over een lengte tussen:

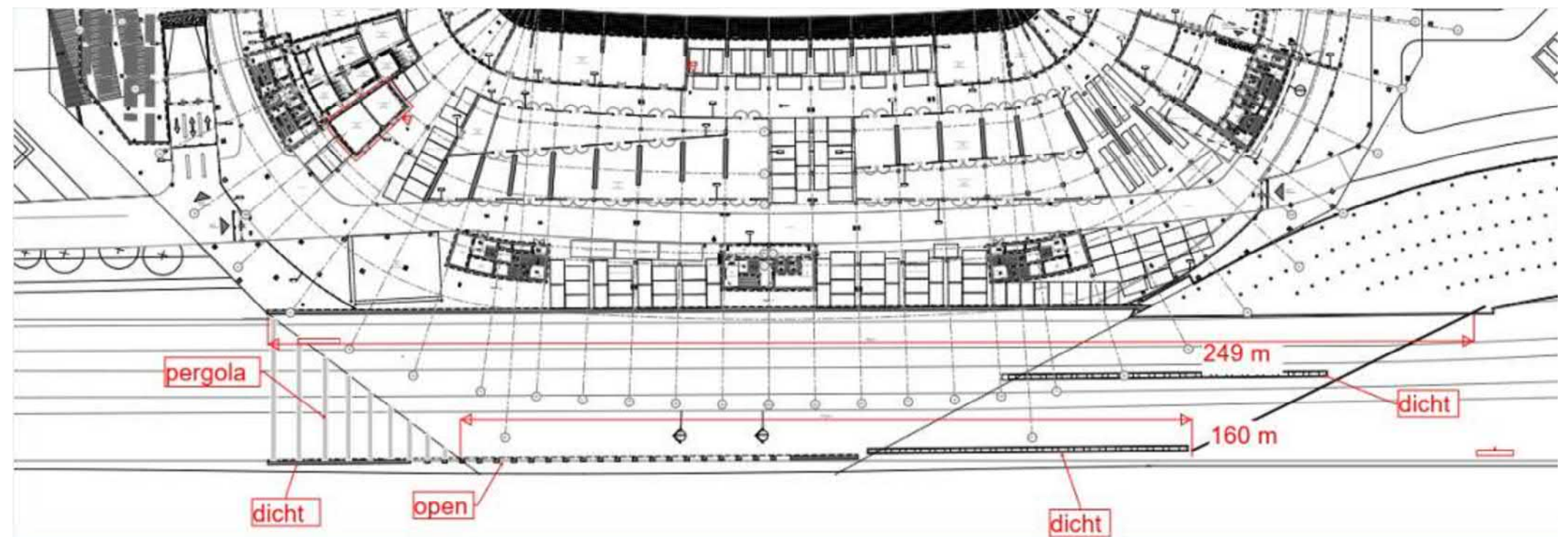
- 249 meter aan de zijde van het voetbalstadion
- 160 meter aan de zijde van de Colosseumweg

In onderstaande figuur zijn de afmetingen van de overkluizing in een plattegrond weergegeven.

Bij de aansluiting verschillen het bestaande Valkenordseviaduct en de overkluizing in hoogte en is er een spleet aanwezig tussen het viaduct en de overkluizing.



Figuur 1: Met rood is de locatie weergegeven van de overkluizing naast het bestaande wegviaduct



Figuur 2: Maatvoering van de overkluizing en het viaduct

CFD-model

Er zijn verschillende modellen met elkaar geïntegreerd om tot één CFD-model te komen.

Omgeving

Voor de invloed van de wind is het van belang dat we de omgeving van de overkluizing meenemen die overeenkomt met de stedenbouwkundige plannen en het project Feyenoord City, met minimaal een straal van 300 meter in het midden van de overkluizing. Aangezien de stedenbouwkundige plannen nog niet vastliggen en wellicht nog meerdere keren wijzigen in de toekomst hebben wij de volgende aanpak gehanteerd. Om de impact van een treinbrand te kunnen simuleren gaan wij voor de nabije omgeving uit van het model dat door RHDHV is gebruikt voor de beschouwing van een toxische wolk in Feyenoord City (referentie BE3499-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001) en het windonderzoek voor Feyenoord City.

Overkluizing en viaduct

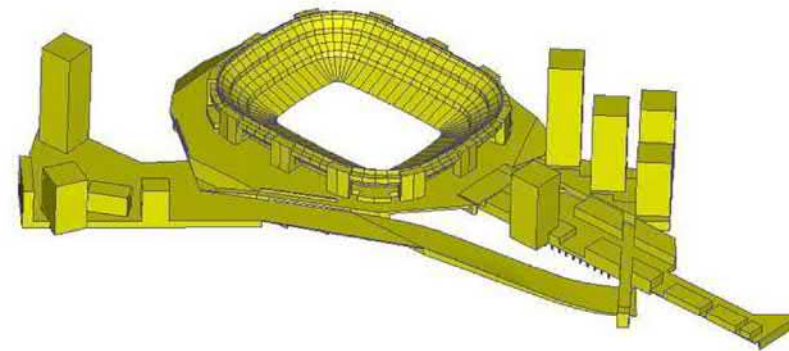
Voor de overkluizing is gebruik gemaakt het constructiemodel van RHDV (met kenmerk FEY_RHD_S-STR_CON_M3) en het Varkenoordse viaduct model van Feyenoord City (met kenmerk FEY_FCI_I-STR_EXI_M3). Voor de treinsporen en doorsnedes wordt verwezen naar de constructietekening in bijlage 2 van RHDHV van 6 mei 2020.

Situatie rond stadion en overkluizing

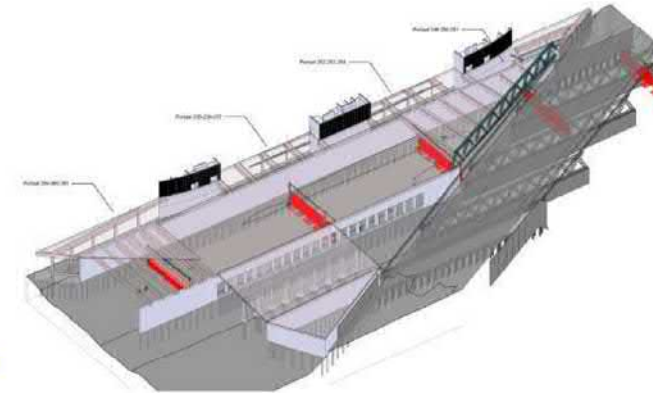
Voor de aansluiting van de overkluizing en de omgeving zijn de overzichtsplattegronden en situatietekeningen van OMA gebruikt van 6 mei 2020.

Treinmodel

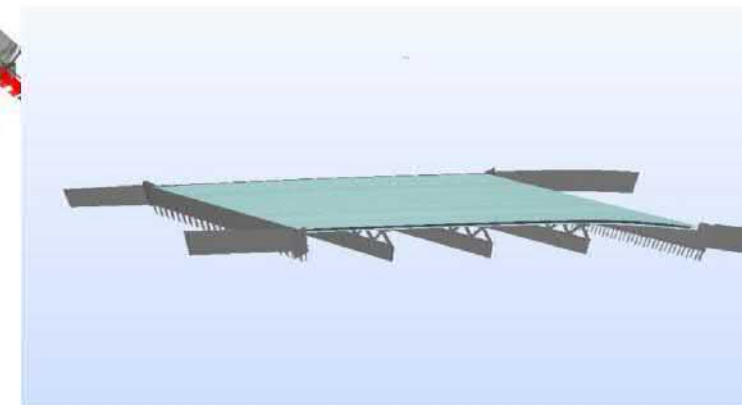
Voor het modelleren van de trein is in overeenstemming met ProRail een intercitytrein gemodelleerd met 12 treinstellen van 27 meter met een totale lengte van ca. 325 meter. De afmetingen en locaties van de ramen en deuren zijn overeenkomstig met de opgegeven maatvoeringen zoals opgenomen in bijlage 8.



Figuur 1: Model RHDHV van 6 juni 2019 voor model Feyenoord City



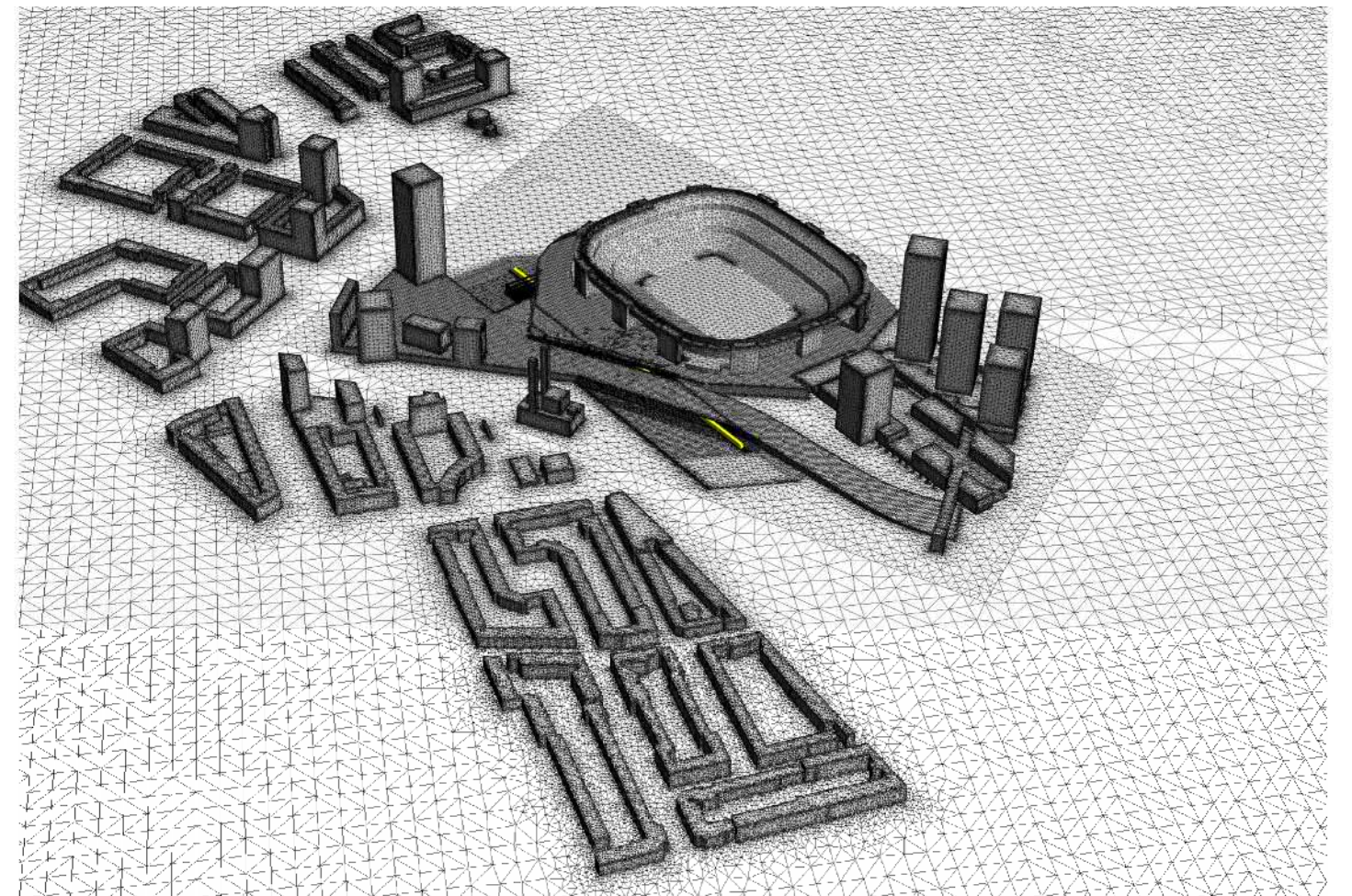
Figuur 2: Constructiemodel van RHDHV van gebied onder de overkluizing



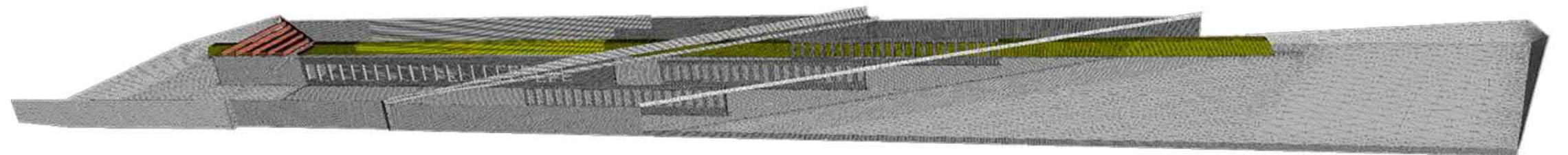
Figuur 3: Constructiemodel van Feyenoord City van het Varkenoordseviaduct

CFD-model

Al deze modellen zijn met elkaar geïntegreerd en hebben geleid tot een CFD-model waarmee een antwoord kan worden gekregen op de fysische vraagstelling van het onderzoek. Hier en daar zijn geometrische aanpassingen gemaakt die geen invloed hebben op de resultaten maar wel wenselijk waren vanuit de complexiteit van de geometrie en het maken van een rekengrid. Het resultaat van het model is inzichtelijk gemaakt met een overzichtsfiguur 4 en figuur 5 waarbij meer is ingezoomd op de modellering van de tunnel.



Figuur 4: Het CFD-model met de omgeving



Figuur 5: Het CFD-model van het gebied onder de overkluizing meer in detail met de trein

Bepalen windinvloed- *uitgangspunten*

Voor het bepalen van de windinvloed speelt een aantal uitgangspunten een rol, dit wordt hieronder belicht.

Windstatistiek

Voor het bepalen van de windinvloed is de windstatistiek op de locatie van belang. De opgelegde randvoorwaarden waarnaar verwezen wordt in Bijlage 1 geven aan dat rekening moet worden gehouden met de meerjarig gemeten windsnelheid van het meest nabije KNMI weerstation met een overschrijdingskans van 20% (behorend bij bovengenoemde windrichting).

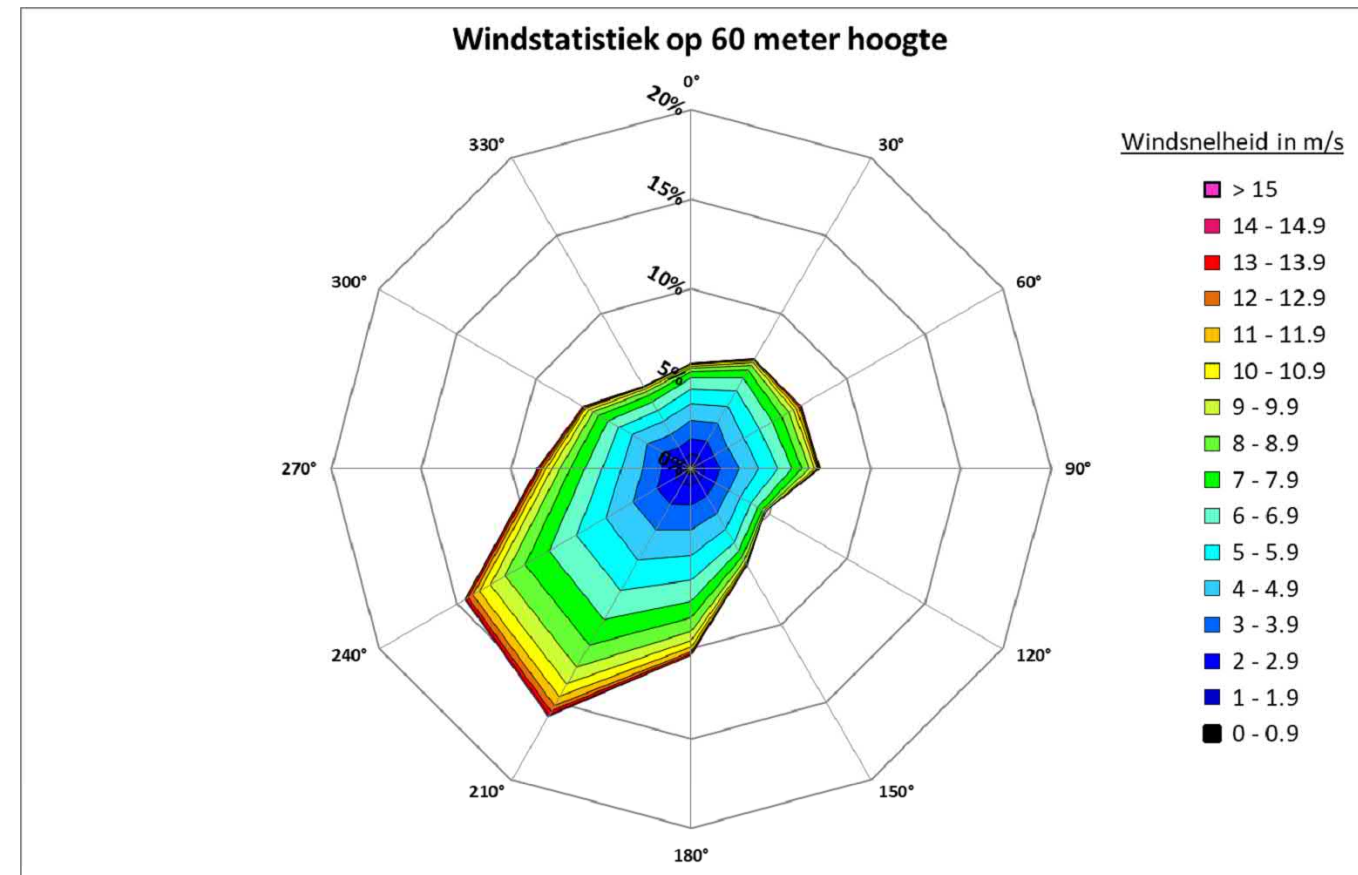
Met behulp van NPR 6097 is de windstatistiek voor de locatie bepaald. NPR 6097 maakt gebruik van 40 jaar KNMI-meetgegevens van 51 KNMI-meetstations. Met behulp van deze meetgegevens is een dataset gemaakt waarmee voor iedere locatie in Nederland de windstatistiek op 60 m hoogte bepaald kan worden. De statistiek wordt daarbij gecorrigeerd voor ruwheden in het landschap. Bij de randvoorwaarden in de CFD-berekening is een ruwheidslengte aangehouden van $z_0 = 1$ m (stedelijk gebied) voor het bebouwde gebied in dit geval de stad Rotterdam.

In bijlage 5 zijn de windstatistiek en de ruwheid van de omgeving te vinden. Daar wordt onderscheid gemaakt welke windsnelheid geldt voor welke windrichting op basis van de overschrijdingskans van 20%. Het windprofiel is hierop aangepast per windrichting. Hiernaast wordt in een windroos de windstatistiek ter plaatse van de overkluizing gegeven. In de windroos is verder rekening gehouden met de hoogte van de windsnelheid per windrichting.

CFD

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de methode Computational Fluid Dynamics, kortweg CFD genaamd. CFD maakt gebruik van numerieke rekenmodellen en algoritmes voor het oplossen en analyseren van problemen waarin stromingen van vloeistoffen en gassen een rol spelen. In dit geval wordt met deze methode inzicht verkregen in de luchtstromingen rond gebouwen.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het softwarepakket CFX versie 19.2.

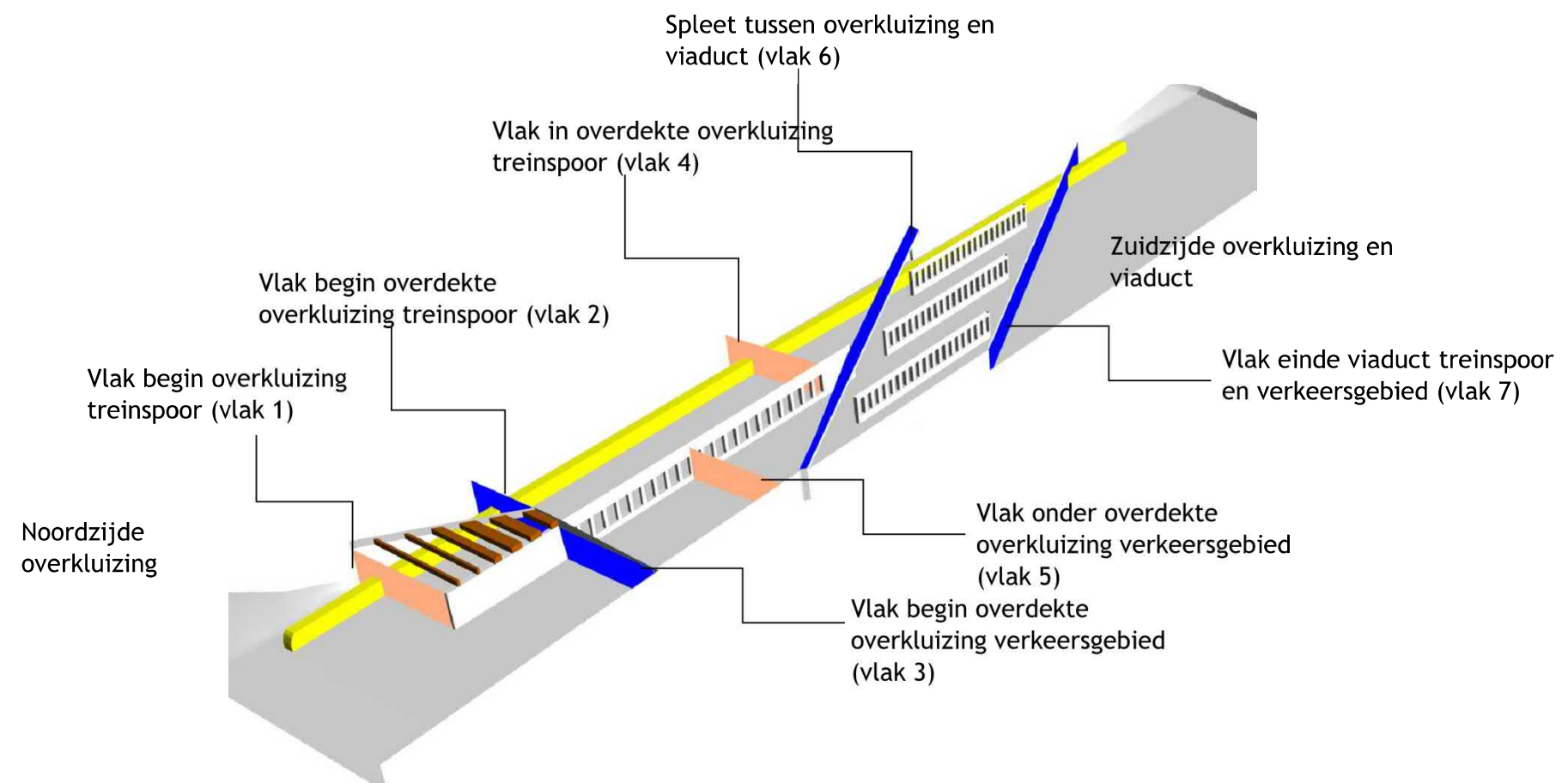


Turbulentiemodel

Om de turbulenties te beschrijven is in de CFD-berekeningen gebruik gemaakt van het SST-omega turbulentiemodel. Er wordt verder net als voor de snelheidsvariabelen gebruik gemaakt van High Resolution, dat wil zeggen 2^{de} orde nauwkeurigheid in het numerieke model.

CFD-model

Hieronder is het gebied onder de overkluizing en het viaduct weergegeven. De blauwe vlakken zijn de openingen met buiten en de zalmkleurige vlakken zijn de doorsneden waarop verticaal de resultaten zijn gepresenteerd. Daarnaast wordt op horizontale vlakken de windsnelheid beoordeeld. De openingen zijn verder gebruikt om de debieten per windrichting vast te stellen.



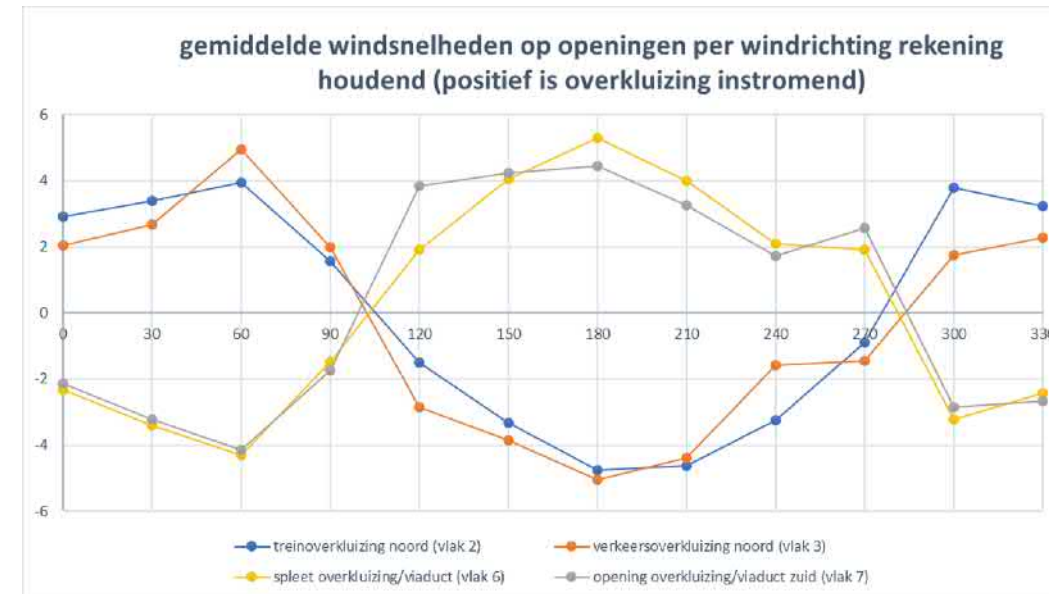
Bepalen windinvloed- Resultaten

Resultaten

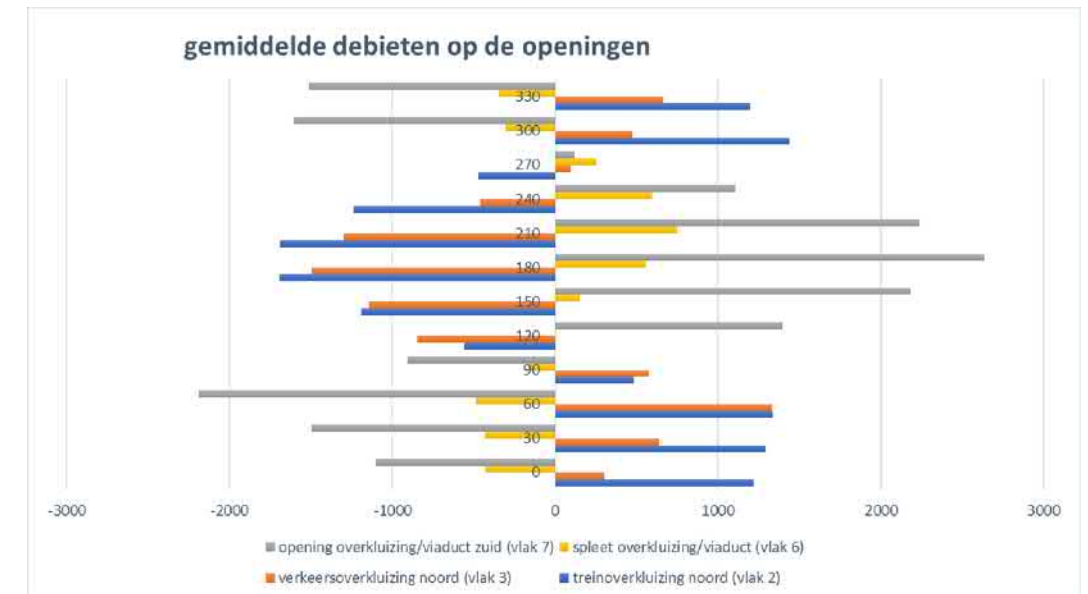
Uit het onderzoek van 12 windrichtingen (zie Bijlage 4) zien we twee interessante windrichtingen. De ONO-wind zien wij als maatgevend, aangezien de hoogste windsnelheid via de opening aan de noordzijde het gebied onder de overkluizing binnenstroomt. Deze windrichting, bij een treinbrand redelijk vooraan onder de overkluizing vanuit het noorden bezien, zal de rook dan in theorie door het gebied onder de overkluizing doen verspreiden. Interessant is of de spleet tussen de overkluizing en het viaduct de rook kan afvoeren of dat de rook verder wordt geleid onder het viaduct door naar buiten wat de vluchtroute erg kan hinderen qua zicht.

In de westenwindberekening waarbij is gerekend met een windsnelheid van 9 m/s op 60 meter hoogte zien wij nagenoeg een windstille situatie onder de overkluizing. We hebben deze windrichting ook verder geanalyseerd omdat wij de luchtstromen onder overkapping moeilijk kunnen voorspellen ten tijde van een treinbrand. Het kan namelijk zo zijn dat de aanwezigheid van de treinbrand tot een verandering van de luchtdruk leidt onder de overkluizing. Hierdoor kunnen er op voorhand moeilijk te voorspellen luchtstromingen optreden die invloed kunnen hebben op het veilig vluchten.

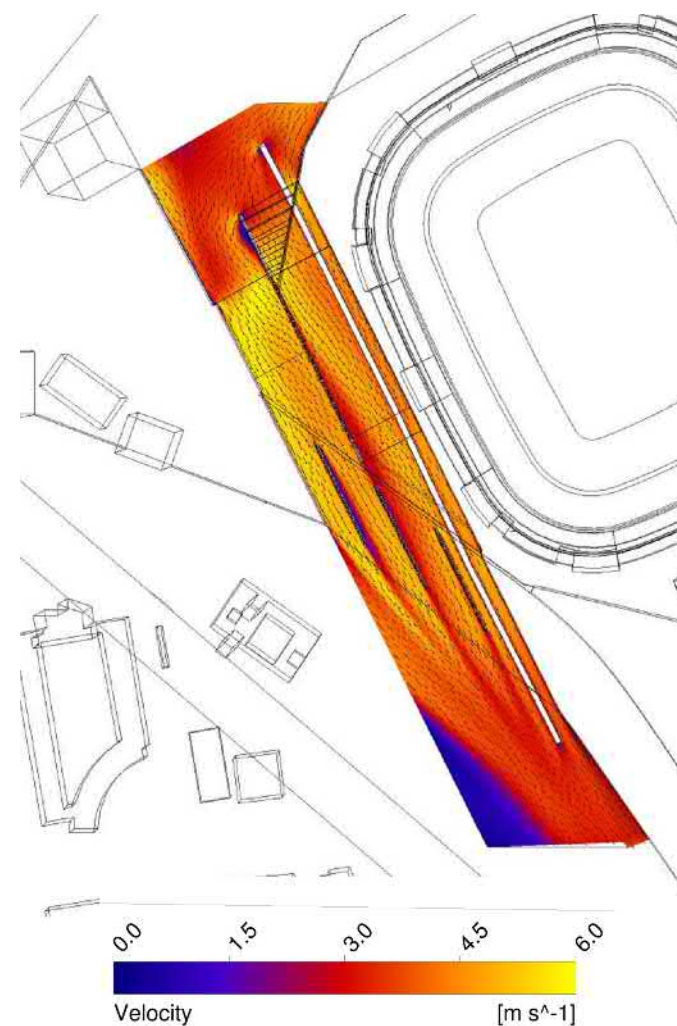
Wij hebben dan ook gekozen deze twee situaties eerst nader te toetsten middels stationaire berekeningen met een brand bij laag en hoog vermogen om enigszins in te schatten welke situatie in de praktijk worst-case zal zijn.



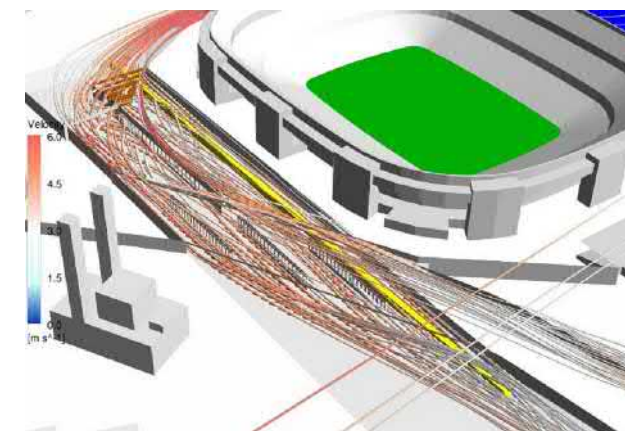
Figuur 1: Gemiddelde windsnelheden door openingen (positief is wind het gebied onder de overkluizing in)



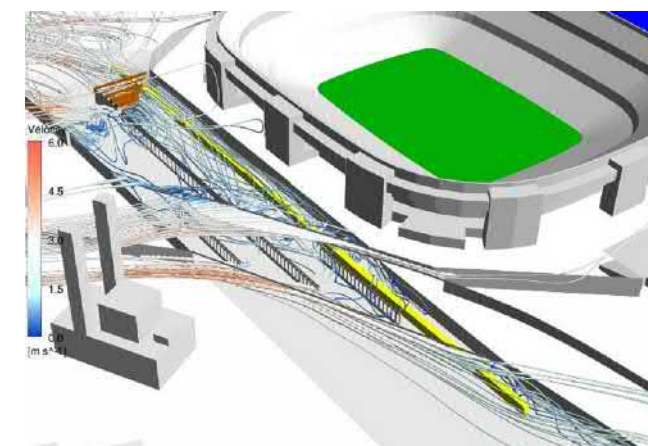
Figuur 2: Debieten (kg/s) door openingen (positief is wind het gebied onder de overkluizing in)



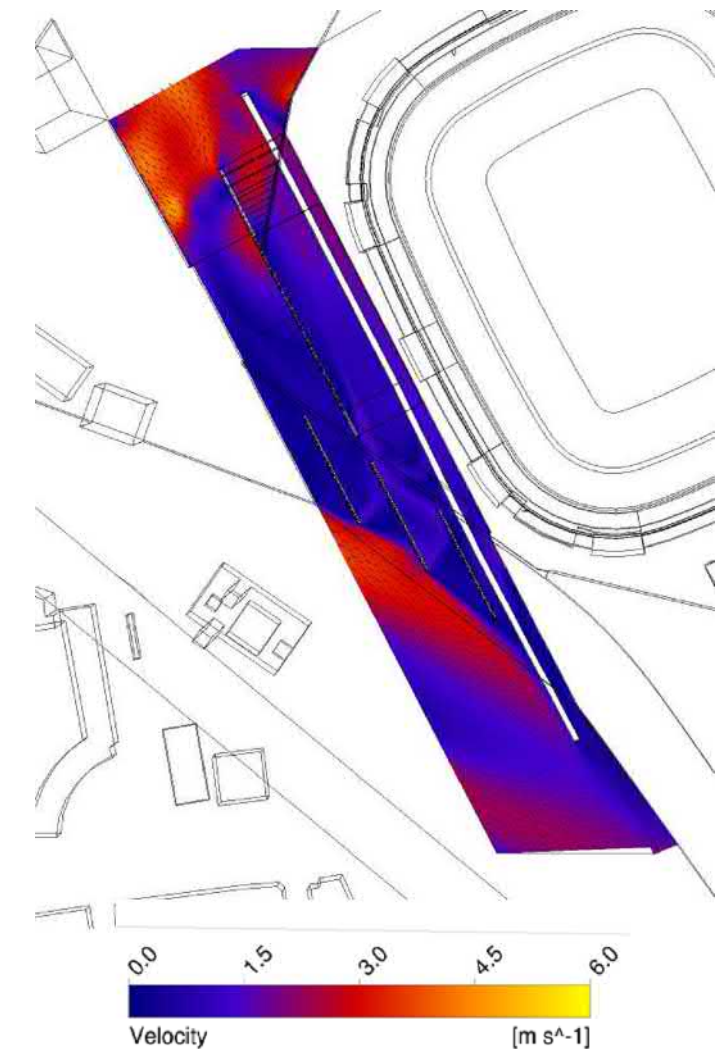
Figuur 3: Snelheidsbeeld op 1.75 m onder de overkluizing bij een ONO-wind



Figuur 4: Stroomlijnen en bijbehorende snelheid onder de overkluizing bij een ONO-wind



Figuur 5: Stroomlijnen en bijbehorende snelheid onder de overkluizing bij een W-wind



Figuur 6: Snelheidsbeeld op 1.75 m onder de overkluizing bij een W-wind

Brandsimulaties- uitgangspunten

Windinvloed

Voor de windinvloed zijn twee situaties naar voren gekomen die interessant zijn, zoals gesteld op de vorige pagina. De ONO-wind en de W-wind. Om hier een goede keus te maken voor welke windrichting maatgevend is, is besloten een gevoeligheidsanalyse te verrichten voor deze twee windrichtingen.

Treinlocatie

De treinlocatie is zodanig gekozen dat de doorsnede tussen de trein en de wand aan de oostzijde zo klein mogelijk is. De aanwezigheid van de trein zal hier een soort kleine “corridor” maken die tezamen met de aanwezigheid van de trein en de aanwezige turbulente stroming kan leiden dat de rook daar meer opgemengd wordt. De treinlocatie zal na de gevoeligheidsanalyse voor de twee windrichtingen opnieuw beoordeeld worden.

Brandlocatie

Voor de brandlocatie bij ONO-wind wordt gekozen voor het eerste volledige treinstel vanaf het begin van de noordzijde van de overkluizing. Voor de westenwindsituatie hebben wij besloten één treinstel verder onder de overkluizing te nemen aangezien de rook dan meer kan blijven hangen onder de overkluizing. Idee hierbij is redelijk in het midden tussen de openingen aan de noordzijde en de spleet tussen de overkluizing en het viaduct de locatie te plaatsen.

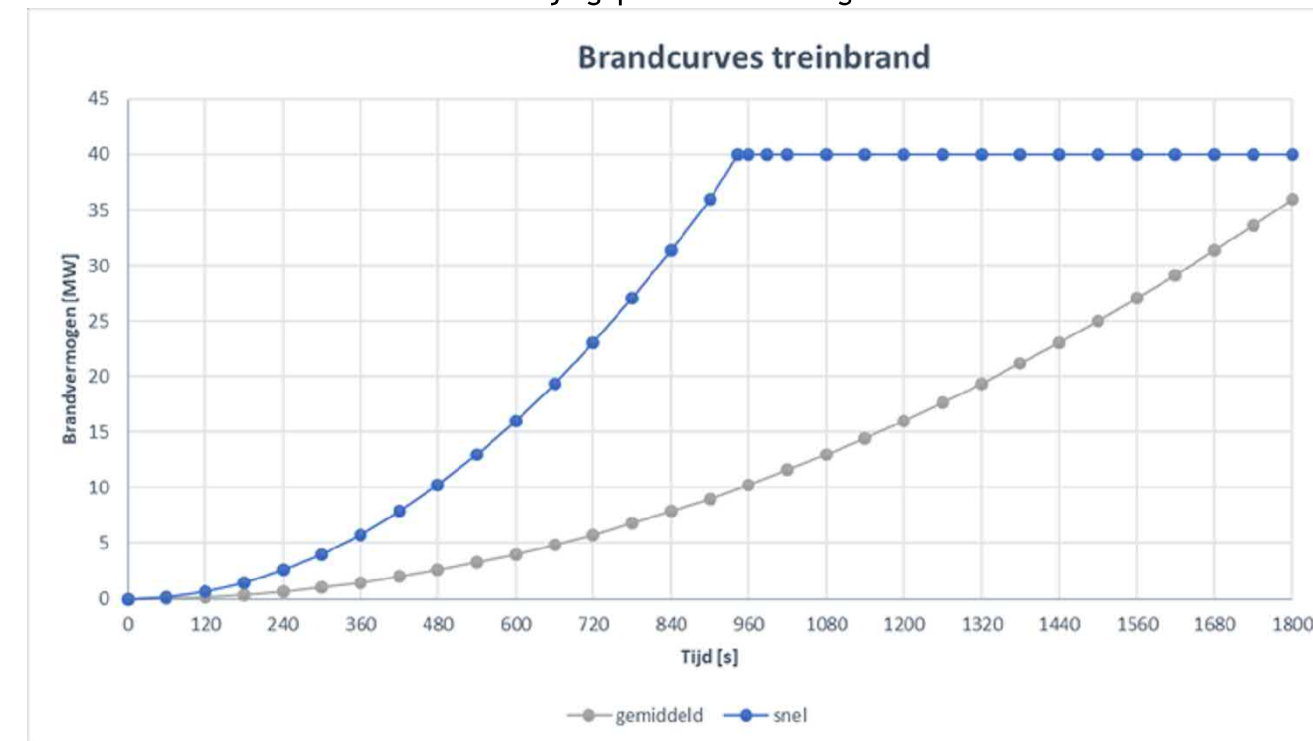
Brand

Het modelleren van de brand is gedaan door van een inschatting te maken van de hoeveelheid massastroom er vrij komt en bij welke temperatuur van de rook. Deze inschatting is gedaan op basis van het vultijdenmodel rekening houden met de door ProRail gedefinieerde brandcurves (zie volgende paragraaf).

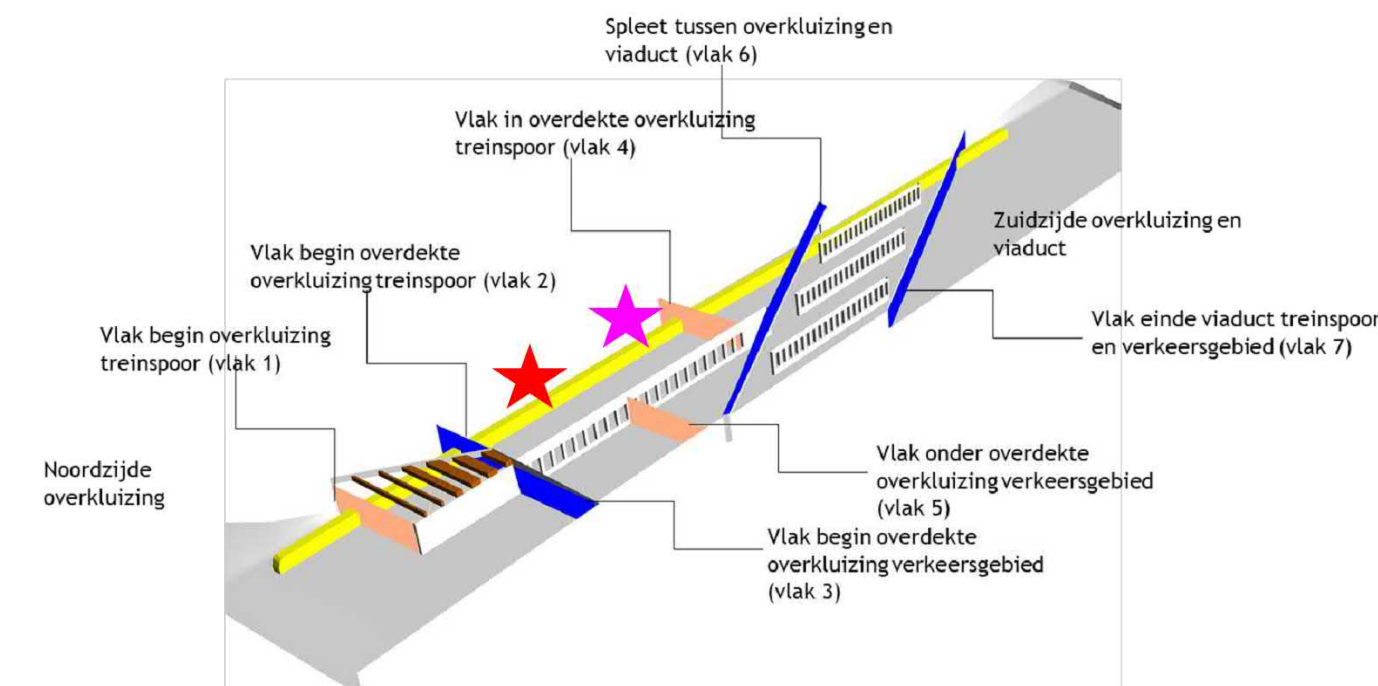
Er wordt rekening gehouden met een brand beneden in de trein.

Brandcurves

In het uitgangspuntendocument wordt gesteld dat volgens het uitgangspuntendocument van ProRail voor CFD-berekeningen een gemiddelde en snelle brandcurve dient te worden doorgerekend voor minimaal 15 min of 1.5 x de RSET. De brandcurves zijn gepresenteerd in figuur 1.



Figuur 1: De verschillende brandcurves die tijdsafhankelijk voor de worst-case situatie (windinvloed, treinlocatie en brandlocatie) worden doorgerekend



Figuur 2: Overzicht gebied onder overkluizing en viaduct met brandlocatie ONO-wind (rode ster) en W-wind (met roze ster)

Rook

In de berekeningen is de rook gedefinieerd als rookgassen met ingemengde lucht. De rookproductie is evenredig met het momentane brandvermogen en de verbrandingswaarde. De rookverspreiding wordt gemodelleerd met transportvergelijking. Uit de concentratie rook kan dan vervolgens de zichtlengte worden bepaald middels een relatie met het rookpotentieel. Voor lichtgevende objecten kan deze relatie worden gedefinieerd met:

$$Z = \frac{C}{R \cdot D} \text{ met } R = \frac{Y_s \cdot K_m}{2.3}$$

Met:

R = Rookpotentieel

K_m = massa extinctie coefficient

Y_s = soot Yield (roetproductie)

C = constante (voor lichtgevende objecten 2.5)

D = Rookconcentratie

Gevolgen aanname zichtlengte

De aanname van een acceptabele zichtlengte tussen de 10 en 30 meter voor een lichtgevend object wordt door ProRail opgegeven.

Tien meter zichtlengte naar een lichtgevend object betekent dat een niet-lichtgevend object op een afstand van 4 meter nog nét te zien is. In een grote ruimte betekent dit dat het onmogelijk is om je te oriënteren. Op een lang, relatief smal pad een trein en een wand, waarover in één richting wordt gevluht, is oriëntatie vanzelfsprekender. We adviseren de transparant noodverlichting op circa 2.5 meter te monteren, om iedere 10 meter.

Berekeningen

Er worden vier berekeningen uitgevoerd van de eindsituatie bij een vast vermogen om in te schatten welke windrichting maatgevend is. Twee bij laag vermogen (ca. 5 MW) en twee bij hoog vermogen (ca. 40 MW). De gekozen maatgevende windrichting zal vervolgens voor de twee op deze pagina gepresenteerde brandcurves tijdsafhankelijk worden doorgerekend van nul tot 20 minuten.

Resultaten

In het rapport nemen wij gegenereerde plaatjes op, die zijn gevraagd bij de uitgangspunten. Te weten plaatjes van de zichtlengte voor lichtgevende objecten, temperatuur en de stralingsintensiteit op een horizontale doorsnede 2 meter boven het oppervlak onder de overkluizing en het viaduct. Belangrijk is hierbij om de ASET te kunnen bepalen. De RSET ligt vast wanneer wij de keus hebben gemaakt voor de bepalende windrichting, brandlocatie en treinlocatie.

Brandsimulaties- gevoeligheidsanalyse brandlocatie en windinvloed

Gevoeligheidsanalyse voor brandlocatie en windrichting

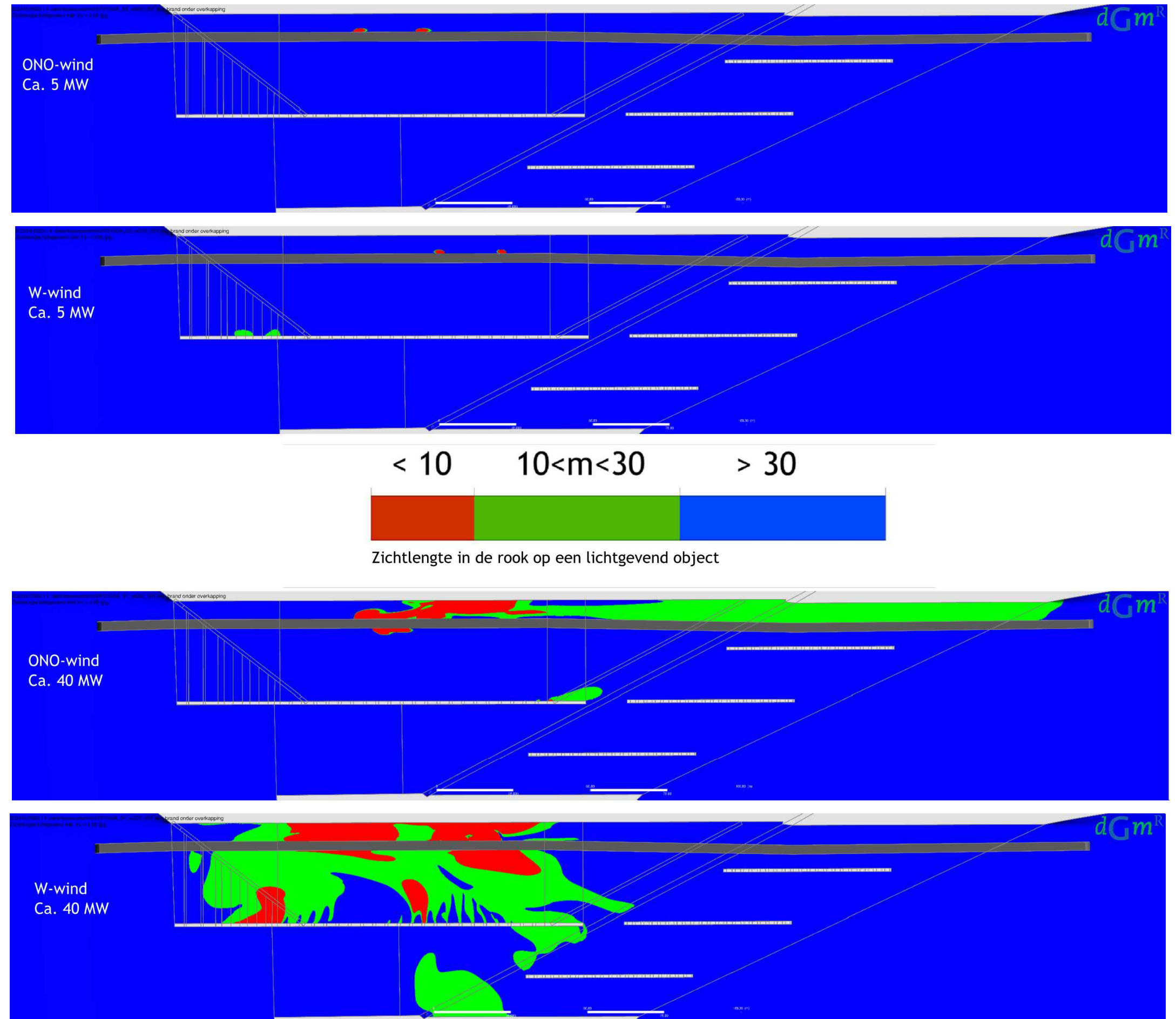
We hebben de gevoeligheid voor de windrichting ingeschat door de resultaten van de stationaire berekeningen te presenteren door middel van de zichtlengte in een horizontaal vlak op 2 m hoogte. De zichtlengte is gepresenteerd volgens de uitgangspunten van Prorail; dat wil zeggen de zichtlengte voor lichtgevende objecten waarbij is uitgegaan van een roetproductie van 0.05 g/g. De bovenste figuren zijn voor een vast vermogen van 5 MW, de onderste voor 40 MW.

Keuze

We zien bij 40 MW dat bij de westenwind de rook meer blijft hangen onder de overkluizing. Uitgangspunt is dat de meeste passagiers die in de buurt van het brandende treinstel zaten als eerste zijn gealarmeerd en zijn gevlucht. Wij zien bij de ONO-wind dat het vluchtpad bijna over de gehele lengte van de trein naar het zuidoosten onder de rook staat. De zichtlengte voor lichtgevende objecten is echter tussen de 10 en 30 meter, wat binnen de door ProRail gestelde eisen nog acceptabel is voor er doorheen vluchten. De analyse voor westenwind is ook uitgevoerd voor een windstille situatie en we zien dat het effect dan nog sterker is, en dat de rook nog meer geconcentreerd blijft ter plaatse van het brandende treinstel.

Uit deze gevoeligheidsanalyse concluderen wij dat de ONO-wind maatgevend is, omdat moeilijk is in te schatten vanaf welk tijdstip de rook zich over het vluchtpad naar het zuiden verplaatst. De keuze om de trein op het buitenste spoor te positioneren is met het resultaat van deze gevoeligheidsanalyse eveneens ondersteund. Die keuze creëert de kleinste open doorsnede aan de oostzijde van de trein, waardoor de rook een klein volume heeft om zich over te verspreiden, en daardoor een grotere afstand beslaat, dan een situatie waarbij de trein op een tweede of derde spoor staat.

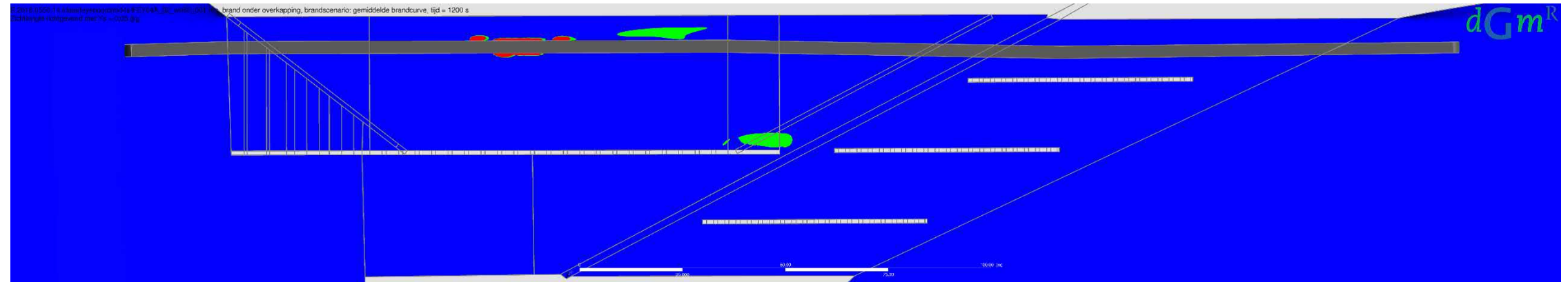
De gekozen brandlocatie wordt als maatgevend beschouwd voor de rookverspreiding. Net dicht genoeg bij de mond van de overkluizing aan de noordzijde zodat de wind de rook het gebied onder de overkluizing inblaast.



Brandsimulaties- *ONO* wind, *tijdafhankelijk*; resultaten zichtlengte ($Y_s = 0.05 \text{ g/g}$)

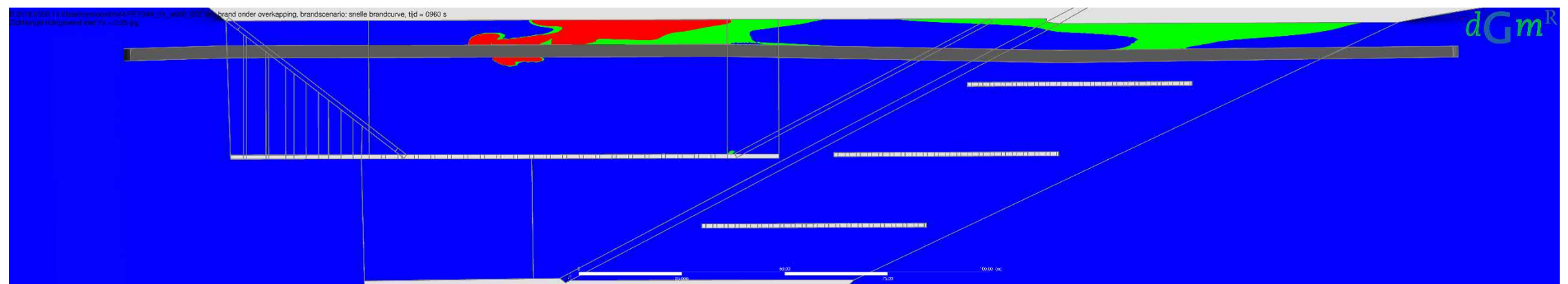
Brandcurve gemiddeld

$T = 1200 \text{ sec}$



Brandcurve snel

$T = 960 \text{ sec}$



Tijdafhankelijke simulaties

Op basis van de gevoeligheidsanalyse is vastgesteld dat de maatgevende windrichting *ONO* is, en zijn de maatgevende treinlocatie en de brandlocatie vastgesteld. Vervolgens zijn voor die situatie tijdafhankelijke berekeningen gemaakt volgens de maatgevende vermogenscurve (gemiddeld) en de maximale curve (snel).

De geselecteerde figuren *hierboven* geven inzicht in de zichtlengte op een horizontale doorsnede onder de overkluizing en het viaduct op 2 meter boven het oppervlak. De figuren geven aan op welk tijdstip na aanvang van de brand de situatie penibel wordt om te vluchten. Voor de gemiddelde brandcurve wordt dat punt in de simulaties niet bereikt, na 20 min is er nog steeds over de volle lengte van het vluchtpad voldoende zicht om veilig te vluchten.

Resultaten

De resultaten van de simulaties zijn in beeld gebracht via contouren van de temperatuur, de stralingsflux en de zichtlengte in een horizontale doorsnede op 2 meter hoogte boven het oppervlak. Voor de volledigheid is het gedetailleerde verloop in de tijd in bijlage 7 opgenomen.

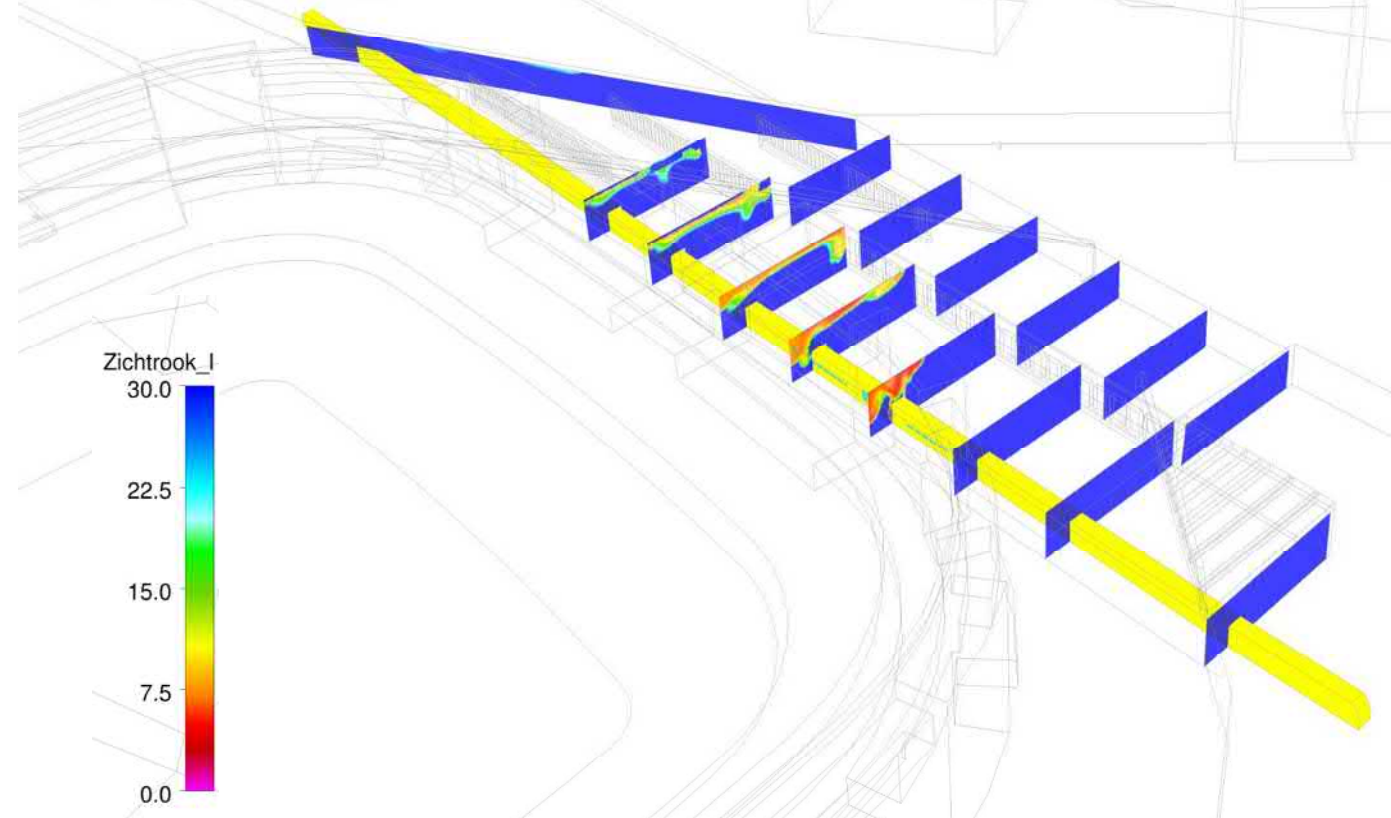
Voor de snelle brandcurve is een omslag naar onveilig bereikt op ongeveer 16 min na aanvang van de brand. Dit tijdstip kan worden gehanteerd als ASET bij de snelle brandgroei (worst case).

De tijdstippen kunnen worden gebruikt bij de RSET-ASET analyse.



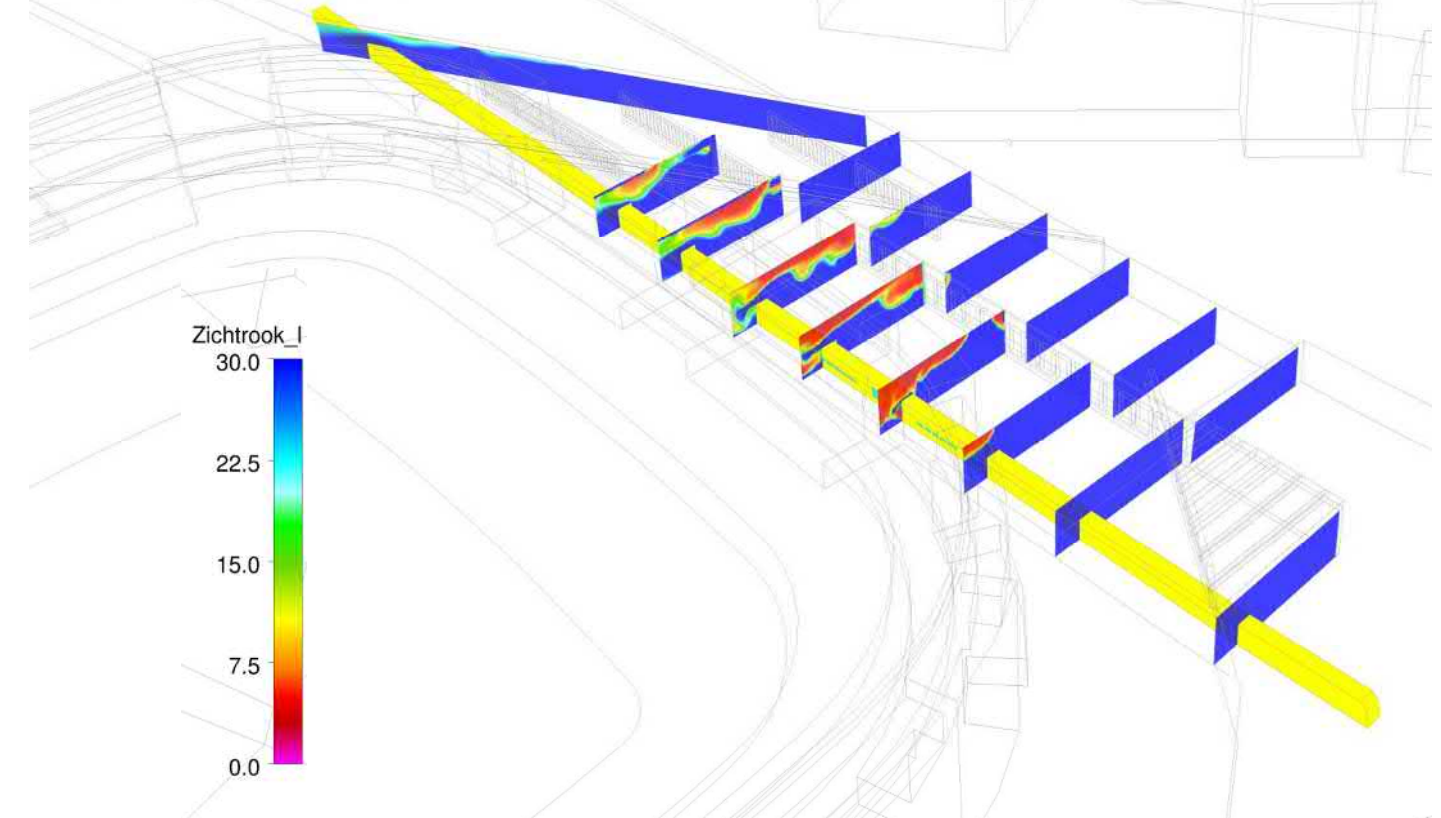
Brandsimulaties- resultaten zichtlengte (met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$)

B.2018.0550.14 /data/feyenoord/m04s/FEY04A_02_w060_001.res, brand onder overkapping, brandscenario: gemiddelde brandcurve, tijd = 1200 s
Zichtlengte lichtgevend met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$



Figuur 1: Brandcurve gemiddeld 3d-beeld van zichtlengte $t = 1200 \text{ s}$ onder overkluizing

B.2018.0550.14 /data/feyenoord/m04/FEY04A_01_w060_002.res, brand onder overkapping, brandscenario: snelle brandcurve, tijd = 0960 s
Zichtlengte lichtgevend met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$



Figuur 2: Brandcurve snel 3d-beeld $t = 960 \text{ s}$ van zichtlengte onder overkluizing

Resultaten

De figuren op deze pagina geven een goed 3d-beeld van hoe het zicht met de hoogte varieert. Bij gemiddelde groeisnelheid is op 960 s dichte rook aanwezig boven het vluchtpad; maar de stratificatie is zo sterk dat de rook niet onder de 2 m hoogte komt.

Bij snelle groei gebeurt hetzelfde, maar vroeger. Daardoor is op 960 seconden meer rook op 2 m hoogte aanwezig dan bij gemiddelde groeisnelheid.

De ruimte aan de andere zijde van de trein is bovenin ook gevuld met dichte rook; die rook hindert uiteraard het vluchten niet.

RSET-analyse - berekening vluchttijd

Methode ontruimingsberekening

Omdat de loopsnelheid beperkt is en de af te leggen afstand relatief groot, moeten we de looptijd meenemen in onze berekening voor de benodigde ontruimingstijd.

Hiervoor hanteren we wat wij (zelf) de 'flessenhalsmethode' noemen: voor iedere mogelijke doorgang (flessenhals) in de vluchtroute berekenen we de som van:

1. de looptijd van de dichtstbijzijnde persoon naar die flessenhals.
2. de doorstroomtijd van iedereen over de betreffende flessenhals.
3. De looptijd van de flessenhals naar de veilige plek. Op 50 meter afstand van de rand van het viaduct ligt de uitgang van spoor.

De hoogste berekende ontruimingstijd van de diverse doorgangen is de maatgevende ontruimingstijd.

Deze vluchtroute kent drie potentiële flessenhalzen:

- De treindeuren.
- Het pad naast de treinrails, waarbij we het einde van het pad zien als flessenhals.
- De nooduitgang.

We moeten ervoor zorgen dat de nooduitgang breder is dan het pad; dat elimineert direct de nooduitgang als flessenhals. In feite is aan de kant van het stadion een dijk aanwezig, waar geen uitgang in gemaakt kan worden. Passagiers lopen om de trein door, steken over nemen de uitgang aan de andere kant van de spoorbundel.

Loopsnelheid

De aan te houden loopsnelheid is afhankelijk van het gegeven of er gehinderd of ongehinderd kan worden gelopen. Voorbij de flessenhals is de loopsnelheid altijd ongehinderd.

Als dat anders zou zijn, zou de flessenhals ernstig maatgevend zijn. Voor ongehinderd vluchten houdt ProRail 1 m/s aan, wat overigens een relatief lage waarde is voor ongehinderd lopen. Zoals in de Uitgangspunten RSET/ASET is omschreven wordt vaak een waarde aangehouden van 1,2 - 1,6 m/s voor ongehinderd lopen over een horizontaal vlak.

Voor gehinderd vluchten wordt de loopsnelheid beperkt door de personendichtheid. De doorstroming, de dichtheid en de loopsnelheid hangen samen volgens het volgende verband:

Doorstroming = dichtheid x loopsnelheid

Eveneens op basis van opgave door ProRail is de doorstroming begrensd tot de doorstroomcapaciteit van 90 personen per minuut per meter (=1,5 persoon per seconde per meter). Bij 4 personen/m² is de maximale loopsnelheid: 1,5 pers/ms : 4 pers/m² = 0,375 m/s.

Veilige plek

Op tien meter afstand van de rand van het viaduct is de veilige plek voor wat betreft de invloedssfeer van de rook (resultaat CFD). Op 50 meter afstand van de rand van het viaduct ligt de nooduitgang van het spoor. Die 50 meter hanteren we als veilige plek.

Locatie brand en vluchtrichting

Op pagina 8 hebben we omschreven dat op basis van de gevoeligheidsanalyse een brandlocatie is gekozen die afwijkt van het uitgangspunten-document, namelijk in het derde treinstel, terwijl het eerste treinstel buiten de tunnel staat. In dit geval drukt de wind tegen een wand (trein) aan van circa vier meter hoog, zodat alle rook de tunnel in wordt geblazen.

Voor de ontruimingsberekening is deze plek echter niet de minst gunstige situatie, omdat de maximale afstand af te leggen onder het viaduct kleiner is (53 meter minder).

Om zeker te zijn dat we toch de worst case situatie aanhouden voor de ontruiming, hanteren we voor de ontruimingsberekening voor beide windrichtingen de langste afstand onder de overkapping.

Berekening doorgang 1: treindeuren flessenhals

In het uitgangspunten-document RSET/ASET hebben we een doorstroomcapaciteit per deur van 1 persoon/4 seconden voorgesteld, op basis van de geciteerde publicatie van Anders Norén en Joel Winehet.

Bij de maatgevende 100% bezetting is de ontruimingstijd per dubbele treindeur: 46 personen/0,25 = 184 seconden.

De mensen die uit de trein springen staan (vrijwel) direct op het verharde pad naast de rails. De grootste afstand die de (laatste) passagiers moeten overbruggen om op de veilige plek te komen is dan 299 meter. Zij doen daarover:

299 meter : 1 meter/seconde = 299 seconden.

De totale ontruimingstijd (als de treindeuren de maatgevende flessenhals zou zijn) bedraagt: 184 + 299 seconden = **483 seconden**.

Bij een bezetting van 150% (worst case) duurt het langer voordat de trein leeg is, en bedraagt de totale ontruimingstijd:

276 + 299 seconden = **575 seconden**.

Berekening doorgang 2: het pad = flessenhals

Beschouwen we het einde van het pad als flessenhals, dan is de eerste passagier (vrijwel) direct bij de flessenhals. De doorstroomcapaciteit van het pad wordt bepaald door de breedte van het pad. Het aantal personen dat over het pad naar de flessenhals aan het einde van het pad moet lopen is de volledige bezetting van de trein min één treinstel, dus 11 treinstellen.

Die bezetting is bij 100% bezetting:

92 personen * 11 = 1012 personen

Als het pad 1,5 meter breed is, duurt de passage van flessenhals:

1012 personen/2,25 personen/seconde = **449,8 seconden** (maatgevend)

Bij een bezetting van 150% (worst case) duurt de passage van flessenhals pad **674,7 seconden**.



RSET-ASET-analyse - berekening RSET

Pre-movement time en veiligheidsmarge

Op $t = -90$ begint de kwadratische curve. Na 1,5 minuut ($t = 0$) start de ontruiming van het rijtuig dat in brand staat, na nog eens twee minuten begint de ontruiming van de hele trein. ProRail schrijft dus 90 en 210 seconden pre-movement time voor, de eerste voor het brandende rijtuig, de tweede voor de rest van de trein.

Voor de berekening van de vluchttijd voor beide doorgangen is er geen of nauwelijks voordeel door het gegeven dat het brandende voertuig twee minuten eerder begint met ontruimen. Voor doorgang 1 wordt de vluchttijd bepaald door de doorstroomcapaciteit van de deuren naast het brandende voertuig plus de tijd die het duurt om naar de veilige plek te lopen. Dat betekent hooguit 10 meter, dus maximaal 10 seconden 'winst'.

Voor doorgang 2 wordt de vluchttijd bepaald door de doorstroomcapaciteit van het pad. Na 120 seconden zijn de mensen uit het brandende treinstel 120 meter verder. Tegen die tijd is er al een opstopping ontstaan 179 meter verderop. Ze doen dus gewoon mee met de rest van de passagiers bij de bepaling van de doorstroomtijd op het betreffende punt.

ProRail schrijft 1 minuut veiligheidsmarge voor tussen ASET en RSET. De som van pre-movement tijd en veiligheidsmarge is daarmee 270 seconden.

RSET Maatgevende doorgang

We stellen vast dat het pad van 1,5 meter breed maatgevend is voor de vluchttijd. Inclusief pre-movement time en marge, bedraagt de benodigde ontruimingstijd (RSET) bij 150% bezetting: **885 seconden**.

We kunnen deze tijd naar beneden brengen door het pad breder te maken. Bij een 2 meter breed pad is de RSET bij 150% bezetting 716 seconden. Echter in dat geval is de vluchttijd van doorgang 1 maatgevend met een RSET van **785 seconden**. We adviseren het pad 2 meter breed te maken.

Op verzoek van de BPC onderzoeken we nog op een 'quick en dirty manier' of alle passagiers uit de trein op het pad passen. Het deel van het pad vanaf de brand tot aan de veilige afstand tot het spoor is $249-53+50 = 252$ meter lang. Het pad is 2 meter breed. De oppervlakte is 504 m^2 . Bij een 100% bezetting zijn er $1012/504 \text{ m}^2 = 2,0$ personen op het pad aanwezig per m^2 . Bij 150% bezetting is dat 3,0 personen per m^2 . Beide is ruim onder de grenswaarde van 4 personen per m^2 waarvram het bouwbesluit uitgaat als maximale waarde voor opvangcapaciteit.

Hiermee is overigens nog niet uitgesloten dat een deel van de reizigers aan het einde van de trein moeten wachten totdat er ruimte beschikbaar is op het pad, maar wel dat iedereen op het pad past.

Passagiers uit het brandende voertuig hebben sowieso twee minuten voorrang op de ontruiming van de rest van de trein. Die personen zijn in dit scenario nog niet van het pad af als de ontruiming van de rest van de trein start. Passagiers lopen van de brand af, en stropen ergens stroom afwaarts op. Dicht bij de brand kunnen mensen daardoor ongehinderd uitstappen. Of dit verder weg ook zo is, hangt af van hoe mensen elkaar de ruimte geven en het verloop van de ontruiming.

ASET

Bij de voorgeschreven brandcurves voldoet de RSET-ASET vergelijking aan de eisen van ProRail, ook voor de worst case situaties: $\text{ASET} - \text{RSET} < \text{MARGE}$ (zie hieronder de aanwijzingen voor de beoordeling van de resultaten).

2.5 Beoordeling resultaten

De resultaten van de vergelijking van de beschikbare tijd voor veilig vluchten (ASET) en de benodigde tijd om een veilige plaats te bereiken (RSET) worden gebruikt bij de beoordeling van de mogelijkheid tot veilig vluchten in een spoortunnel.

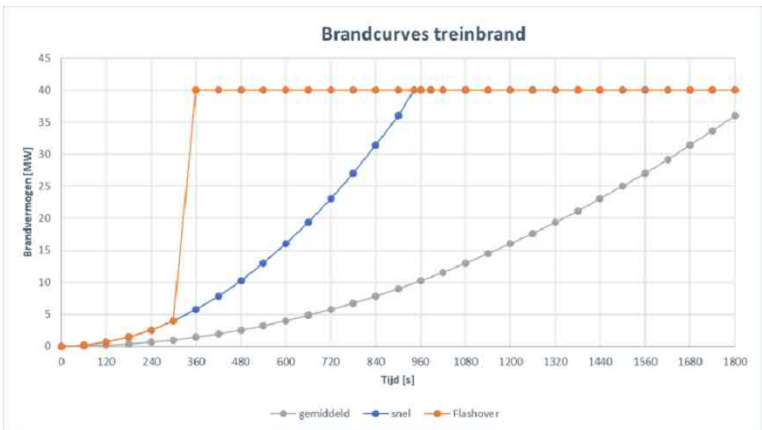
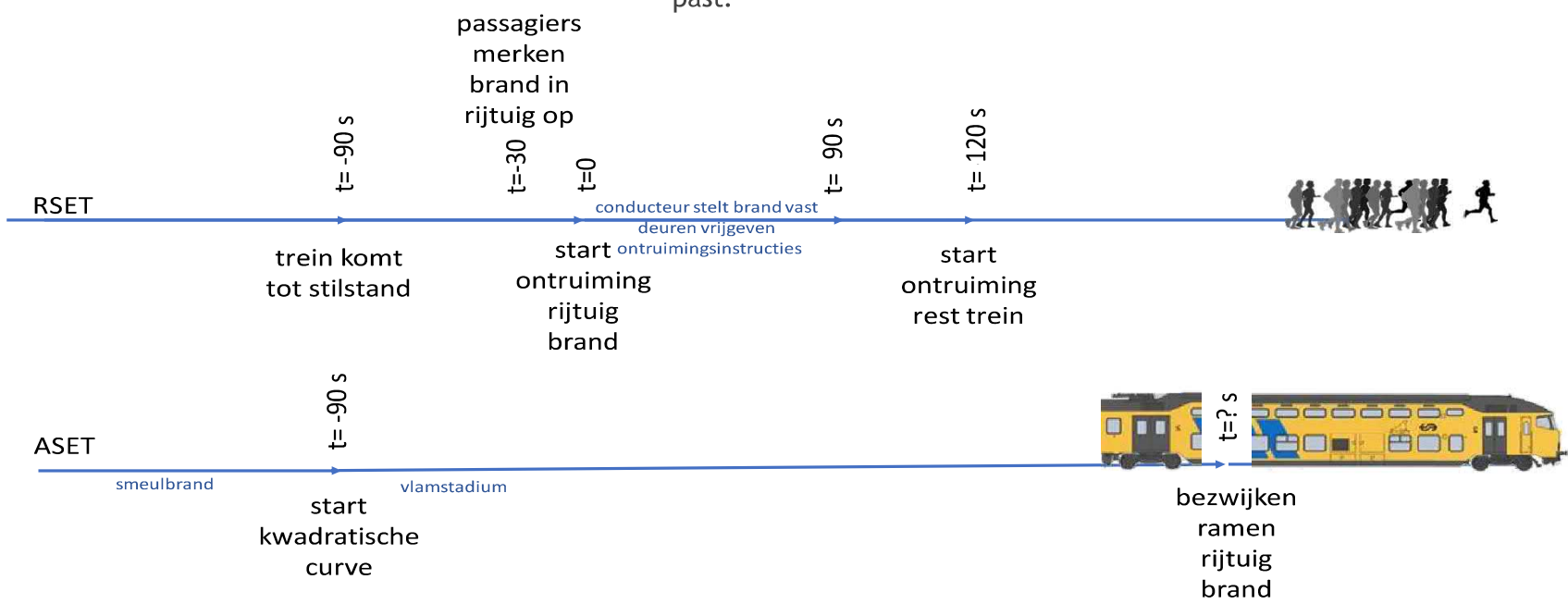
De combinatie maatgevende brandgroei en maatgevende treinbezetting is het maatgevende scenario voor de beoordeling veilig vluchten in een spoortunnel. Het is niet acceptabel dat de benodigde tijd om een veilige plaats te bereiken groter is dan de beschikbare tijd voor veilig vluchten. Hierbij wordt een veiligheidsmarge van 1 minuut gehanteerd.

De overige combinaties betreffen worst-case scenario's. Bij deze scenario's is het acceptabel dat de benodigde tijd om een veilige plaats te bereiken groter is dan de beschikbare tijd voor veilig vluchten. Wel wordt in deze situaties vastgesteld of er proportionele verbetermaatregelen mogelijk zijn om de beschikbare tijd voor vluchten te vergroten dan wel de benodigde tijd voor vluchten te verkleinen (toepassen ALARP-principe).

		Aantal te ontruimen personen	
Brandscenario	Maatgevend		Worst case
	Maatgevend	Maatgevend scenario voor beoordelen veilig vluchten	Worst case scenario voor beoordelen veilig vluchten
	Worst case	Worst case scenario voor beoordelen veilig vluchten	Worst case scenario voor beoordelen veilig vluchten

Gevoeligheidsanalyse

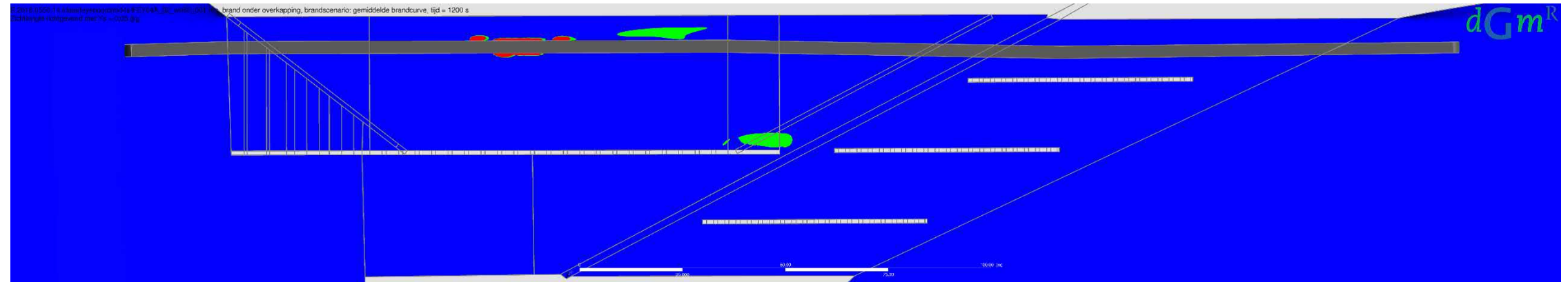
In de gevoeligheidsanalyse hieronder gaan we de invloed analyseren voor enkele kritische uitgangspunten. We introduceren onder andere een derde brandcurve met flashover (zie hiernaast).



Gevoeligheidsanalyse: brandsimulaties, flashover-curve, zichtlengte (met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$)

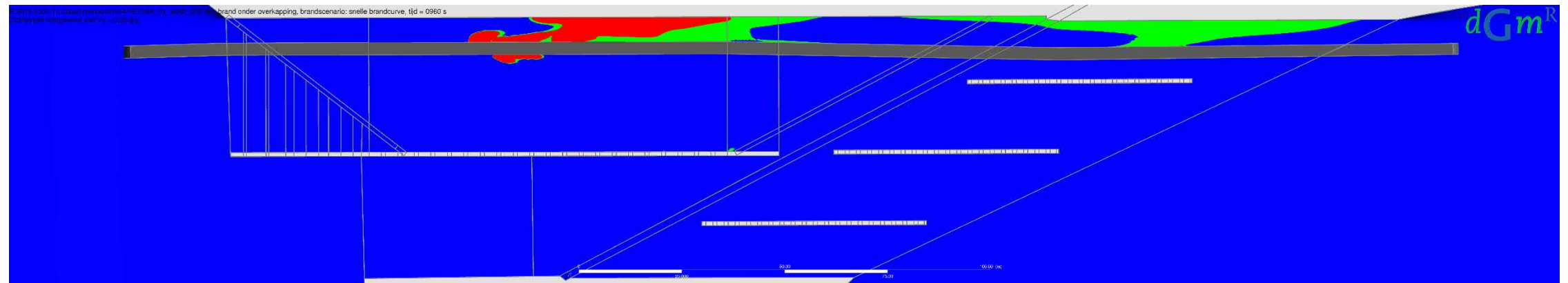
Brandcurve gemiddeld

$T = 1200 \text{ sec}$



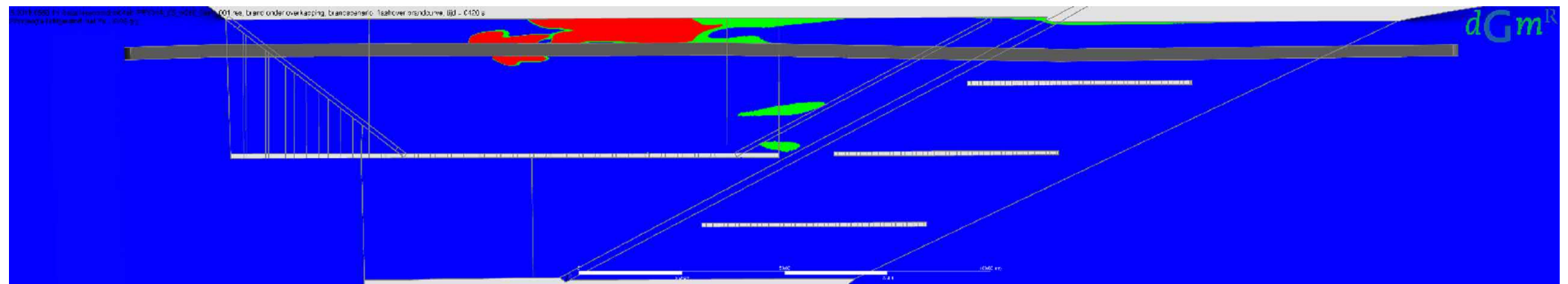
Brandcurve snel

$T = 960 \text{ sec}$



Brandcurve flashover

$T = 420 \text{ sec}$

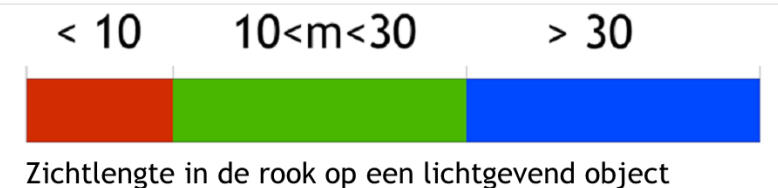


Resultaten

De resultaten geven inzicht in de zichtlengte op een horizontale doorsnede onder de overkluizing en het viaduct op 2 meter boven het oppervlak. De figuren geven verder aan bij welke tijd na aanvang van de brand de situatie penibel wordt om te vluchten. Dit geldt niet voor de gemiddelde brandcurve, daar is 20 min na de brand nog steeds overal op het vluchtpad voldoende zicht om veilig te vluchten.

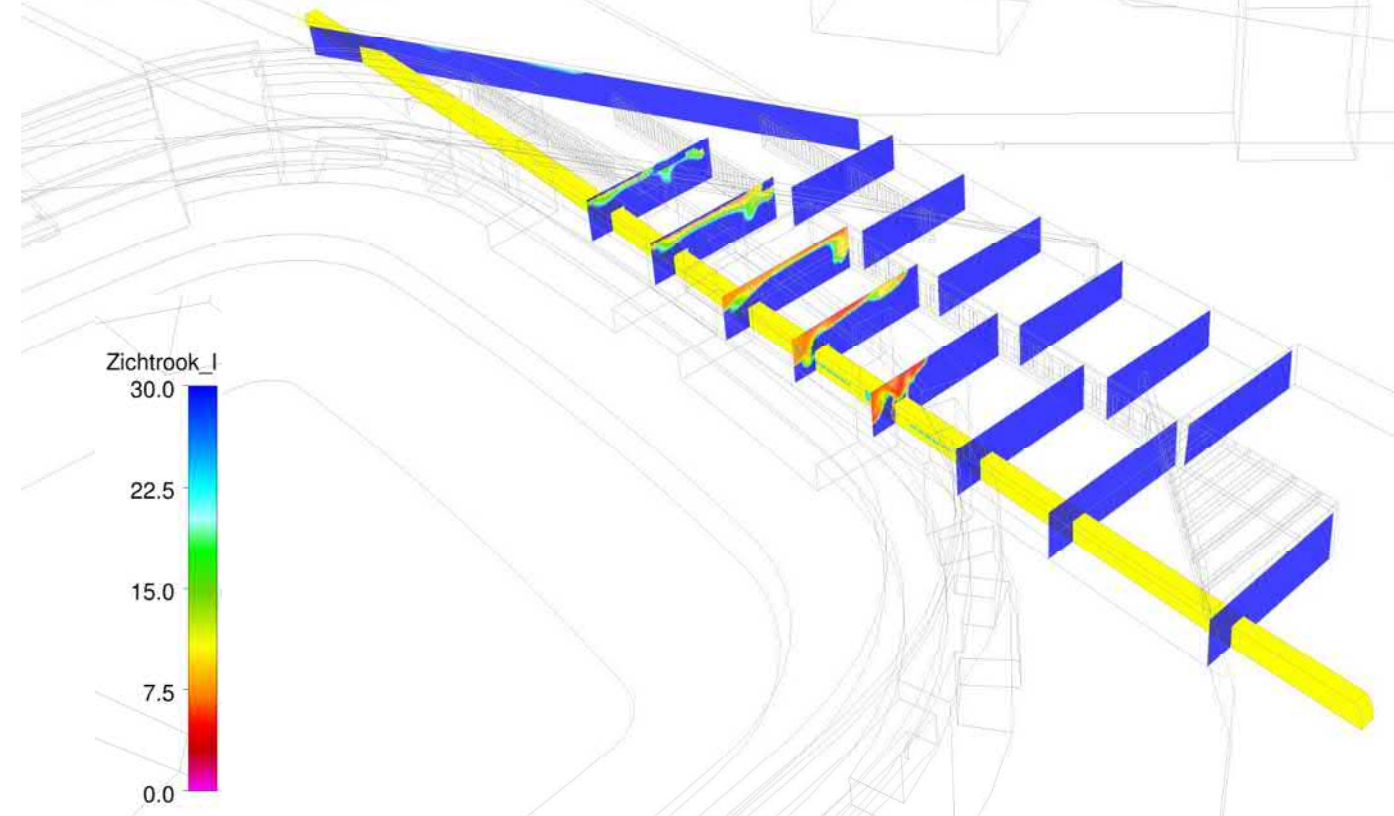
Voor de snelle brandcurve is dit moment bereikt na ongeveer 16 min na aanvang van de brand (het moment waarop de vermogenscurve het plateau op 40 MW bereikt).

Bij de flashover brandcurve wordt dat moment al bereikt na 7 min (520 seconden).



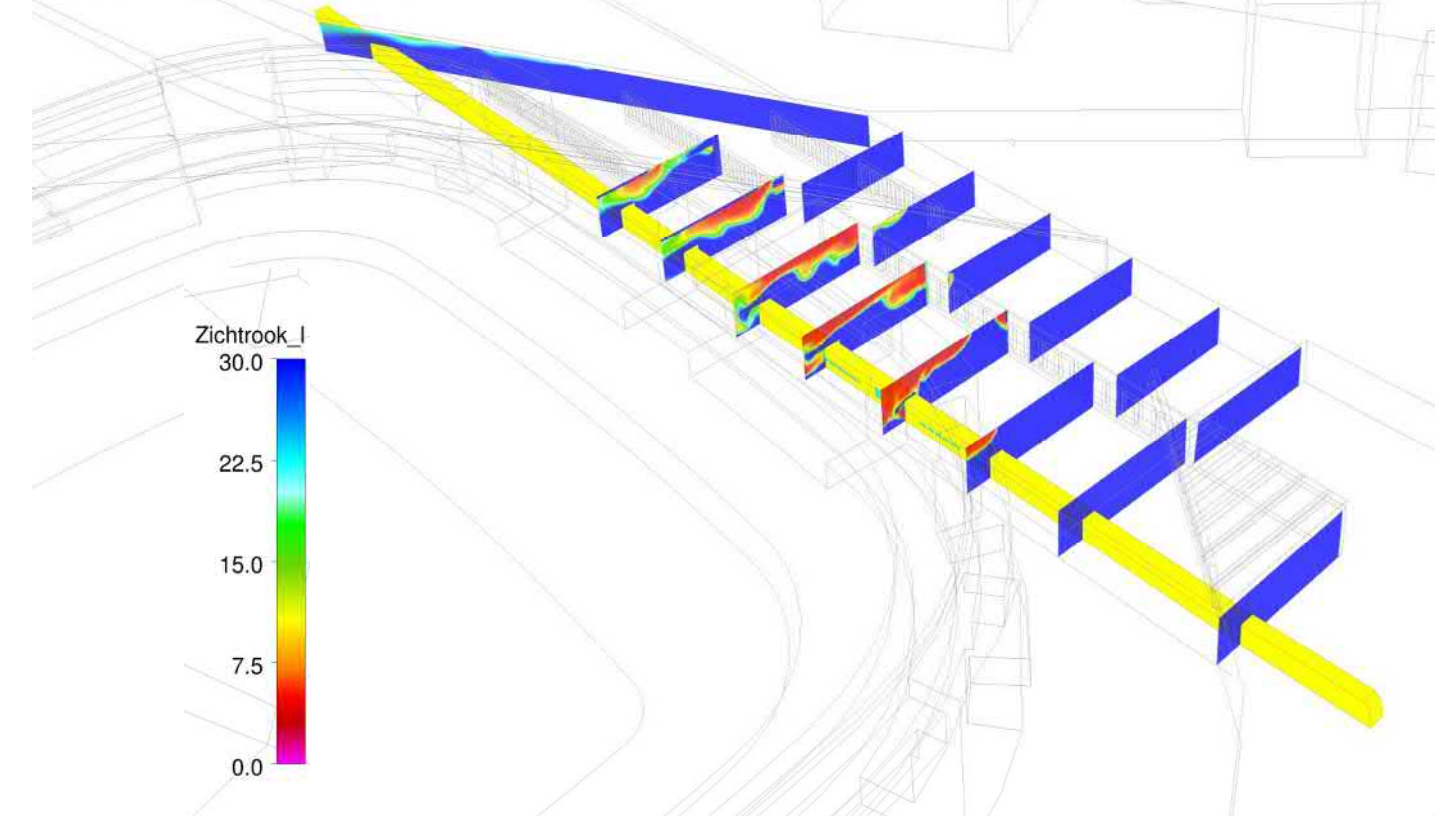
Gevoeligheidsanalyse: brandsimulaties, flashover-curve, zichtlengte (met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$)

B.2018.0550.14 /data/feyenoord/m04s/FEY04A_02_w060_001.res, brand onder overkapping, brandscenario: gemiddelde brandcurve, tijd = 1200 s
Zichtlengte lichtgevend met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$



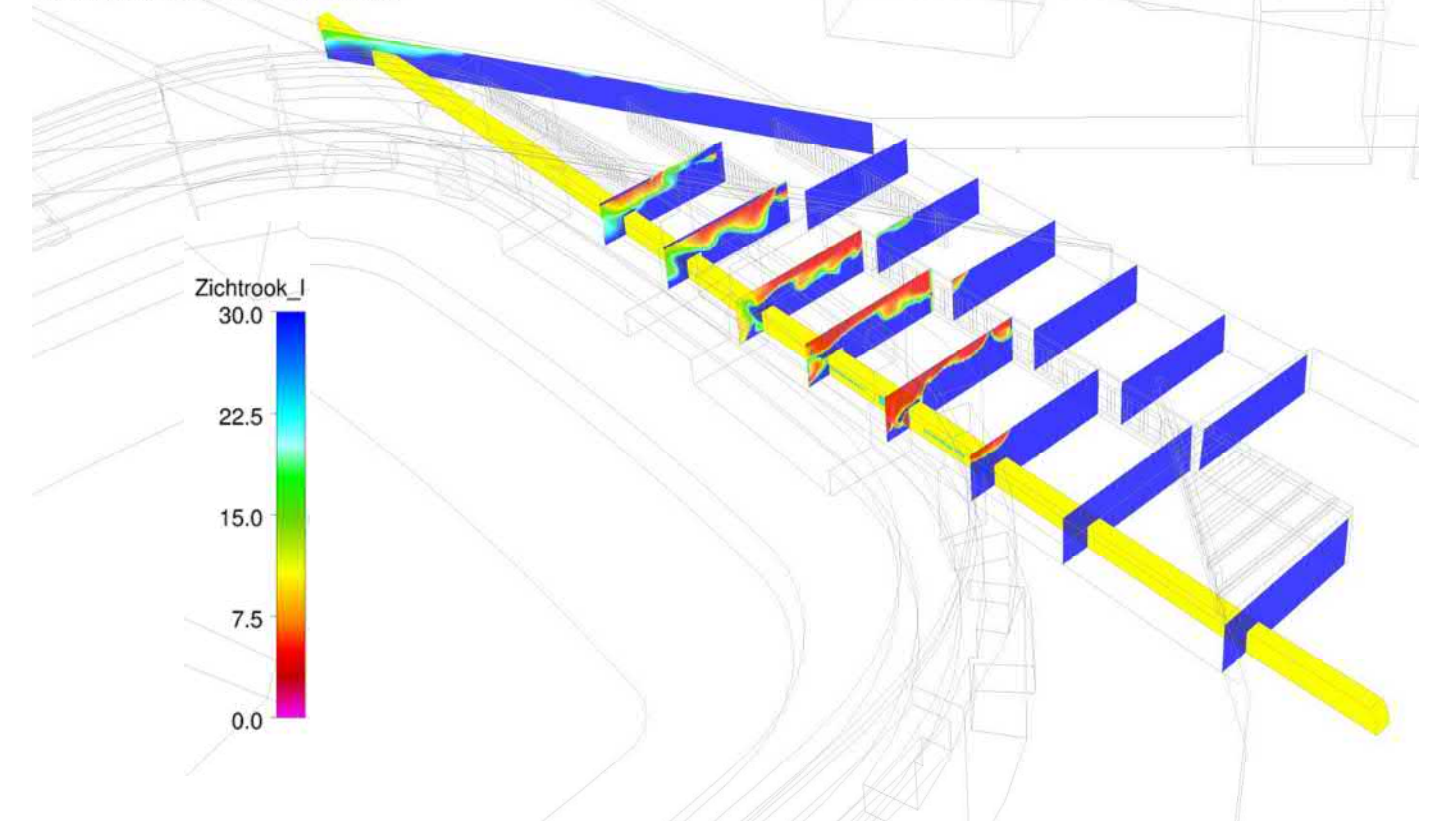
Figuur 1: Brandcurve gemiddeld 3d-beeld van zichtlengte $t = 1200 \text{ s}$ onder overkluizng

B.2018.0550.14 /data/feyenoord/m04/FEY04A_01_w060_002.res, brand onder overkapping, brandscenario: snelle brandcurve, tijd = 0960 s
Zichtlengte lichtgevend met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$



Figuur 2: Brandcurve snel 3d-beeld $t = 960 \text{ s}$ van zichtlengte onder overkluizing

B.2018.0550.14 /data/feyenoord/m04sf1/FEY04A_03_w060_flash_001.res, brand onder overkapping, brandscenario: flashover brandcurve, tijd = 0540 s
Zichtlengte lichtgevend met $Y_s = 0.05 \text{ g/g}$



Figuur 3: Brandcurve flashover 3d-beeld van zichtlengte $t = 420 \text{ s}$ onder overkluizing

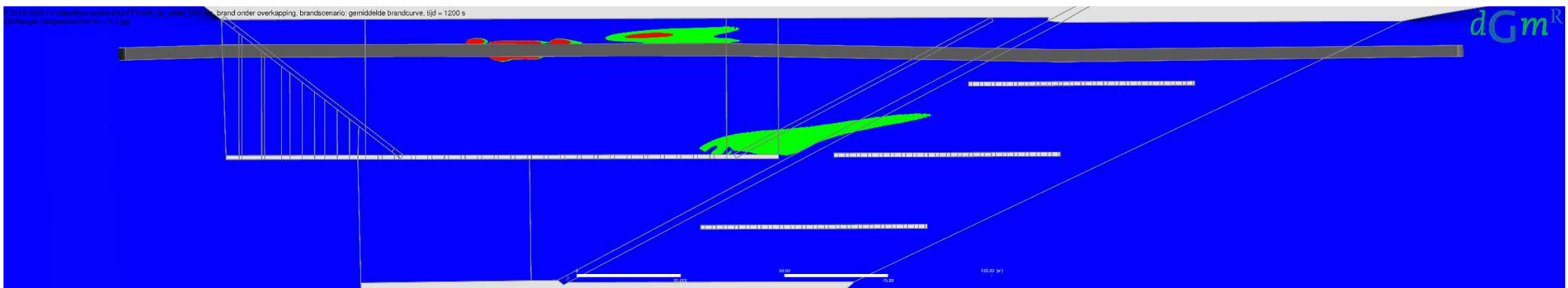
Resultaten

Deze resultaten behoren bij de tijdstippen op de vorige pagina genoemd als maatgevend tijdstip bij de desbetreffende brandcurve. Deze tijdstippen kunnen als ASET worden gebruikt bij de RSET-ASET analyse. De figuren op deze pagina geven een goed 3d-beeld van hoe het zicht met de hoogte varieert.

Gevoeligheidsanalyse: brandsimulaties- resultaten zichtlengte (met $Y_s = 0.1 \text{ g/g}$)

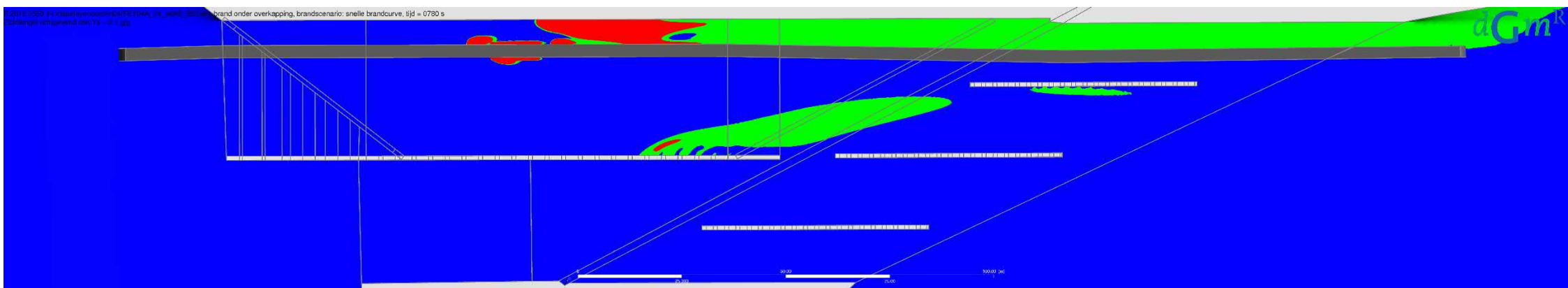
Brandcurve gemiddeld

$T = 1200 \text{ sec}$



Brandcurve snel

$T = 780 \text{ sec}$



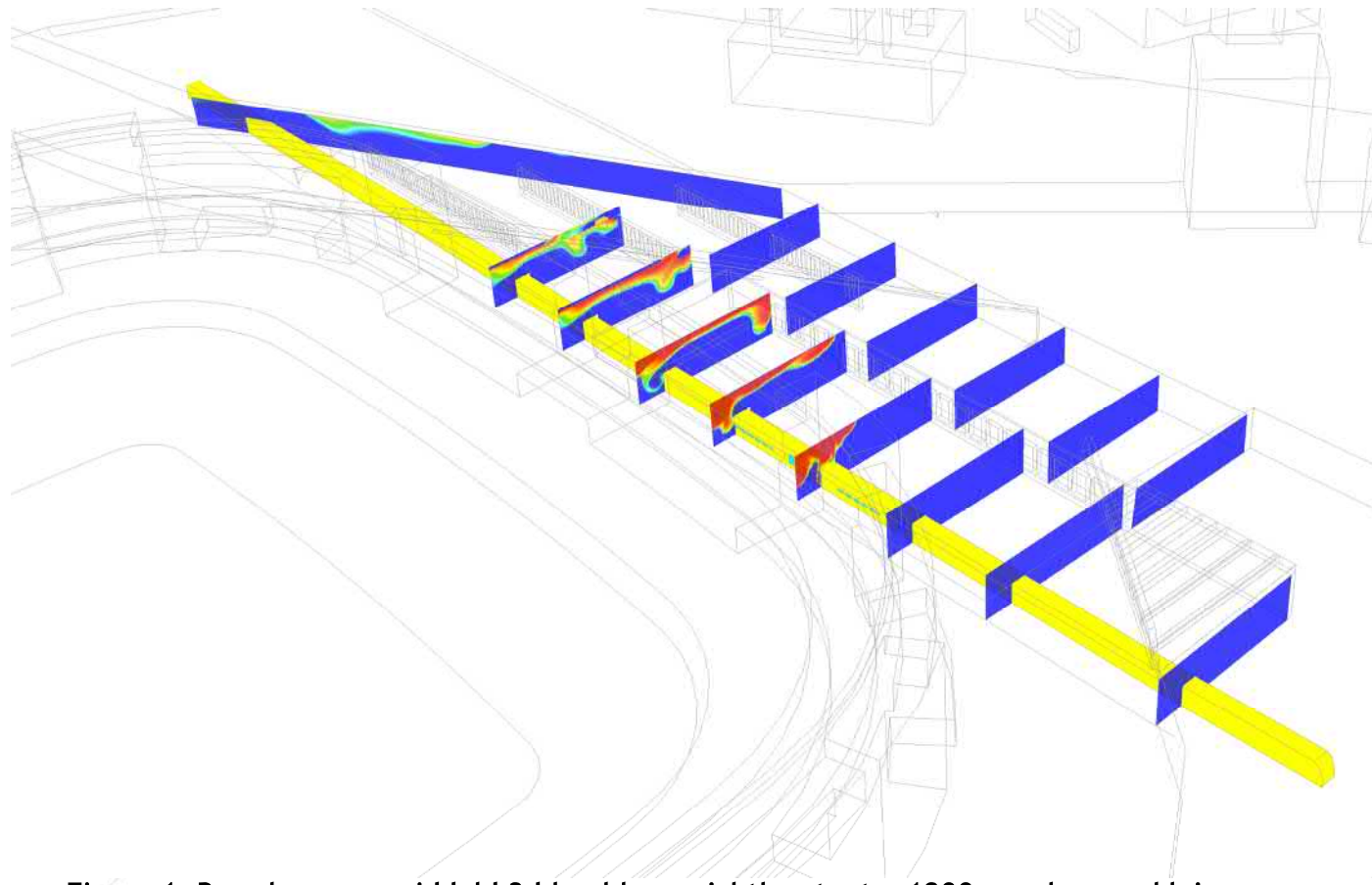
Resultaten

Deze resultaten zijn behaald bij een veronderstelde roetproductie van 0.1 g/g . De resultaten geven inzicht in de zichtlengte op een horizontale doorsnede onder de overkluizing en het viaduct op 2 meter boven het oppervlak. De figuren geven verder aan bij welke tijd na aanvang van de brand de situatie penibel wordt om te vluchten.

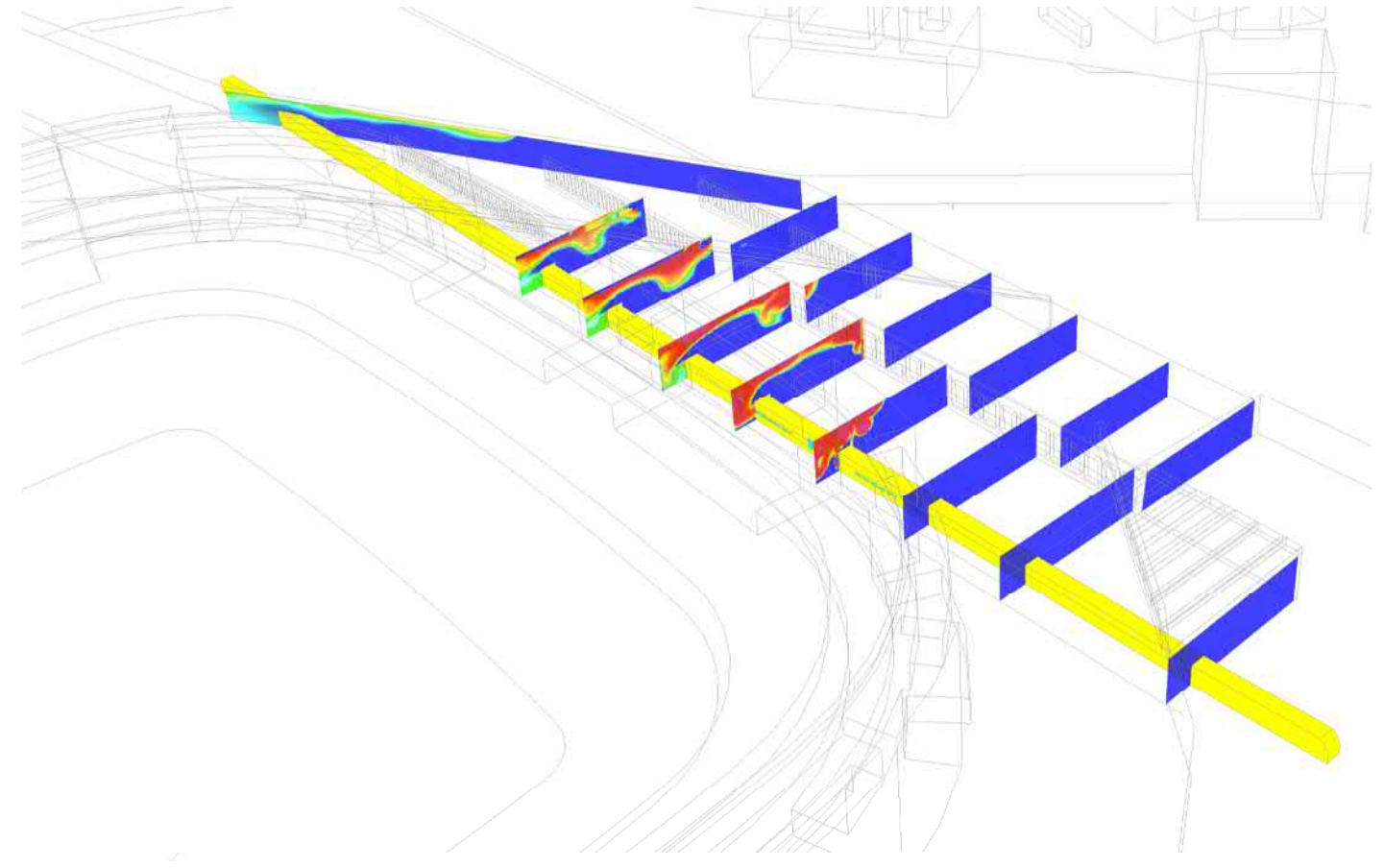
Voor de snelle brandcurve is dit moment nu bereikt na ongeveer 13 min na aanvang van de brand.



Gevoeligheidsanalyse: brandsimulaties- resultaten zichtlengte (met $Y_s = 0.1 \text{ g/g}$)



Figuur 1: Brandcurve gemiddeld 3d-beeld van zichtlengte $t = 1200 \text{ s}$ onder overkluizing



Figuur 2: Brandcurve snel 3d-beeld $t = 780 \text{ s}$ van zichtlengte onder overkluizing

Resultaten

Deze resultaten behoren bij de tijdstippen op de vorige pagina als maatgevend tijdstip bij de desbetreffende brandcurve. Er is hier dus sprake van een roetproductie van 0.1 g/g . Deze tijdstippen kunnen als ASET worden gebruikt bij de RSET-ASET analyse. De figuren op deze pagina geven een goed 3d-beeld van hoe het zicht met de hoogte varieert.

Voor de snelle brandcurve is dit moment bereikt na ongeveer 13 min na aanvang van de brand.

SLOT - OVERWEGINGEN EN CONCLUSIES

Overwegingen

Maatgevende situatie

De door ProRail als ‘maatgevende’ situatie omschreven combinatie van invoerparameters (o.a. 100% bezetting en gemiddelde groeicurve voor de brandontwikkeling) leidt tot een ASET die langer is dan de gesimuleerde tijd van 20 minuten (1200 s). Omdat RSET uitkomt op 810 s is er ten minste 390 s veiligheidsmarge tussen ASET en RSET, waarmee aan het acceptatiecriterium van ProRail is voldaan.

Maximale situatie

De door ProRail als ‘maximale’ situatie omschreven combinatie van invoerparameters (o.a. 150% bezetting en snelle groeicurve voor de brandontwikkeling) leidt tot een ASET van 960 s. De RSET voor die situatie 785 s. De marge tussen ASET en RSET bedraagt in deze situatie nog 215 seconden. ProaRail beschouwt de resultaten voor deze situatie als ‘verplicht informatief’ en koppelt er geen acceptatie of afkeur aan. Wel de verplichting om met redelijke aanpassingen de situatie te verbeteren, wat we hebben gedaan door het pad 2 meter breed te maken in plaats van 1,5 meter.

DGMR heeft in aanvulling op de door de richtlijn van ProRail voorgeschreven analyse een tweetal aanvullende situaties geanalyseerd. Dit zijn aanvullende berekeningen met als doel te analyseren wat de gevoeligheid is van de door ProRail geformuleerde uitgangspunten.

Flashover

De brandvermogenscurves voorgeschreven in de richtlijn van ProRail volgen een kwadratisch verloop tot een plateau van 40 MW. Daarmee wordt dat hoge vermogen pas na relatief lange tijd bereikt. DGMR acht het reëler dat de kwadratische groeicurve overgaat in een snelle stijging tot 40 MW als flashover is opgetreden zodra de temperatuur bovenin de brandende trein is opgelopen tot 500 a 600 °C. Een oriënterende analyse van deze situatie heeft als resultaat dat uitgaande van de gemiddelde groeicurve flashover te verwachten is na 5 à 6 minuten. Na flashover loopt het vluchtpad vol rook, en dat leidt tot onveilige condities ruim voordat de maatgevende bezetting de overkluizing heeft verlaten.

Rookproductie

De gevolgen van een twee keer zo hoge specifieke rookproductie (sooth yield 0,1 g/g in plaats van 0,05) is onderzocht. Het effect daarvan kon worden bepaald via een postprocessing stap op de reeds uitgevoerde CFD simulaties.

De conclusie voor de maatgevende situatie verandert niet omdat ook met de hogere rookproductie gedurende de 20 minuten simulatieduur de grenswaarden voor veilig zicht niet worden overschreden.

De maximale situatie wordt merkbaar ongunstiger: de ASET loopt terug van 960 s naar 780 s, zodat geen positieve veiligheidsmarge tussen ASET en RSET overblijft.

Een conclusie die aan deze oriënterende analyses kan worden verbonden is dat een snelle flash-over vermeden moet worden door passende keuze van brandgedrag van meubilair en afwerkingsmaterialen in de treinen.

Dit is overigens nadrukkelijk geen diskwalificatie van materieel van wie dan ook: we gaan er vanuit dat passagierstreinen aan de vereisen voldoen.

Conclusie

DGMR heeft voor de overkluizing een ASET-RSET studie uitgevoerd conform de richtlijn “Beoordeling veilig vluchten bij brand in een spoortunnel - Uitgangspunten voor CFD- en ontruimingsberekeningen” van 23 oktober 2018 van ProRail. De richtlijn schrijft de uitgangspunten van zowel de ASET (de CFD studie) als de RSET (de ontruimingsanalyse) voor. Ook schrijft de richtlijn voor welke veiligheidsmarge ten minste aanwezig moet zijn tussen de berekende ASET en RSET om te kunnen spreken van veilig vluchten.

DGMR heeft de aanwijzingen omtrent het vastleggen van de maatgevende situaties gevolgd met een uitgebreide analyse van de windcondities om het stadion en de overkluizing. De CFD analyse voor de bepaling van ASET is uitgevoerd voor de ongunstigste windrichting en positie van trein c.q. van de brandhaard in de trein.

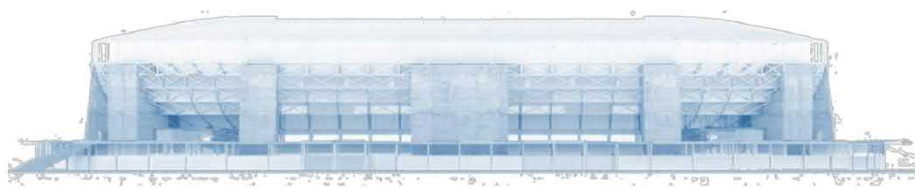
De RSET-ASET analyse wijst uit dat voor zowel de maatgevende brand in combinatie met het maatgevende aantal personen, als de worst case brand in combinatie met de worst case bezetting van de trein, wordt voldaan aan het marge-criterium van 100%.

Er zijn in het kader van de gevoeligheidsanalyse twee extra berekeningen, een situatie uitgevoerd, één met flash over en één situatie met een hogere rookproductie.

Bij de laatste valt de maatgevende situatie binnen het margecriterium. Bij de worst case situatie is er geen marge meer over.

Bij een snelle flash-over in het treinstel wordt de situatie kritisch op een moment dat er nog passagiers in de trein zitten.

Deze analyse benadrukt het belang van zorgvuldige beheersing van de brand- en rookeigenschappen van de toegepaste meubilair en afwerkingsmaterialen.



Bijlage 1: Uitgangspuntendocument



<i>datum</i>	21 juli 2020	<i>project</i>	Het nieuwe Feyenoord stadion
<i>vestiging</i>	Den Haag	<i>betreft</i>	Uitgangspuntendocument RSET-ASET-analyse treinbrand onder spooroverkluizing
<i>uw kenmerk</i>	-	<i>versie</i>	2
<i>ons kenmerk</i>	B.2018.0550.14.N002	<i>auteur</i>	ir. [REDACTED]
<i>2e lezer/secr.</i>	MHA		ir. [REDACTED]
		<i>contactpersoon</i>	Ing. [REDACTED]
		<i>e-mail/telefoon</i>	[REDACTED]

Uitgangspuntendocument RSET-ASET-analyse treinbrand onder spooroverkluizing

In deze notitie zetten we de uitgangspunten uiteen voor het onderzoek naar veilig vluchten van treinpassagiers in geval van een treinbrand in de overkluizing bij het nieuwe Feyenoord stadion. Om het veiligheidsniveau van het vluchten inzichtelijk te maken voert DGMR een ASET/RSET-analyse uit, waarbij de ASET wordt bepaald op basis van een CFD-studie die diverse scenario's met een treinbrand omvat. In deze notitie behandelen we zowel de uitgangspunten van de ASET- als de RSET-bepaling

Het doel van het onderzoek is: aantonen dat de spooroverkluizing voldoende veilig is voor passagiers in geval van brand. Voor een bouwwerk geen gebouw zijnde zijn in het Bouwbesluit geen grenswaarden gespecificeerd, en moet worden aangetoond dat aan de functionele eis wordt voldaan: Een te bouwen bouwwerk heeft zodanige vluchtroutes dat bij brand een veilige plaats kan worden bereikt. Het aantonen gebeurt door het volgen van een richtlijn van ProRail.

De aanleiding van het onderzoek is het verslag van de scenario-analyse die ProRail samen met DGMR heeft uitgevoerd voor incidenten onder de overkluizing. In het door ProRail opgestelde verslag van 30 maart 2020 staat dat het veilig vluchten bij brand moet worden verantwoord met een ASET-RSET analyse waarbij de ASET moet worden bepaald met een specifieke CFD simulatie, alles op basis van standaard uitgangspunten van ProRail.

1. Uitgangspunten

1.1 Toetsingskader

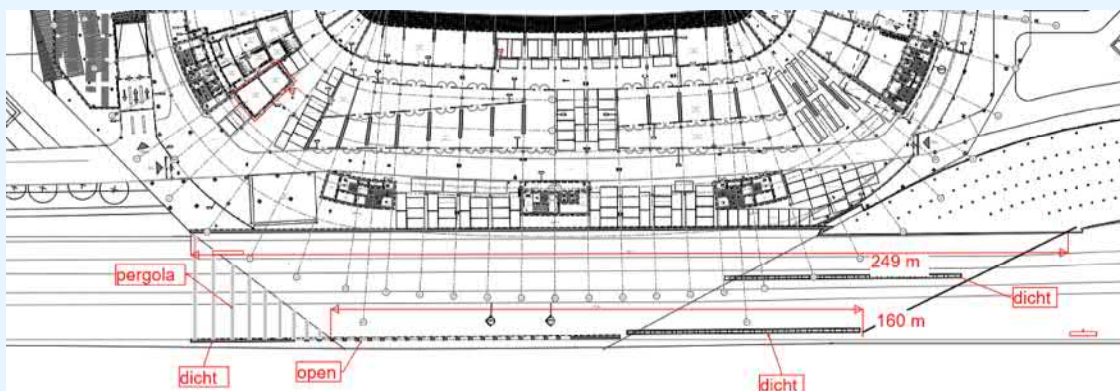
Wij baseren de analyse op het document "Beoordeling veilig vluchten bij brand in een spoortunnel - Uitgangspunten voor CFD- en ontruimingsberekeningen" van 23 oktober 2018 [1]. Eventuele afwijkingen of aanvullingen worden in dit document opgegeven.

1.2 Situatie

Het gesloten dek van de nieuwe spooroverkluizing sluit aan op het bestaande wegviaduct waardoor in de nieuwe situatie (nieuwe spooroverkluizing en bestaand viaduct) het spoor overdekt is over een lengte tussen:

- 249 meter aan de zijde van het voetbalstadion
- 160 meter aan de zijde van de Collosseumweg

In onderstaande figuur zijn de afmetingen van de overkluizing in een plattegrond weergegeven.



figuur 1: Afmetingen overkluizing.



figuur 2: Met een rood kruis is de ligging van de overkluizing gemarkeerd

2. ASET-RSET analyse

2.1 Plan van aanpak

In het plan van aanpak voor de analyse is de eerste stap het afstemmen van de uitgangspunten voor de berekeningen, voor zowel ASET als RSET, met ProRail en de brandpreventiecommissie Rotterdam. Beide partijen moeten de opzet goed keuren om zinvol door te kunnen gaan met het uitvoeren van de ASET-RSET analyse zelf. Het bevoegd gezag moet het resultaat immers accepteren dat invulling is gegeven aan de functionele eis voor veilig vluchten.

Voor de bepaling van ASET bepalen we als eerste de invloed van de wind op de condities onder de spooroverkluizing bij een mogelijke treinbrand, maar dan zonder de invloed van de brand mee te

nemen. In deze analyse nemen we de nabije omgeving binnen een straal van 300 meter mee. Uit de resultaten zal naar voren komen welke windrichting maatgevend is (d.w.z. de ongunstigste condities oplevert) op basis van de grootste lichtsnelheden/debieten in de dwarsrichting van de overkluizing. Gezien de complexiteit van de omgeving is dit moeilijk op voorhand in te schatten. Conform [1] hanteren wij als uitgangspunt de windsnelheid die 20% van de tijd overschreden wordt. Wij bepalen deze windsnelheid met de windstatistiek beschreven in de NPR 6097.¹ Vervolgens zullen wij de maatgevende brandlocatie bepalen aan de hand van deze berekeningen en voor akkoord met ProRail communiceren, alvorens over te gaan tot de brandsimulaties. De toetsing van de brandsimulaties aan de criteria in [1] levert op elke locatie onder de overkluizing de ASET.

De ontruimingsanalyse levert de RSET, die voor iedere locatie onder de spooroverkluizing aangeeft tot welk tijdstip nog reizigers over die locatie vluchten. Als op elke locatie de marge tussen ASET en RSET groot genoeg is, is de situatie veilig genoeg. Hieronder zijn nog even in tabelvorm de stappen opgesomd.

tabel 1: Plan van aanpak

Onderdeel	Terugkoppeling ProRail
Uitgangspuntendocument CFD-analyse en ASET/RSET analyse	Ja en ter akkoord
Windinvloed berekenen	Nee, maakt onderdeel uit van analyse DGMR
Worst-case brandlocatie bepalen	
Brandsimulaties	Ja na onderdeel 6 rapportage en conclusies
ASET-RSET analyse	
Integrale bevindingen en uitwerken rapport	

In deze stappen zullen we de brandweer meenemen.

2.2 Veiligheidsmarge

De benodigde veiligheidsmarge tussen ASET en RSET hangt, behalve van het gewenste veiligheidsniveau, af van de conservativiteit en de onzekerheid in de diverse onderdelen van ASET en RSET zelf.

- De mate waarin de gekozen scenario’s inclusief randvoorwaarden conservatief (aan de veilige kant) zijn gekozen.
- De modelonzekerheid, en de vraag of de vereenvoudigingen van de gekozen modellering de resultaten ‘neutraal’ beïnvloeden, conservatief zijn, of juist een te positief beeld geven.
- De onzekerheid in de invoerparameters.

DGMR zal, conform de richtlijn van ProRail, in de ASET-RSET voor de scenario’s met combinatie van ‘maatgevende’ parameters een marge van 1 minuut hanteren tussen ASET en RSET.

Bij de bespreking van de resultaten zal DGMR de waarde van de veiligheidsmarge onderbouwen via een analyse aan de hand van de hierboven genoemde factoren.

3. Bepaling van ASET

3.1 Keuze van model

Voor het vaststellen van de omstandigheden in de overkluizing in geval van een grote treinbrand is Computational Fluid Dynamics (CFD) een geschikte bepalingsmethode.

¹ De NPR 6097 maakt gebruik van 40 jaar KNMI-metgegevens van 51 KNMI-metstations. Met behulp van deze meetgegevens is een dataset gemaakt waarmee voor iedere locatie in Nederland de windstatistiek op 60 m hoogte bepaald kan worden. De statistiek wordt daarbij gecorrigeerd voor ruwheden in het landschap.

De beperkingen van een praktisch ontwerptraject stellen grenzen aan de tijd en middelen die beschikbaar zijn voor het analyseren met CFD van de grootschalige en complexe situatie die zich voordoet bij brand onder een overkluizing.

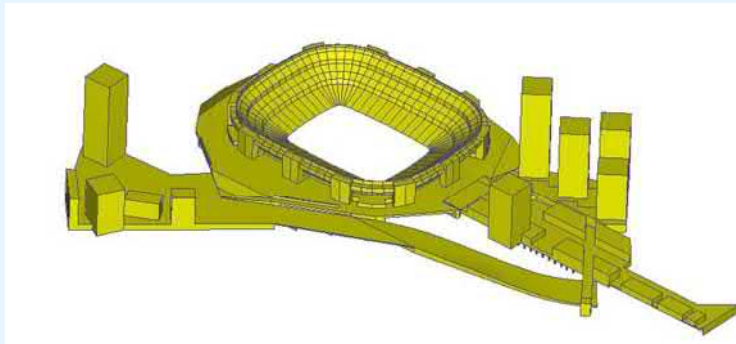
ProRail geeft in [1] aanwijzingen voor de praktische invulling van de CFD studie. Die maken het mogelijk om binnen een redelijke termijn resultaten te bereiken die voldoende betrouwbaar zijn voor een ASET-RSET analyse. Het is daarbij van belang te beseffen dat hierbij een aantal vereenvoudigingen is gehanteerd. Daardoor is de nauwkeurigheid van de resultaten beperkt, wat erop neerkomt dat we de onzekerheid in het resultaat hoog inschatten. Met dat gegeven houden we rekening door invoerparameters die niet in de richtlijn van ProRail zijn vastgelegd conservatief (aan de veilige kant) te kiezen.

3.2 CFD-onderzoek

Wij baseren de CFD analyses op de richtlijn van ProRail [1]. In dit hoofdstuk worden aanvullingen en eventuele afwijkingen aangegeven.

3.3 Modellen

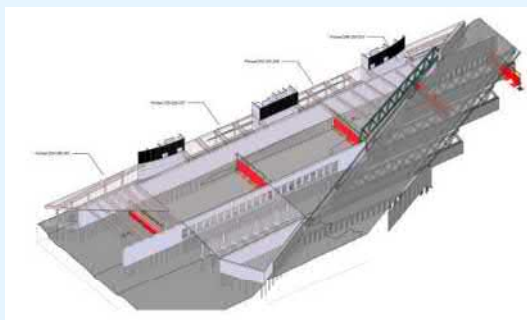
Voor de invloed van de wind is het van belang dat we een de omgeving van de overkluizing meenemen die overeenkomt met de stedenbouwkundige plannen en het project Feyenoord City, met minimaal een straal van 300 meter in het midden van de overkluizing. Aangezien de stedenbouwkundige plannen nog niet vastliggen en wellicht nog meerdere keren wijzigen in de toekomst stellen wij de volgende aanpak voor. Om de impact van een treinbrand te kunnen simuleren gaan wij voor de nabije omgeving uit van het model dat door RHDHV is gebruikt voor de beschouwing van een toxische wolk in Feyenoord City (referentie BE3499-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001) en het windonderzoek voor Feyenoord City. Het model hiervan is van 6 juni 2019.



figuur 3: Model van 6 juni 2019 van Feyenoord City

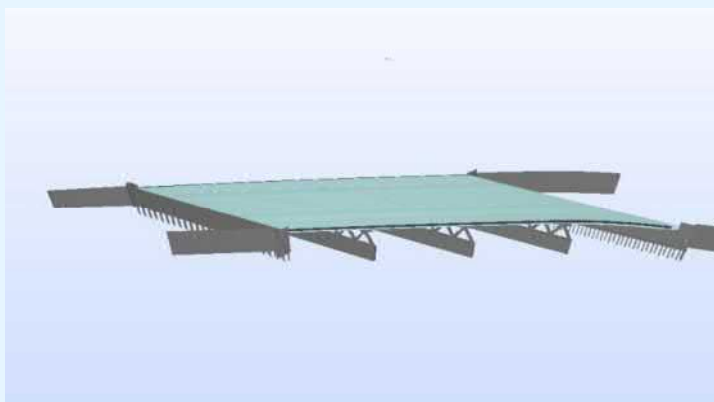
Wij stellen verder voor de uiteindelijke uitwerking van het gebied opnieuw te beoordelen. Bij grote afwijkingen van het uiteindelijke ontwerp van de nabije omgeving en twijfel over de impact op de simulaties op een treinbrand onder de overkluizing stellen wij dan eerst voor om de luchtsnelheden en debieten inzichtelijk te maken onder de overkluizing. Op basis daarvan en de resultaten van de brandscenario's kunnen wij dan inschatten of er verder onderzoek noodzakelijk is. Zolang er op of in dichtere nabijheid van de overkluizing geen *aanvullende* hoogbouw wordt ontwikkeld dan in bovenstaand model, verwachten wij dat met dit model een goed beeld kan worden verkregen van de impact van een treinbrand in relatie tot veilig vluchten.

Voor de overkluizing is het belangrijk dat de openingen, de vrije hoogten van de tunnel, constructie elementen aan het plafond, de openingen van de spoorzijde naar de Colosseumweg en de positie van de trein goed overeenkomt. Hieronder zien wij het constructiemodel dat wij aanhouden voor het opstellen van het CFD-model.



figuur 4: Constructiemodel van de spooroverkluizing (RHDHV)

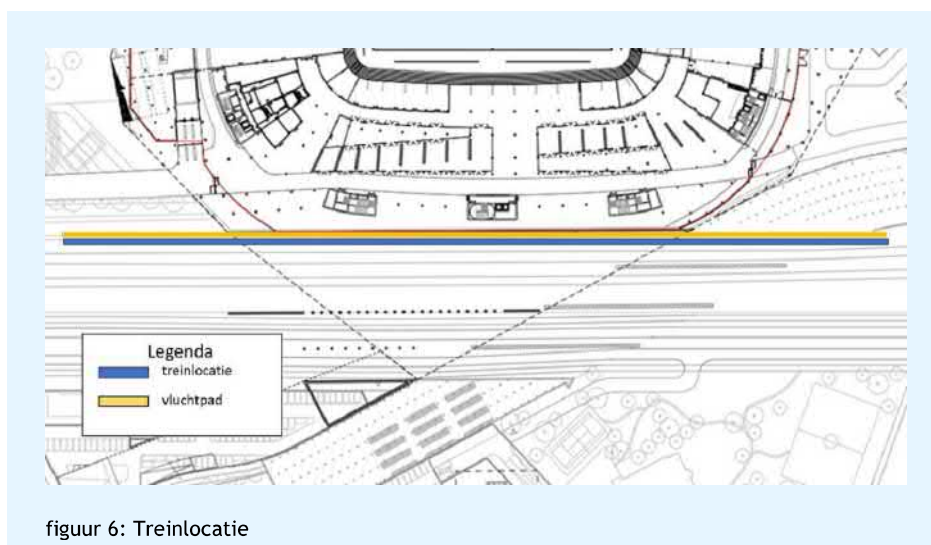
Tevens wordt het model van het viaduct van Feyenoord City gebruikt voor het modeleren van het viaduct in het model.



figuur 5: Constructiemodel van het viaduct

3.4 Treinlocatie

Voor de treinlocatie stellen wij voor de trein op het dichtstbijzijnde spoor te plaatsen van de lange zijde van de overkluizing (zijde stadion). Wij voorzien voor de ontvluchting hier de meest lastige situatie ten tijde van een brand. Enerzijds vanwege de beslotenheid van het pad tussen de trein en de wand tussen het spoor en stadion, en anderzijds vanwege de meeste kans op opmenging van de rook door de wind en daardoor beperkt zicht. Mogelijk dat de windberekeningen hier nog een ander zicht op geven, waardoor de treinlocatie moet worden aangepast.



figuur 6: Treinlocatie

3.5 Brandlocatie

De brandlocatie wordt bepaald aan de hand van de berekeningen van de windinvloed onder de overkluizing. Op voorhand is dit moeilijk te voorspellen.

3.6 Brandverloop in de tijd

Een belangrijk uitgangspunt opgegeven door ProRail is een tweetal brandcurven die het verloop van het vrijkomend vermogen als functie van de tijd vastleggen: De maatgevende curve met 'medium' groeisnelheid, en de maximale curve met 'fast' groeisnelheid, beide begrensd op 40 MW.

Op het moment dat het vermogen begint te groeien ($t = -90$ s)² staat de trein stil onder de overkluizing, en is er geen invloed (meer) van de rijwind ten gevolge van de bewegende trein. De twee vermogenscurven betreffen volgens ProRail 'paraplucurves' en omvatten meerdere brandscenario's (brand in rijtuig, brand in motorwagen, enzovoorts).

DGMR zal de ASET analyse baseren op de opgegeven vermogenscurven, maar tekent daarbij als aandachtspunt aan dat kwadratische groei past bij een groeiende plaatselijke brand; een dergelijke ontwikkeling in de besloten omgeving van een treinrijtuig is maar over een beperkte tijd goed voorstelbaar, omdat in een besloten rijtuig bij een vermogen tussen 5 en 10 MW flashover zal ontstaan, waarna het vermogen zich stabiliseert op de maximale waarde bepaald door aard en oppervlakte van brandbare objecten en van de afmetingen en plaats van openingen in de omhulling van het rijtuig. DGMR zal het effect hiervan meenemen in de gevoeligheidsanalyse.

DGMR zal in de verdere uitwerking een tijdslijn opstellen die past bij de door ProRail voorgestelde brandcurven, waarbij eerst alleen de deuren open staan en op enig moment daarna alle ramen bezwijken. Zie ook figuur 7.

² Op verzoek van de Veiligheidsregio Rotterdam hanteren we $t = 0$ als start ontruiming. Dit is het moment dat in het rijtuig waar de brand is begonnen de reizigers starten met de ontruiming. Volgens het standaardscenario van ProRail zit er 90 seconden tussen dit moment en het begin van de kwadratische curve.

Het via de geselecteerde curve opgelegde vermogen als functie van de tijd wordt in het model opgelegd door ter plaatse van de deur- en raamopeningen in het brandende rijtuig hete lucht de overkluizing in te laten stromen waarvan de luchtsnelheid en de temperatuur zo gekozen zijn dat ze samen het gewenste vermogen opleveren.

In eerste instantie worden de ramen dicht verondersteld, het vermogen wordt in die fase uitsluitend via de deuropeningen ingebracht. Als het vermogen groter wordt, zal door de hoge temperatuur de beglazing wegvallen, en zal het vermogen ook via de ramen vrijkomen. Wij gebruiken onze expertise en ervaring voor het bepalen van de juiste snelheid en temperatuur in de openingen.

3.7 Overige randvoorwaarden

De roetproductie is een onzekere factor die in de gevoeligheidsanalyse gevarieerd kan worden. Om onnodig extra scenario's door te rekenen stellen we voor om een roetproductie aan te houden die twee keer zo groot is als de in [1] voorgeschreven roetproductie.

3.8 Submodellen CFD

Voor de rookmodellering gaan wij uit van de definitie als rookgassen met ingemengde lucht. De rookproductie is een vaste fractie van de snelheid van massaverlies aan brandstof. De verspreiding van rook zal worden gemodelleerd met een extra transportvergelijking voor de massafractie rook. Er wordt geen verbrandingsmodel gebruikt.

De stralingsflux wordt bepaald met het stralingsmodel “discrete transfer” (“grijze” straling). Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van het SST- ω turbulentiemodel. De CFD-analyse wordt uitgevoerd met het software pakket CFX van Ansys (versie 19.1).

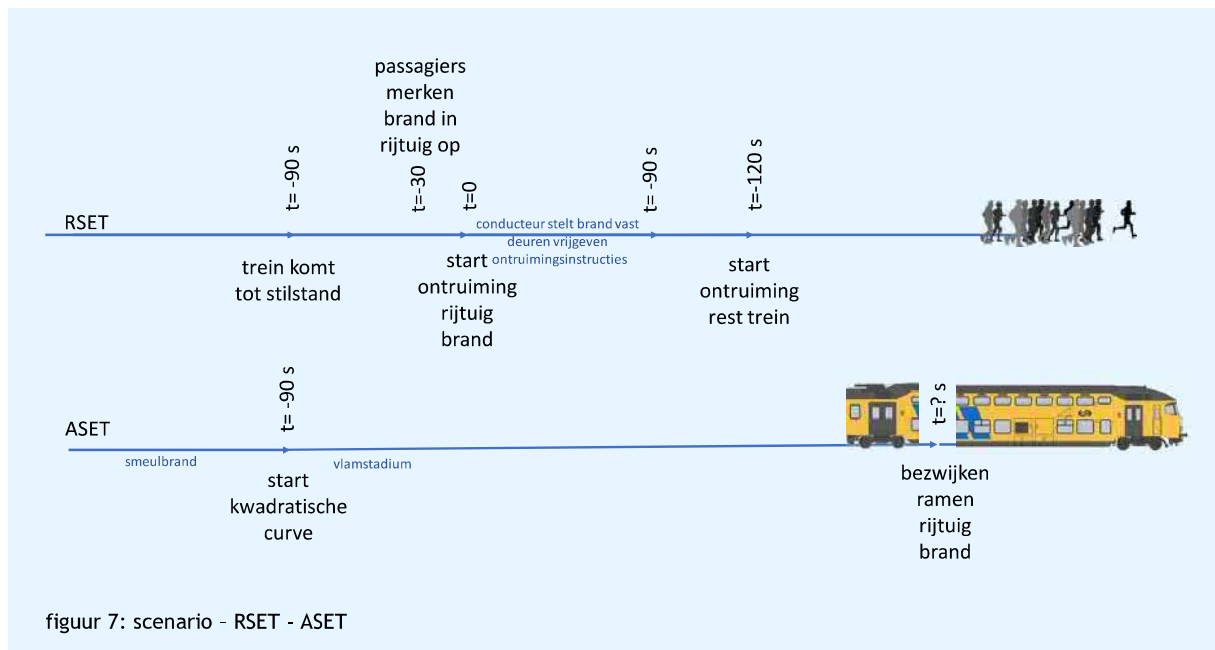
4. RSET analyse

4.1 Scenario

Het vluchten start één minuut nadat de brand het vlamstadium bereikt en de kwadratische groei van het vermogen begint. Dit is te verklaren via onderstaande chronologische opeenvolging van gebeurtenissen als hieronder beschreven.

- De ontsteking vindt plaats ergens vóór de trein de overkluizing in rijdt.
- De ontsteking leidt in eerste instantie tot een smeulende brand, waaruit veel rook vrijkomt, maar vrijwel geen vermogen.
- De brand gaat over van het smeulstadium naar het vlamstadium, de kwadratische vermogenscurve start. Dit is het tijdstip $t = -90$ s.
- De trein komt onvrijwillig tot stilstand³.
- Reizigers in het brandende rijtuig merken de brand op, $t = -30$ s. Reizigers in het brandende rijtuig verlaten de trein via de deuren op de balkons van het eigen rijtuig, $t = 0$ s.
- De conducteur checkt of er inderdaad brand is, en meldt dit aan de bestuurder.
- De bestuurder geeft de deuren vrij aan de zijde van het stadion, personeel geeft ontruimingsinstructie, $t = 0 - 90$ s.
- De reizigers in de rest van de trein verlaten de trein, $t = 120$ s.

³ Als de trein stopt als gevolg van het trekken aan de handrem is er door de machinist afgeweken van de procedures en is de noodrem niet overbrugd en gestopt onder de overkluizing. Dit maakt ook dat de waarschijnlijkheid dat het incident zich daadwerkelijk ontvouwt als buitengewoon laag moet worden ingeschat.



4.2 Vluchtconcept

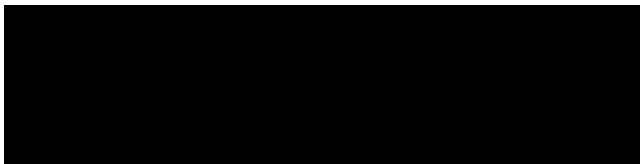
Belangrijke uitgangspunten voor de berekening van RSET zijn de volgende:

- De trein komt tot stilstand onder de overkluizing, op het eerste spoor naast de dichte wand van het stadion.
- De brand bevindt zich in het eerste rijtuig achter de bestuurder. De trein rijdt in westelijke richting en stopt op een zodanige plet dat de bestuurder net onder de overkluizing uit is. Het brandende rijtuig bevindt zich net nog in de overkluizing, de overkluizing wordt gevuld met overige rijtuigen.
- Het aantal reizigers wordt bepaald aan de hand van de volgende kentallen:
 - De trein bestaat uit 12 bakken van 27 m lang (er staan er 8 onder de overkluizing, de rest in de open lucht en worden niet gehinderd door de zijwand van de overkluizing).
 - Elke bak bevat 92 zitplaatsen. De trein heeft dus 1104 zitplaatsen.
 - De maatgevende treinbezetting komt overeen met 100% van alle zitplaatsen bezet (1104 personen)
 - De worst case bezetting komt overeen met 150% van het aantal zitplaatsen (1656 personen, waarvan 1104 onder de overkluizing)

Het ontruimingsverloop van beide bezettingen wordt in kaart gebracht en geanalyseerd.

- De reizigers vluchten na uitstappen zo snel mogelijk naar het looppad aan de uitstapzijde van de trein. Van daaraf vluchten ze in de richting van het brandende rijtuig af.
 - Noot: in eerste instantie zal alleen koude, later steeds warmere rook via de deuropeningen het brandende rijtuig verlaten. Zolang de temperatuur en de rookdichtheid laag genoeg zijn kunnen reizigers nog via die deuren vluchten.
 - Na 'lokale flashover' zullen vlammen uit het rijtuig slaan via de deuropeningen en de raamopeningen waaruit inmiddels de beglazing is weggevalen of -gebroken. Vanaf dat moment vormen ook de uitslaande vlammen een bedreiging voor het vluchten in de overkluizing.

- De snelheid waarmee reizigers de rijtuigen verlaten, wordt sterk geremd door het hoogteverschil tussen het balkon en het ballastbed van het spoor. Hoe lang een reiziger daarvoor nodig heeft hangt af van zijn/haar lichamelijke gesteldheid en van de hulp die medereizigers betonen.
- Voor de berekeningen baseren we ons in de eerste plaats op gegevens van een studie van Norén en Winér uit 2003 [2] over de doorstroomsnelheid bij het uitstappen van treinen bij klein en groot te overbruggen hoogteverschil, en over de loopsnelheid over een evacuatiepad. Een gemiddelde doorstroomsnelheid van 0,25 p/s per uitgang, ongeacht de deurbreedte, lijkt een redelijke (conservatieve) keuze bij een verticale afstand van 0,8 m en een reizigerspopulatie met een representatieve samenstelling van leeftijden en mobiliteit. Voor de 'ongehinderde loopsnelheid' over een effen looppad is 1,2 - 1,6 m/s gemeten. ProRail houdt hiervoor 1 m/s aan. We gaan conform de richtlijn van ProRail uit van een doorstroming die bij lage personendichtheid wordt beperkt door een **maximale loopsnelheid van 1 m/s**; bij hoge dichtheid wordt de doorstroming beperkt door een **doorstroomcapaciteit van 1,5 p/s/m** vrije breedte van het looppad. Bij een bezetting van 4 personen/m² komt dit laatste erop neer dat de loopsnelheid wordt beperkt tot 0,37 m/s (onderbouwing volgt in eindrapport)
- Voor de maximale loopsnelheid over een ballastbed zijn vooralsnog geen bruikbare gegevens gevonden. We houden daarvoor 0,5 m/s aan.



ing. [REDACTED]
DGMR Bouw B.V.

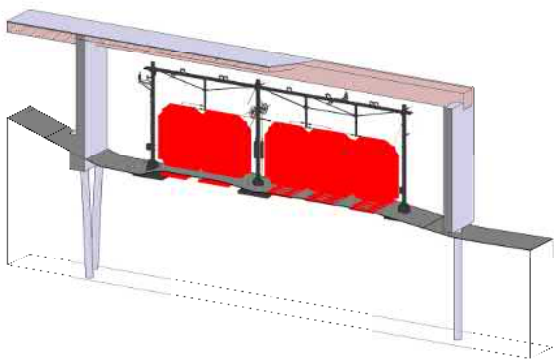
Bijlage 1 - Referentielijst

Referentielijst

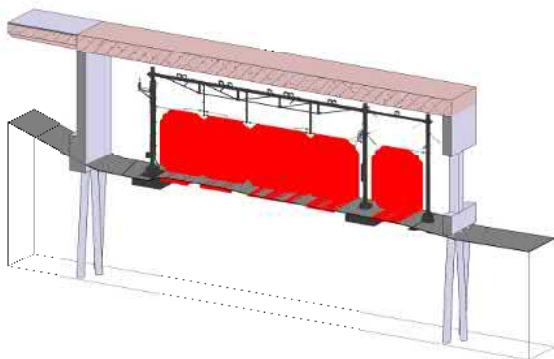
- [1] ProRail, “Beoordeling veilig vluchten bij brand in een spoortunnel- Uitgangspunten voor CFD- en ontruimingsberekeningen”, T20150154-726056614-786, 2018.
- [2] Anders Norén Joel Winér , “Modelling Crowd Evacuation from Road and Train Tunnels - Data and design for faster Evacuations, Report 5127, Lund, 2003

Bijlage 2: Gegevens voor het modelleren van de overkluizing en de trein

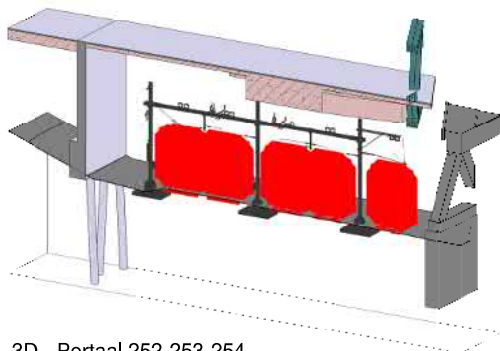




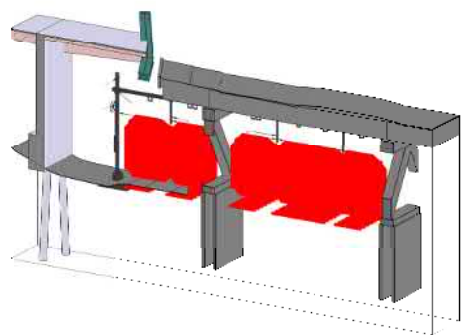
3D - Portaal 259-260-261



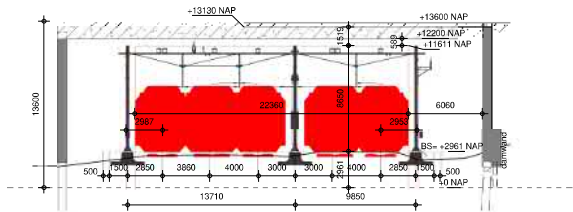
3D - Portaal 255-256-257



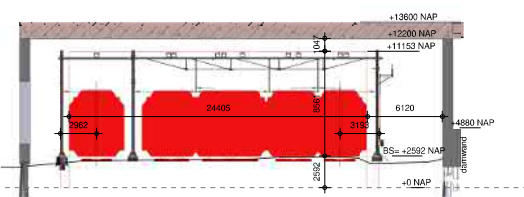
3D - Portaal 252-253-254



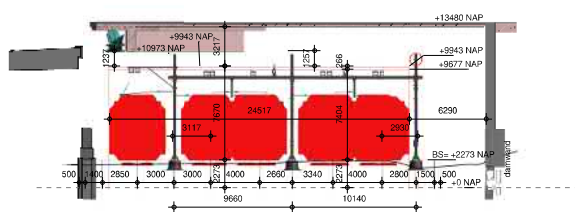
3D - Portaal 249-250-251



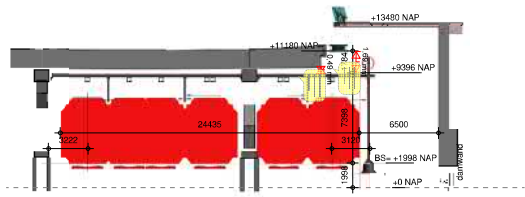
Portaal 259-260-261



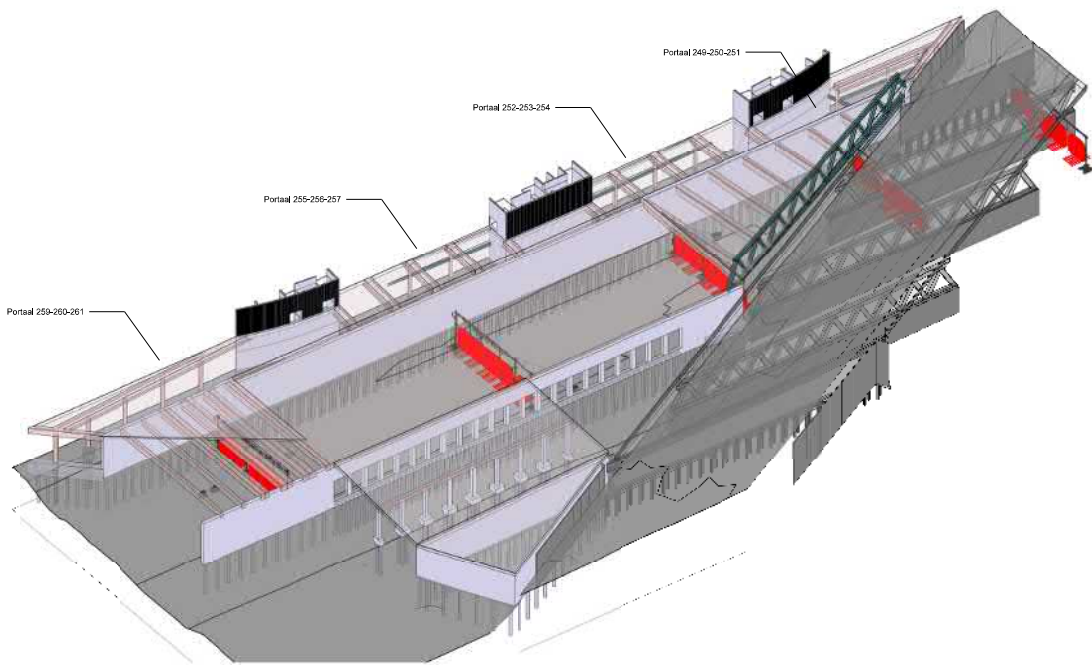
Portaal 255-256-257



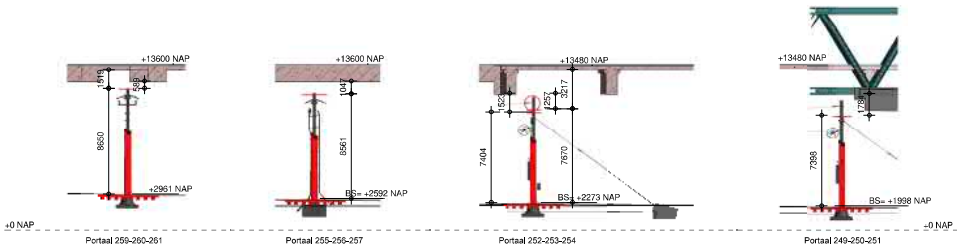
Portaal 252-253-254



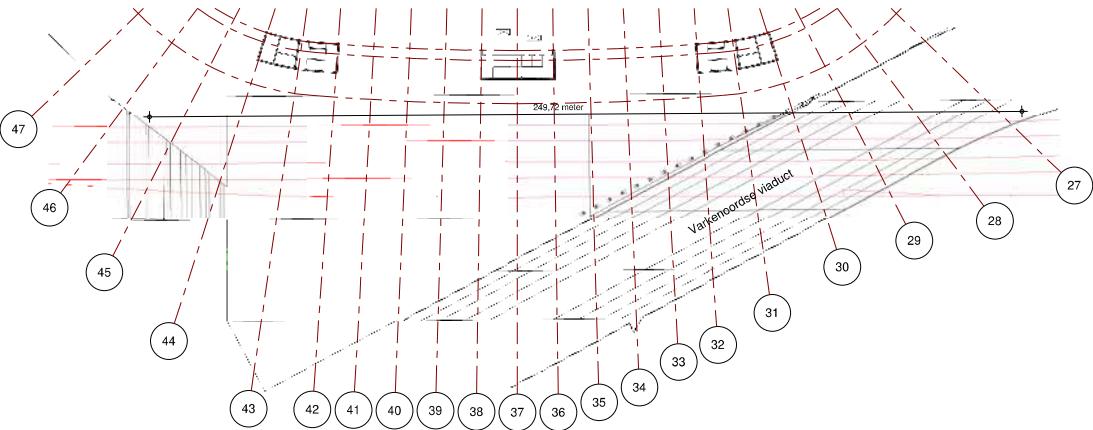
Portaal 249-250-251



3D - Portalen Overview



Langsdoorsneden Portalen



Bovenaanzicht spooroverbouw

Projectgegevens		Projectgegevens	
Projectnaam	Nieuw Stadion Feyenoord	Projectnummer	FEY-RD-00-ZZ-SR-S-2000-5012
Opdrachtgever	Construcon	Ontwerper	Definitief Ontwerp
Ontwerper	Definitief Ontwerp	Scale	1:200
Project	BF3459	Bladzijde	A3
Projectgegevens		Projectgegevens	
Projectnaam	Nieuw Stadion Feyenoord	Projectnummer	FEY-RD-00-ZZ-SR-S-2000-5012
Opdrachtgever	Construcon	Ontwerper	Definitief Ontwerp
Ontwerper	Definitief Ontwerp	Scale	1:200
Project	BF3459	Bladzijde	A3

Bijlage 3: Numeriek inlegvel windberekeningen

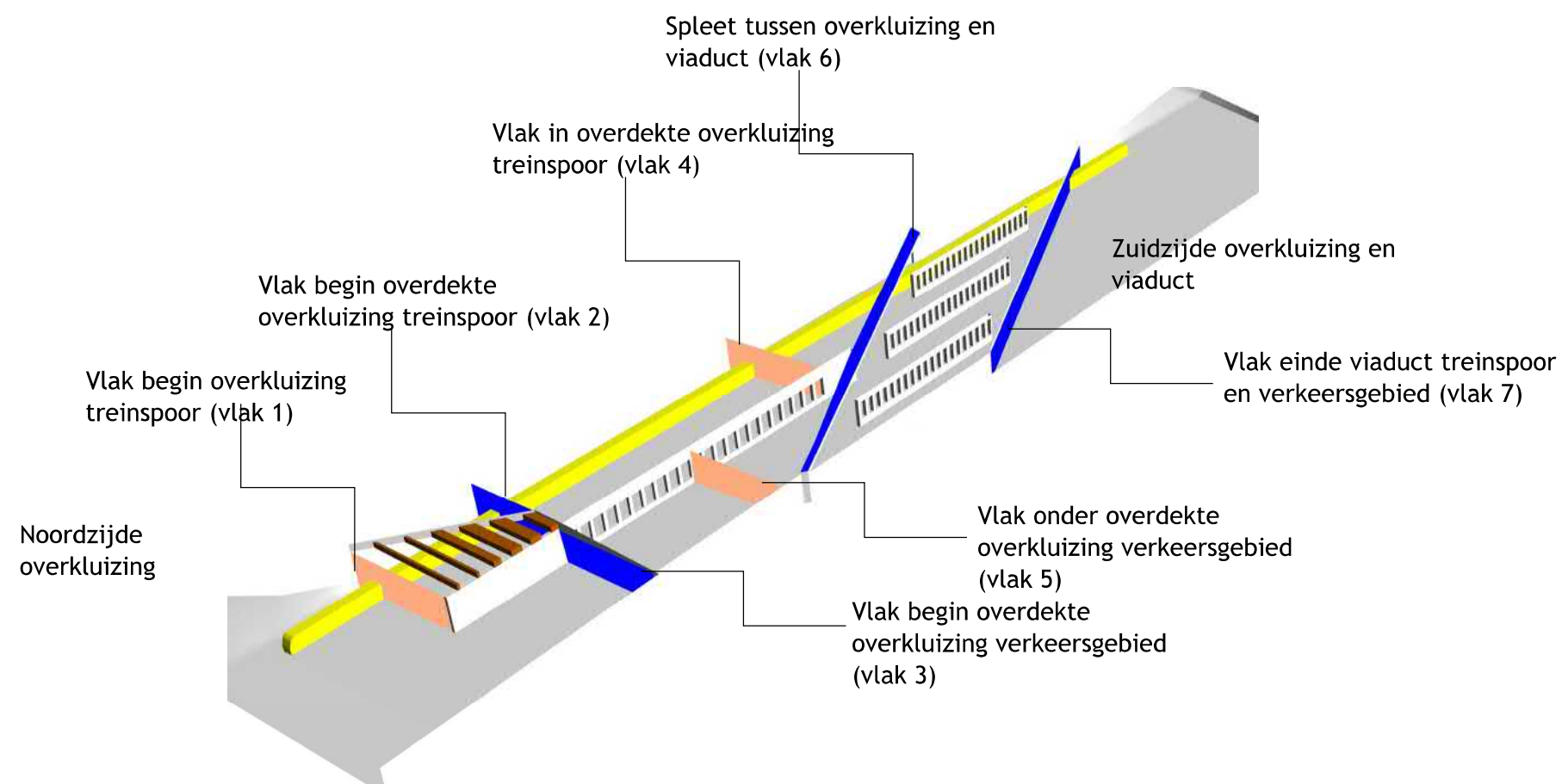
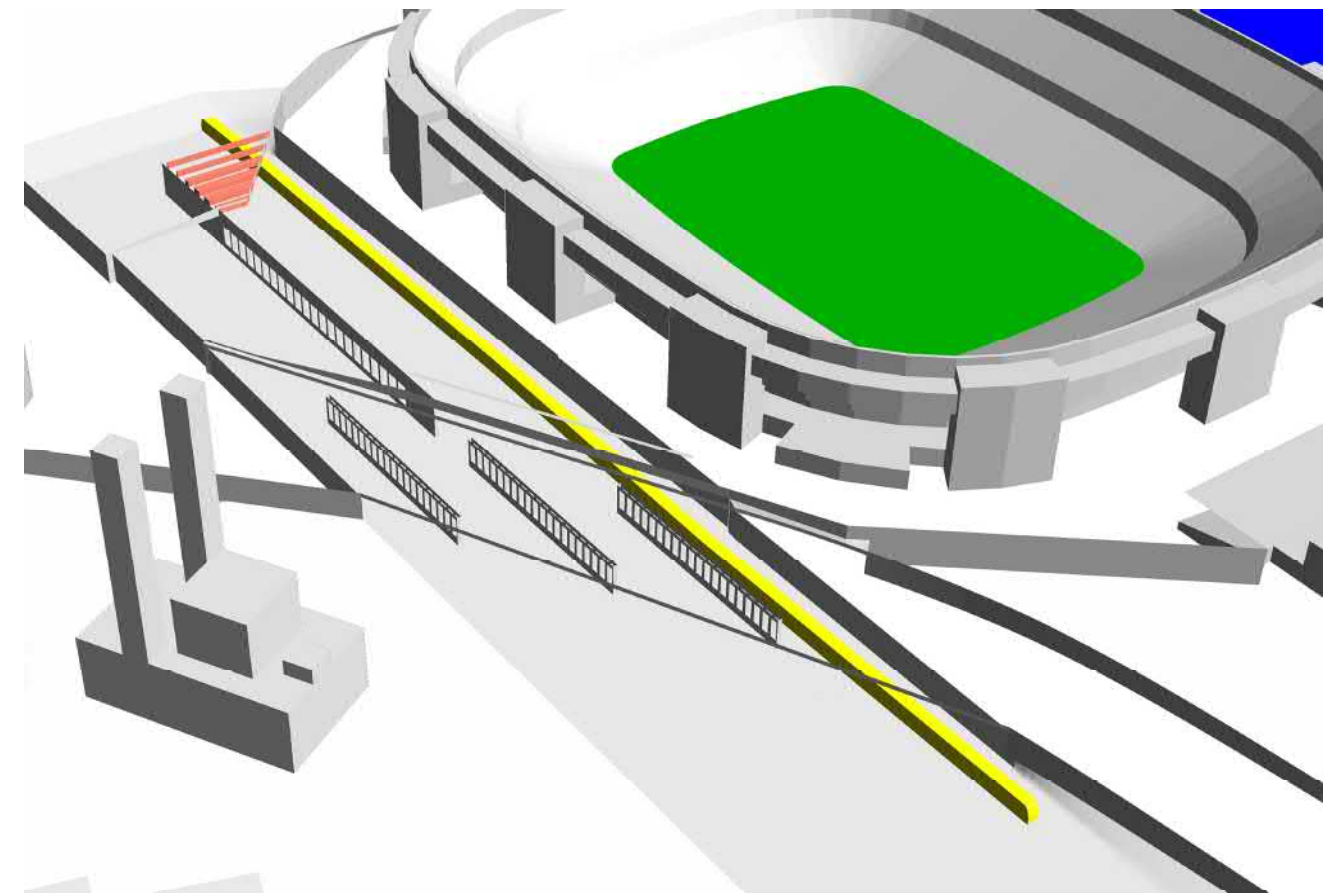
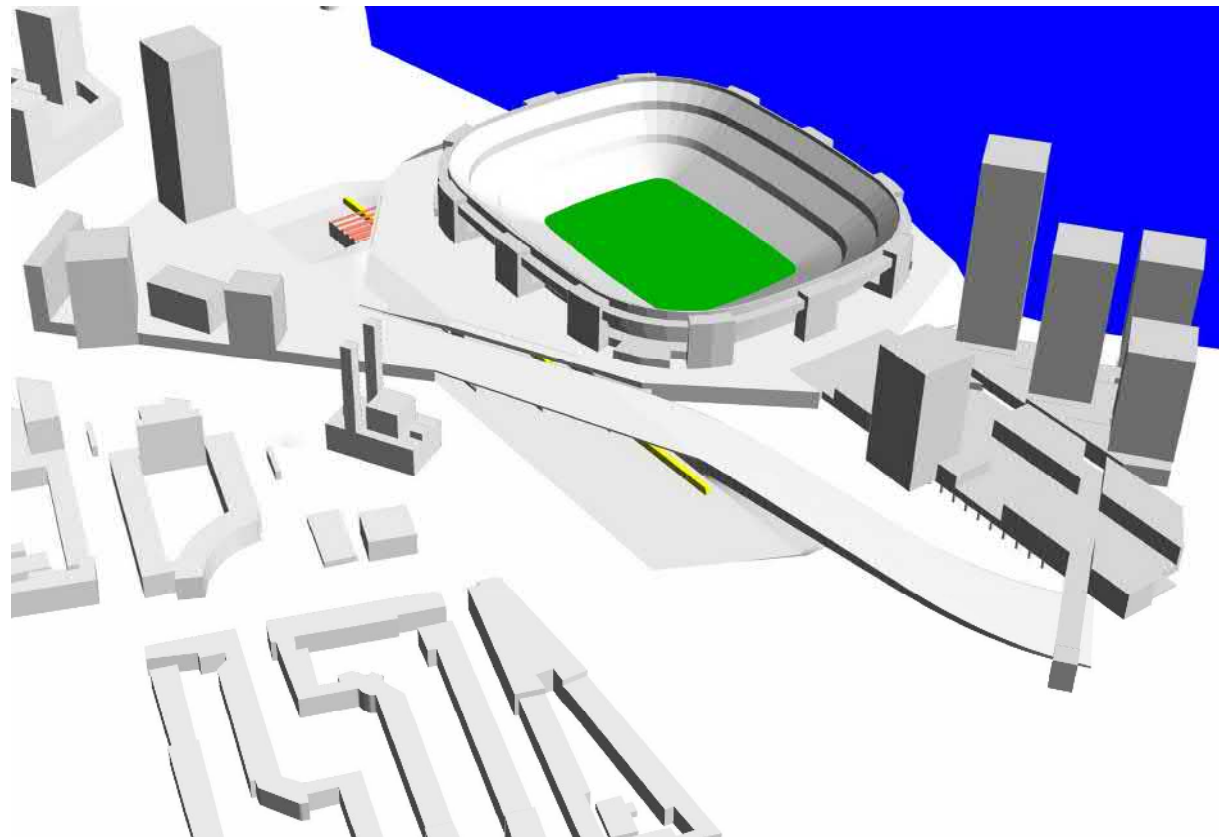


Project	Projectgegevens
Projectnaam	Feyenoord City
Opdrachtgever	Nieuw Stadion B.V.
Projectleider	Ir. ██████████
Datum	Aug 2020
Model	
Omvang gemodelleerd gebied	Een straal van 300 meter rondom het projectgebied
Kerngebied	Feyenoord City
Omgeving	Feyenoord City
Afmetingen model	$\pi r^2 h$ met straal van ca. 1.8 km en een hoogte van 500 meter
Blokkeringsgraad	<5%
Gemodelleerd groen	Nee
Onderzochte brandscenario's	12 (elke richting representeert één windsector van 30 graden)
Onderzochte configuratie	De overkluizing en het aangrenzende viaduct in een omgevingsmodel van RHDV van 6 juni 2019
Computerinstellingen	
Programmatuur	Ansys CFX v19.2, FVM (eindige volume methode)
Algemeen	Drie-dimensionaal, tijdsafhankelijk, isothermisch
Rekenrooster	Ca. 23 miljoen cellen (multizone model, in de overkluizing op de relevante gebieden gemaakt van een hexa model, prisma-tetra model op de overige gebieden waarbij de prisma's zijn gebruikt voor de grenslaagmodellering)
Turbulentiemodellering	RNG k-e turbulentiemodel
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: High Resolution (second order UPWIND) Turbulente grootheden: High Resolution (second order UPWIND) Scalaire grootheden: High Resolution (second order UPWIND)
Randvoorwaarden	
Instroomprofiel	Logaritmisch windprofiel (Richard & Hoxey)
Uitlaat	Ongedwongen (geen drukverschil)
Grond buiten gemodelleerde omgeving	Ruwheidslengte $z_0 = 1$ meter voor stedelijk gebied
Gebouwen	Lokale ruwheid van 0.01 meter
Gegevensbewerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat
Amersfoortse coördinaten	X=95536 Y=434781
Beoordeling	Bepalen maatgevende windrichting brandscenario
Gepresenteerde resultaten	Rapport: plots van snelheden en turbulentiegrootheden

Bijlage 4: Resultaten windberekeningen



Model

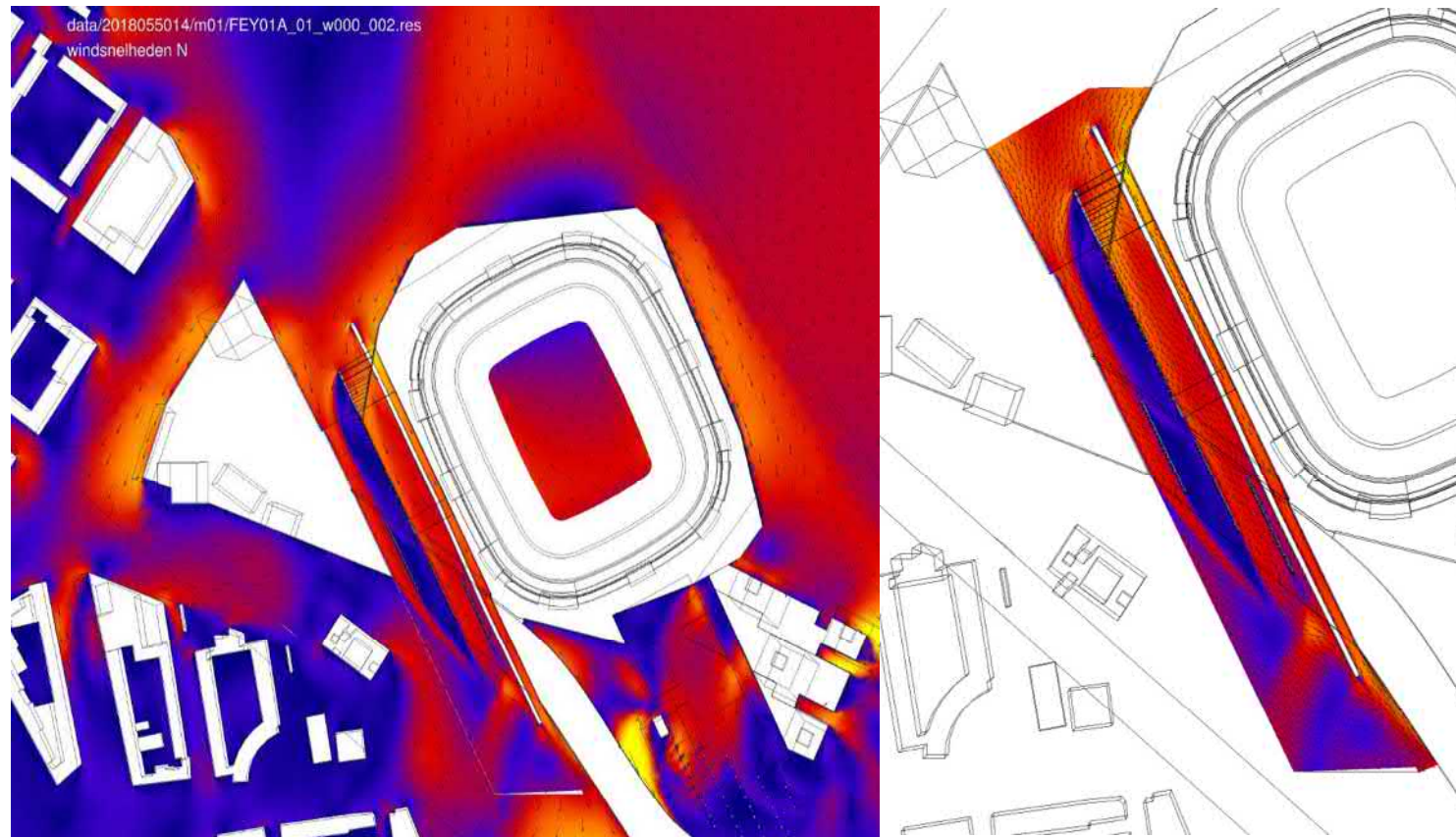


Presentatie resultaten doorsneden

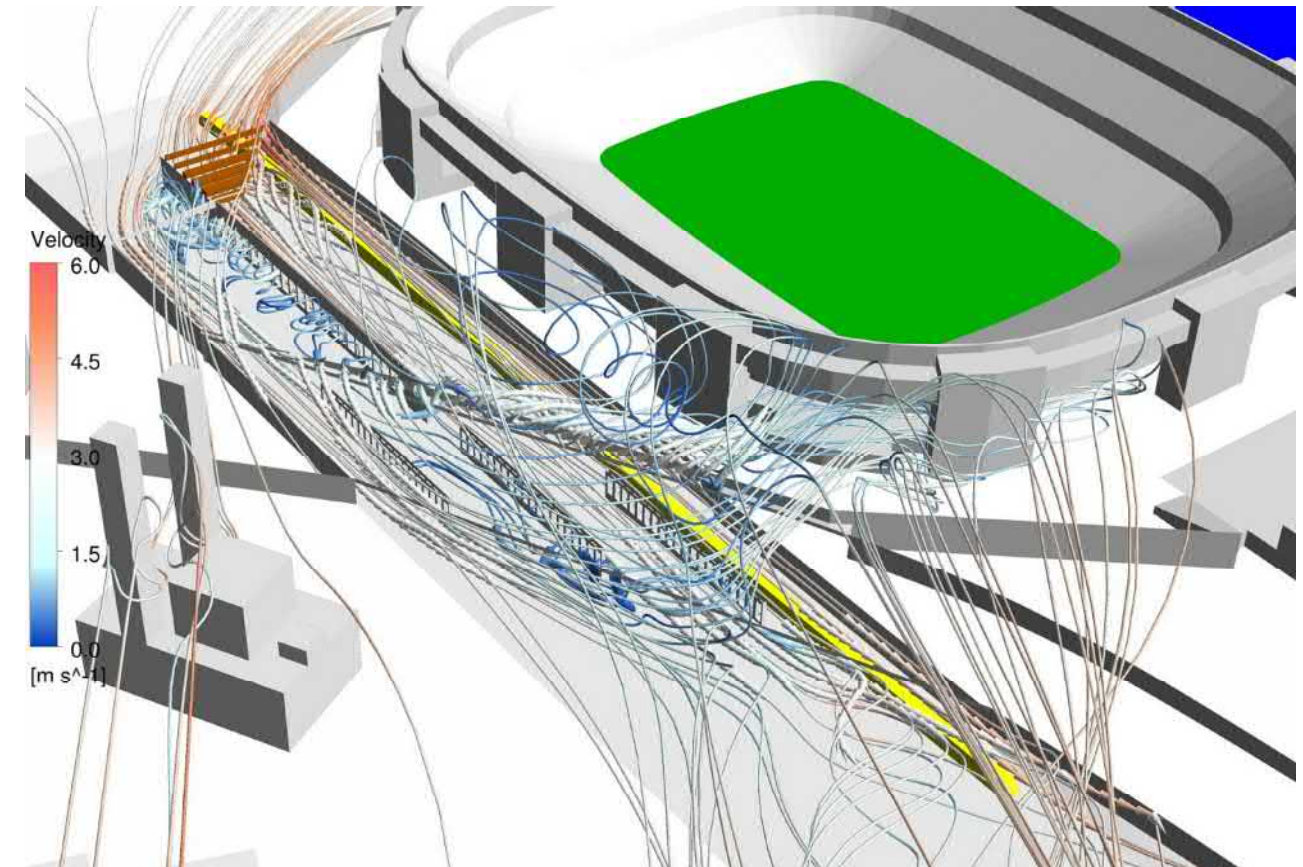
Op alle genummerde vlakken behalve de spleet tussen het viaduct en de overkluizing zijn de visualisaties gepresenteerd per windrichting. Voor de blauwe vlakken geldt dat de debieten en de gemiddelde snelheden zijn weggeschreven per windrichting.

Doel is te bepalen welke windcondities worst case zijn voor het scenario van de treinbrand en waar de brandlocatie kan worden gesitueerd.

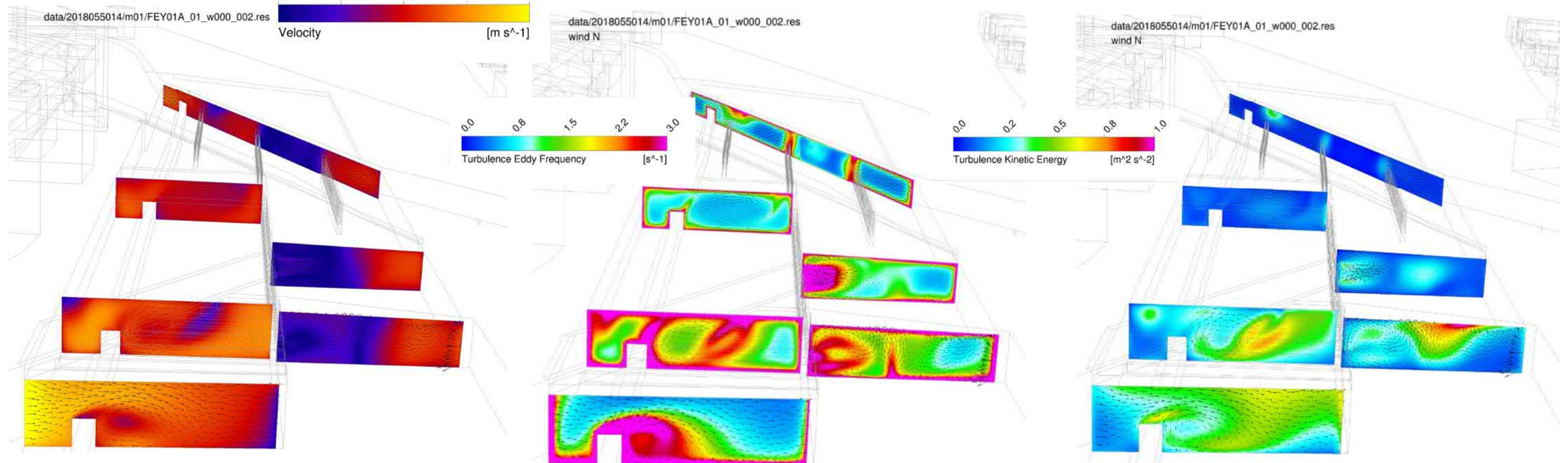
Resultaten wind N



Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen

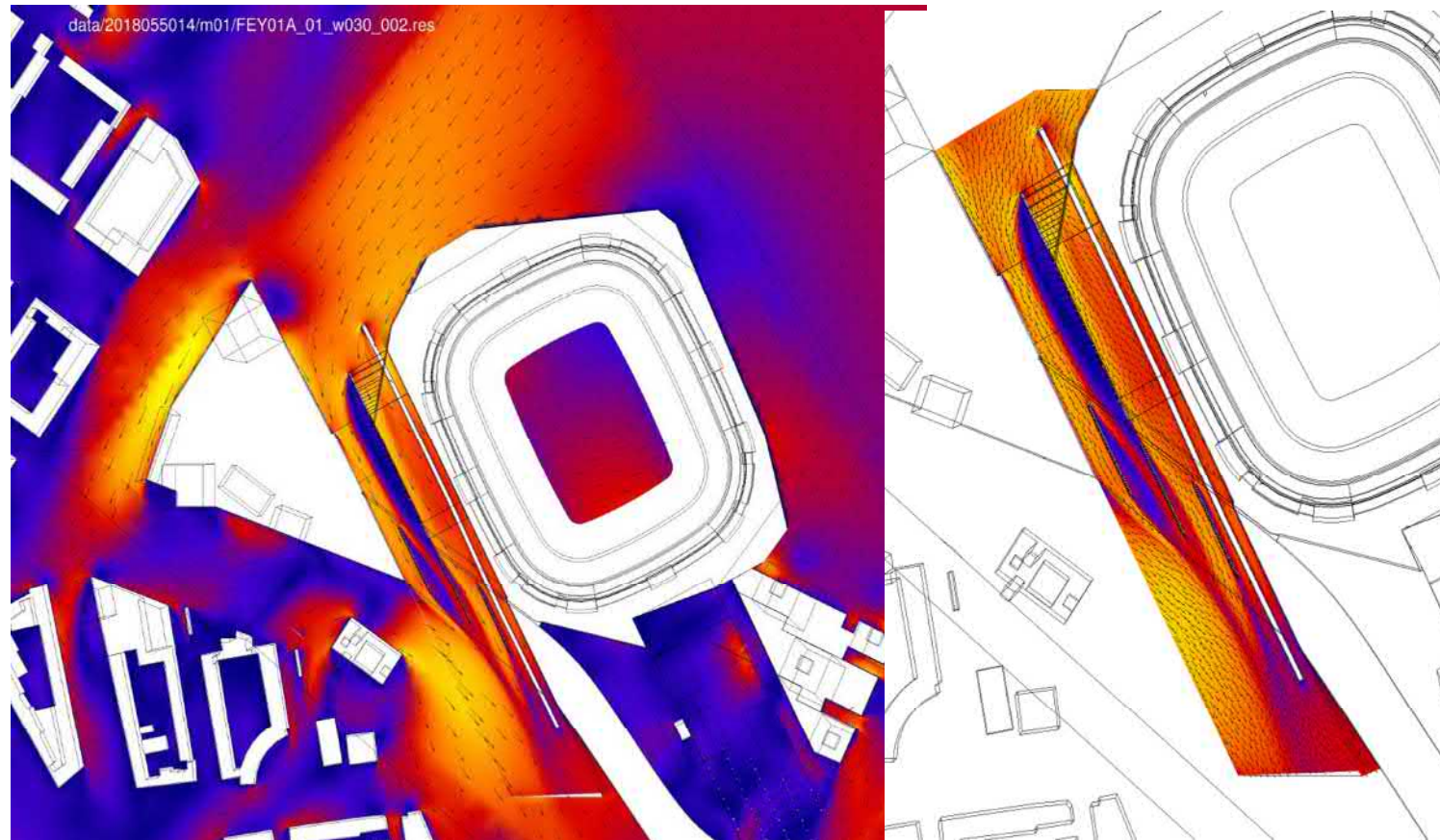


Verticale doorsneden met de luchtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

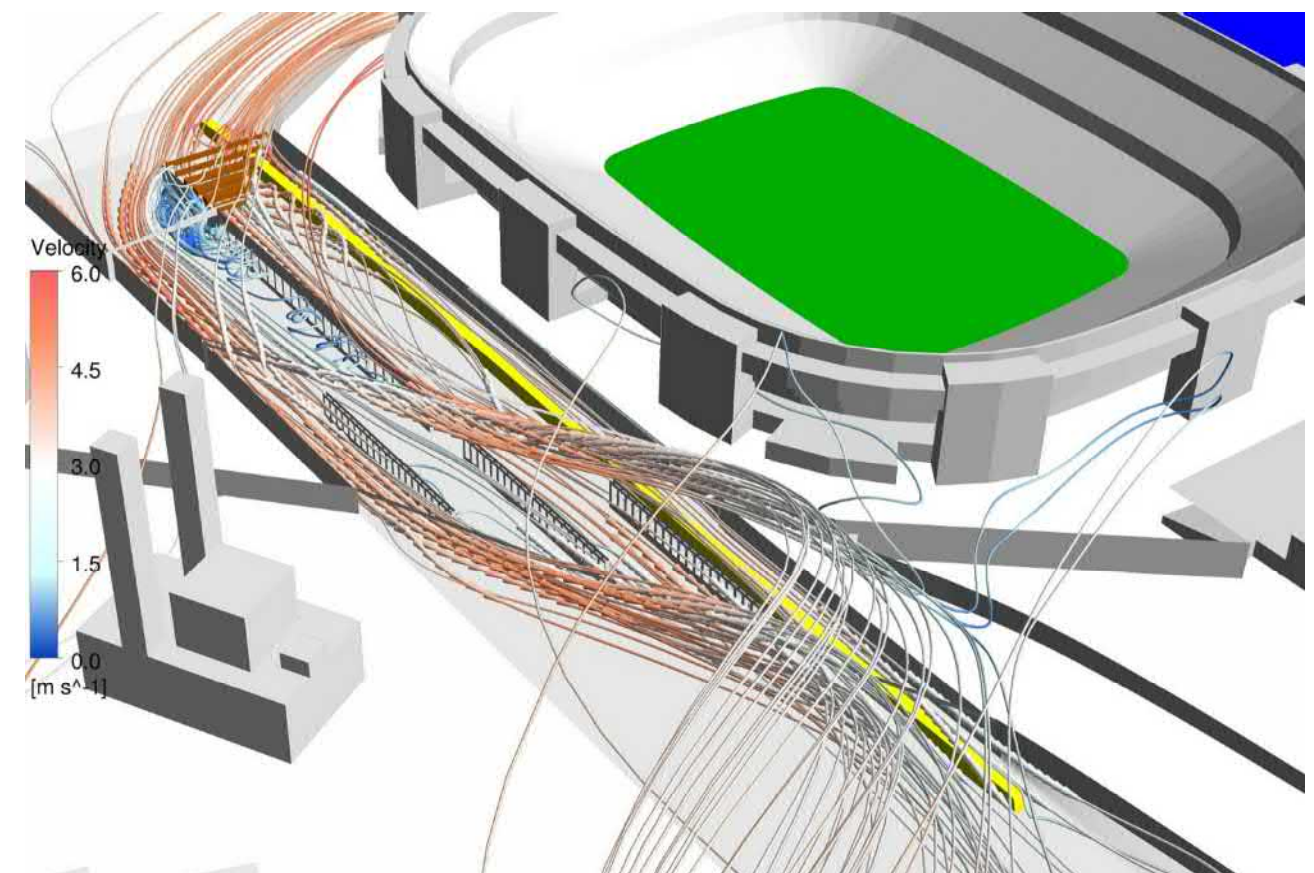
Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

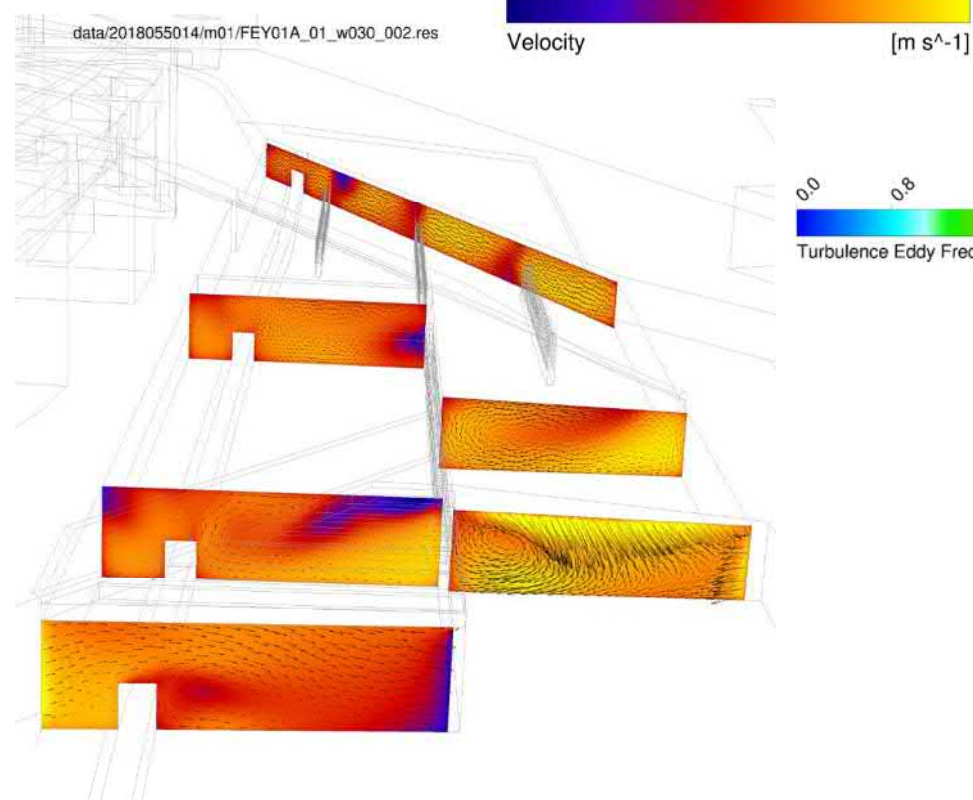
Resultaten wind NNO



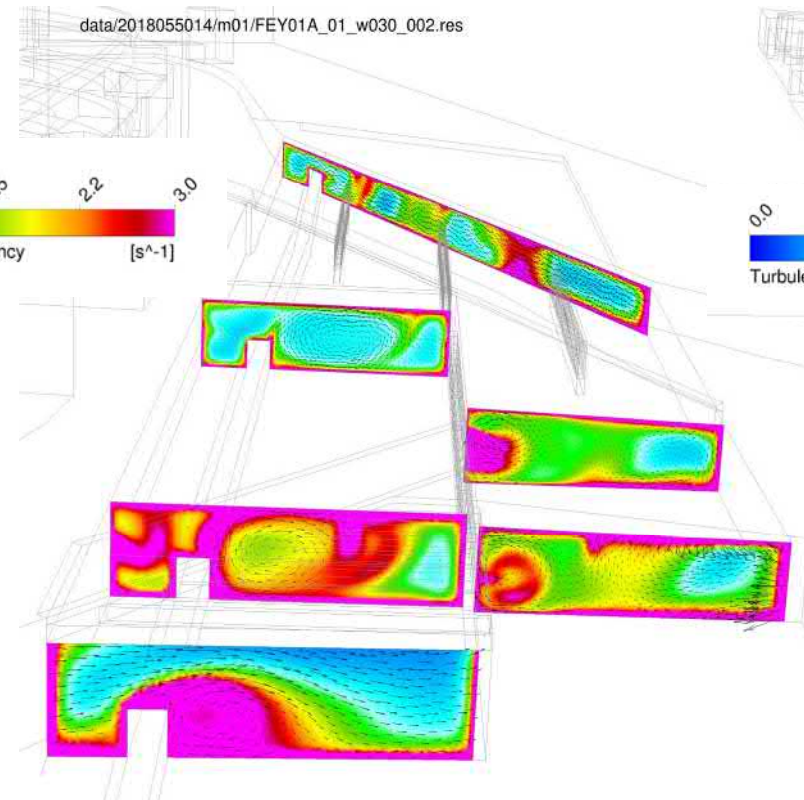
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



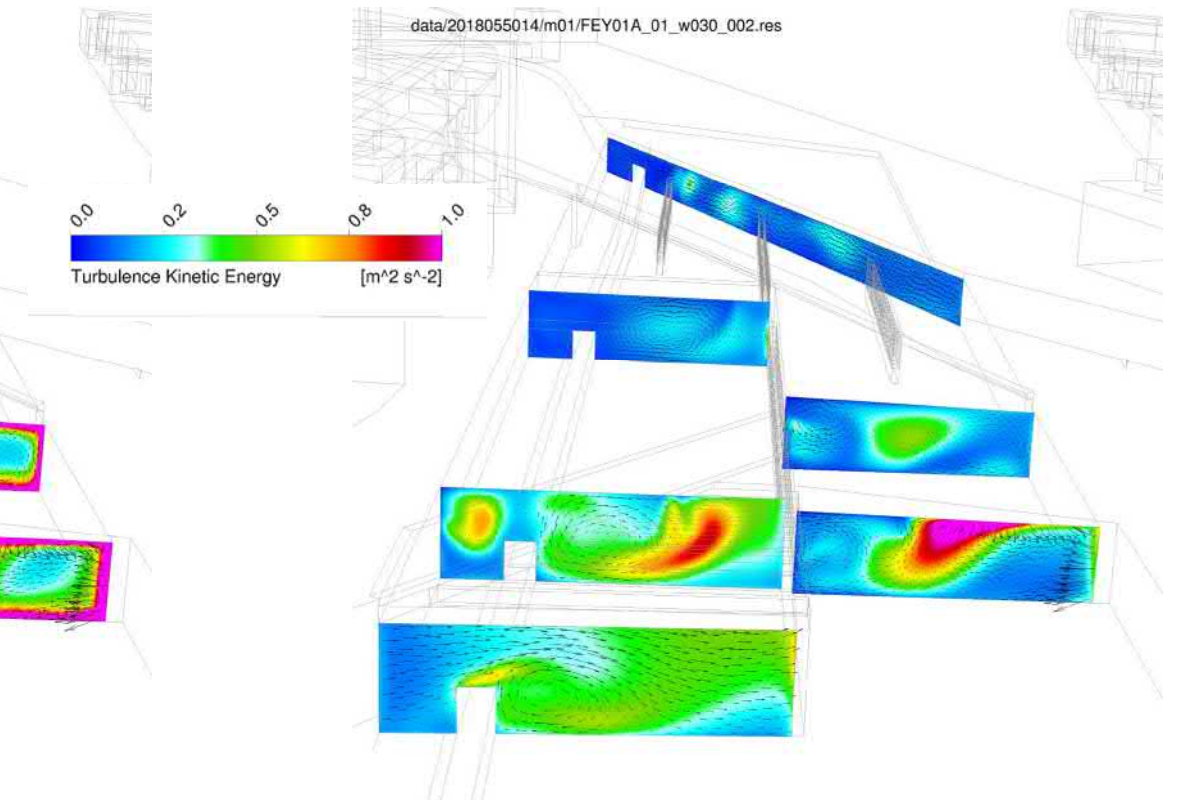
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

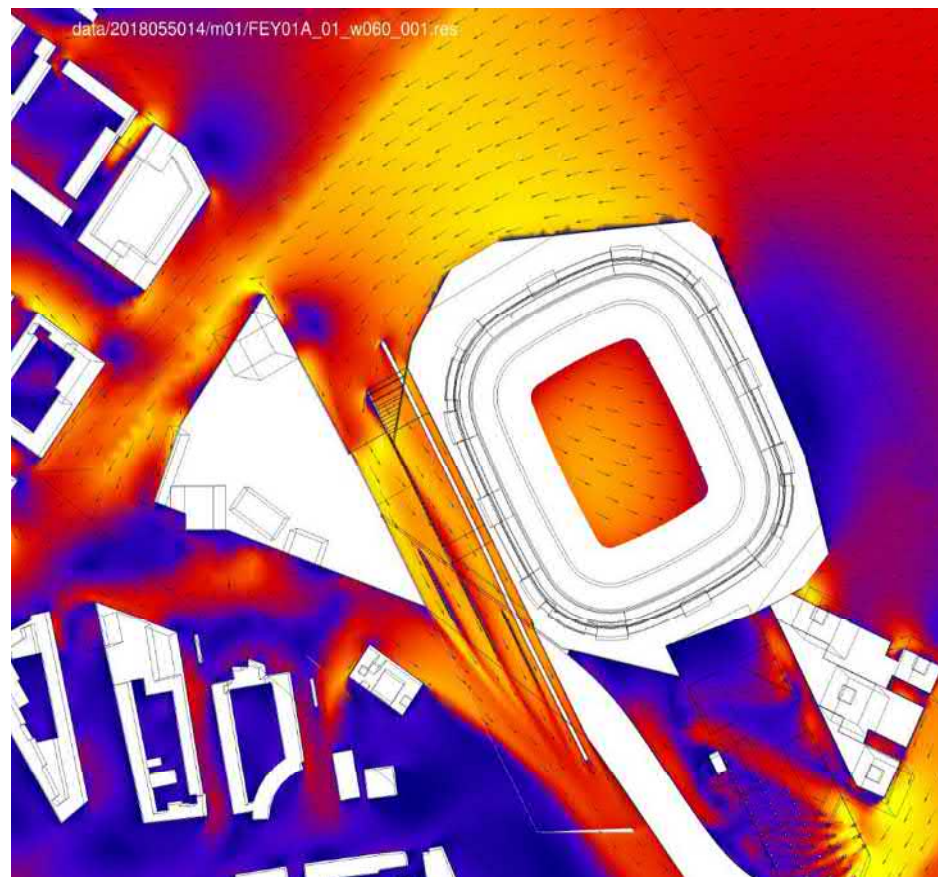


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

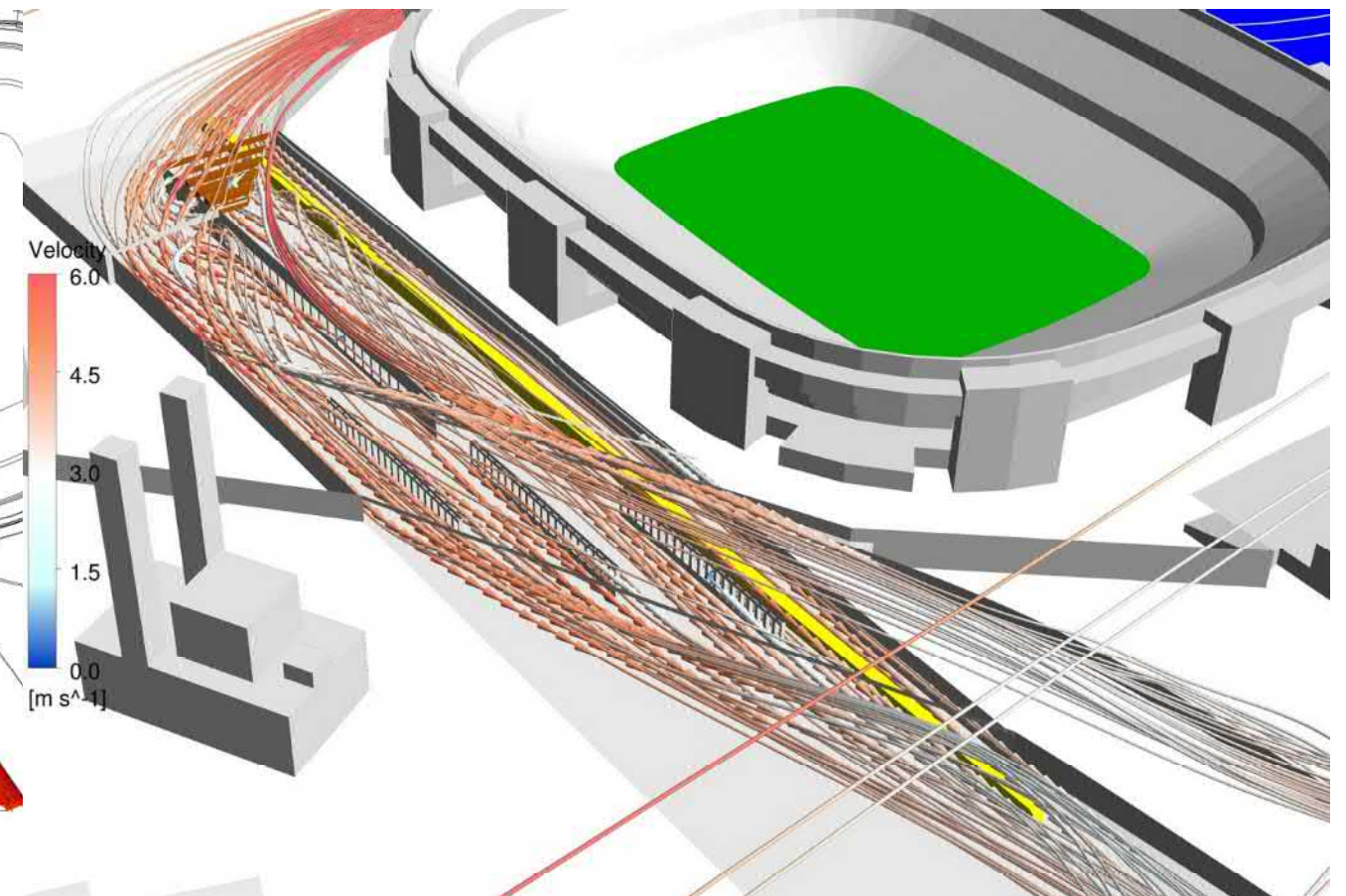
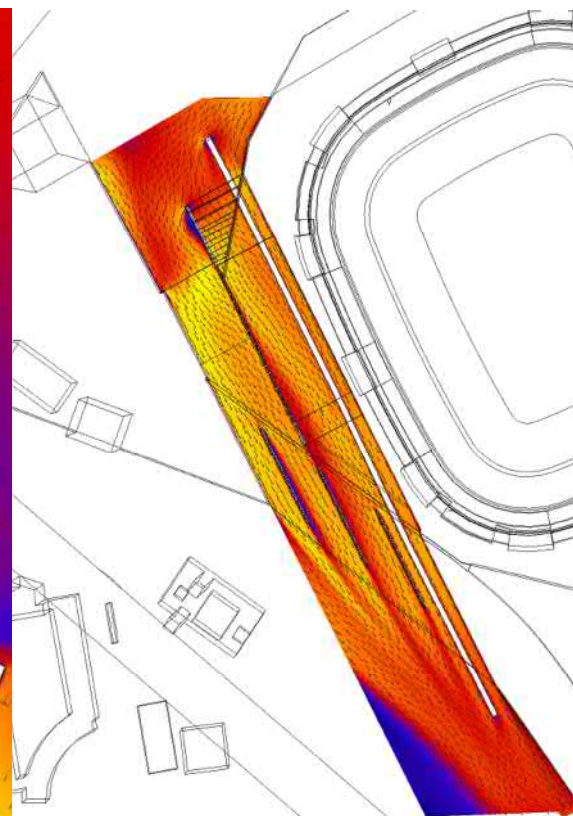


Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

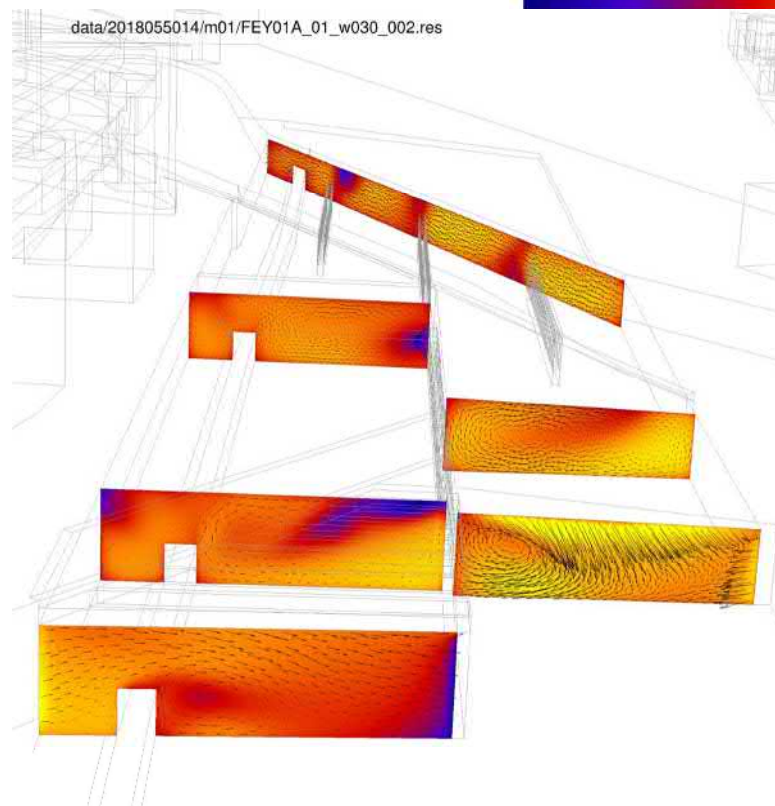
Resultaten wind ONO



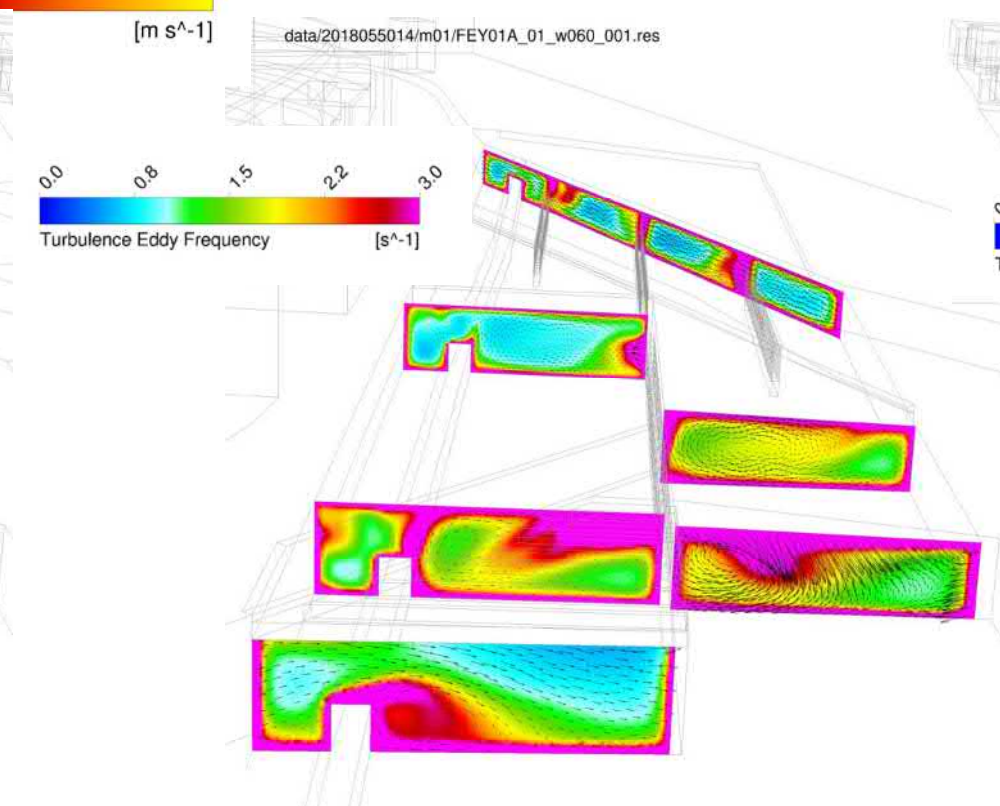
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



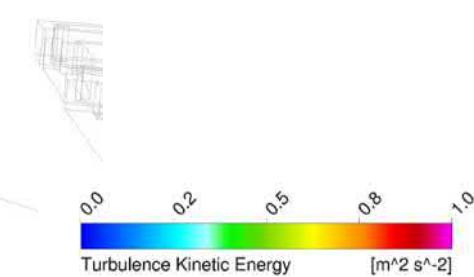
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

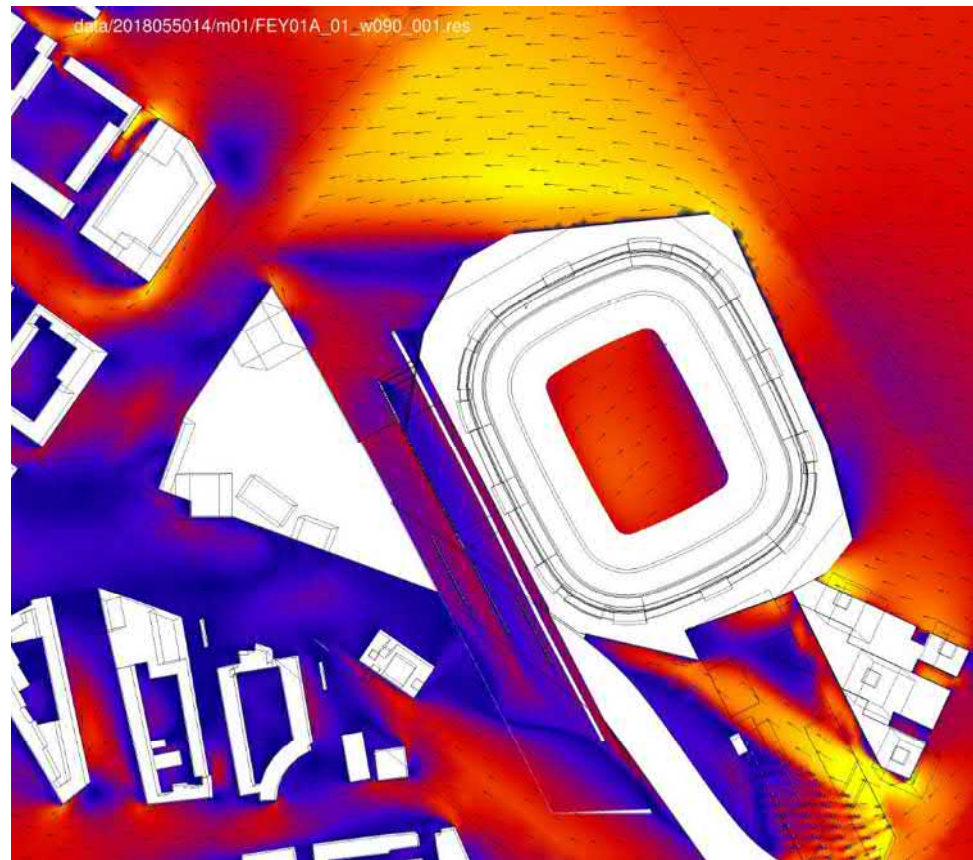


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

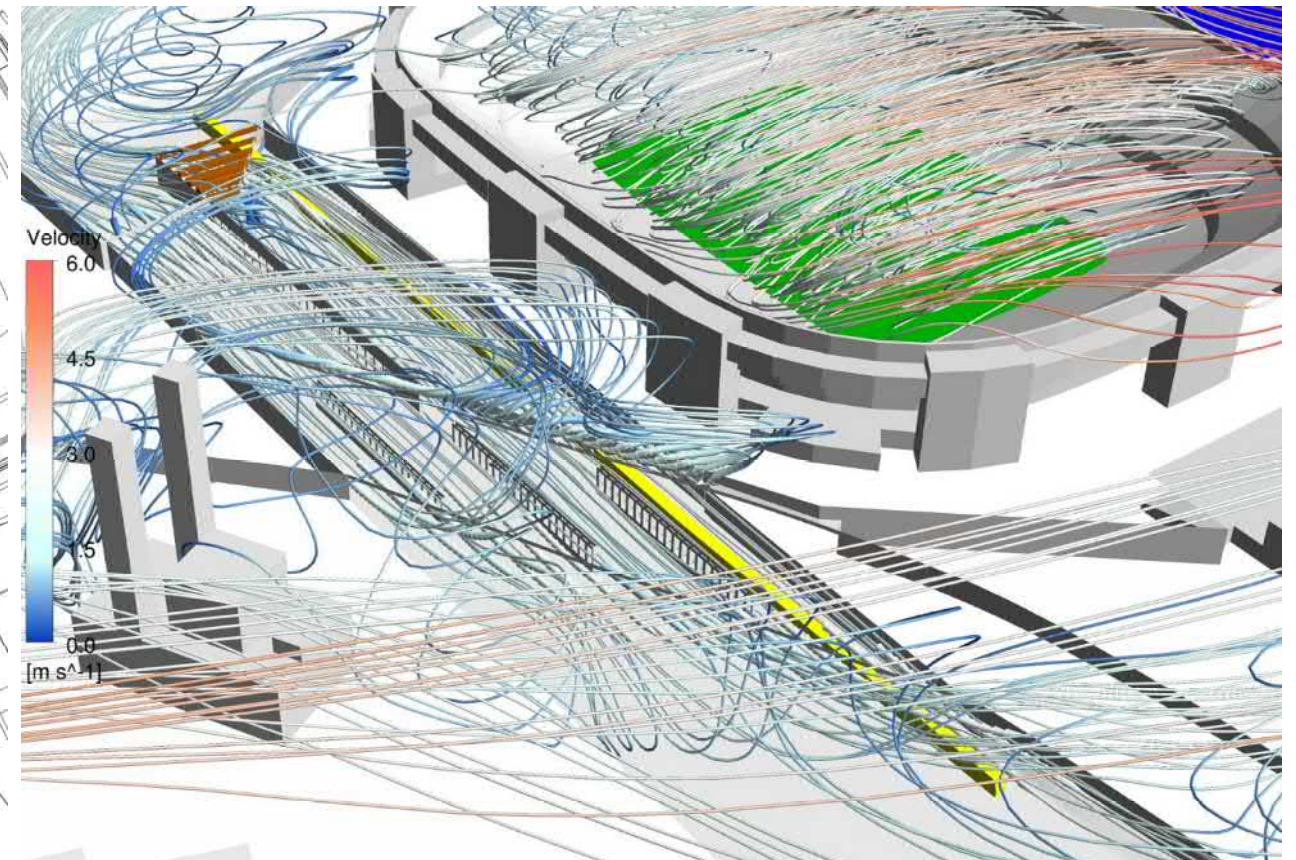


Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

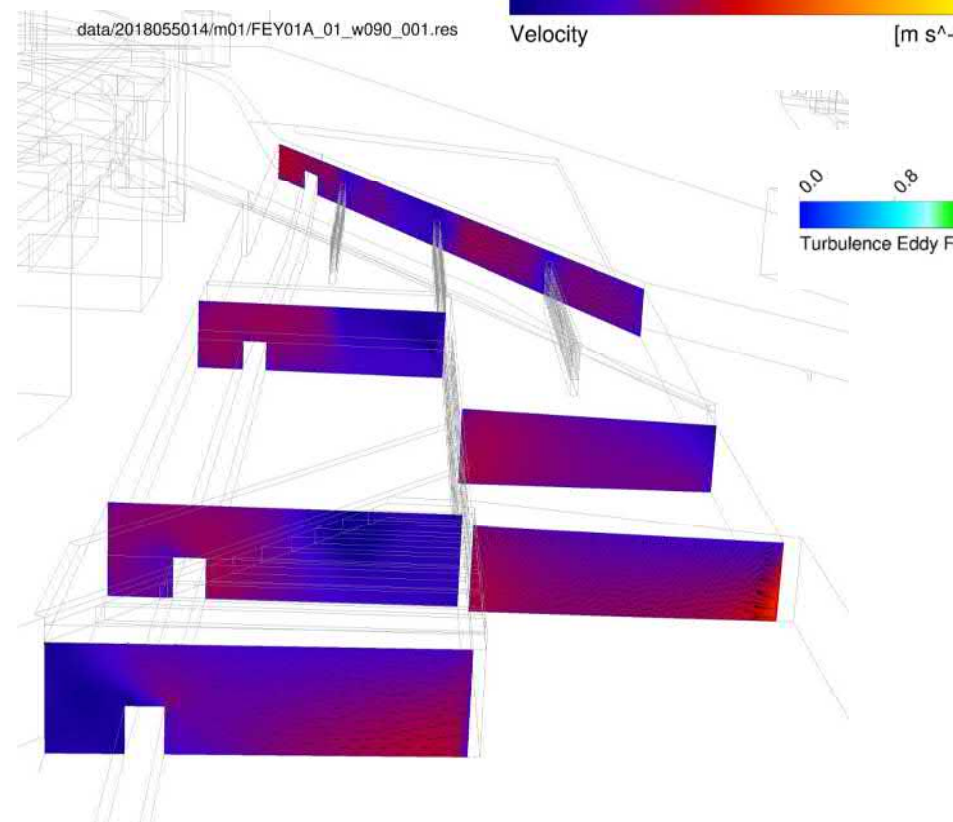
Resultaten wind O



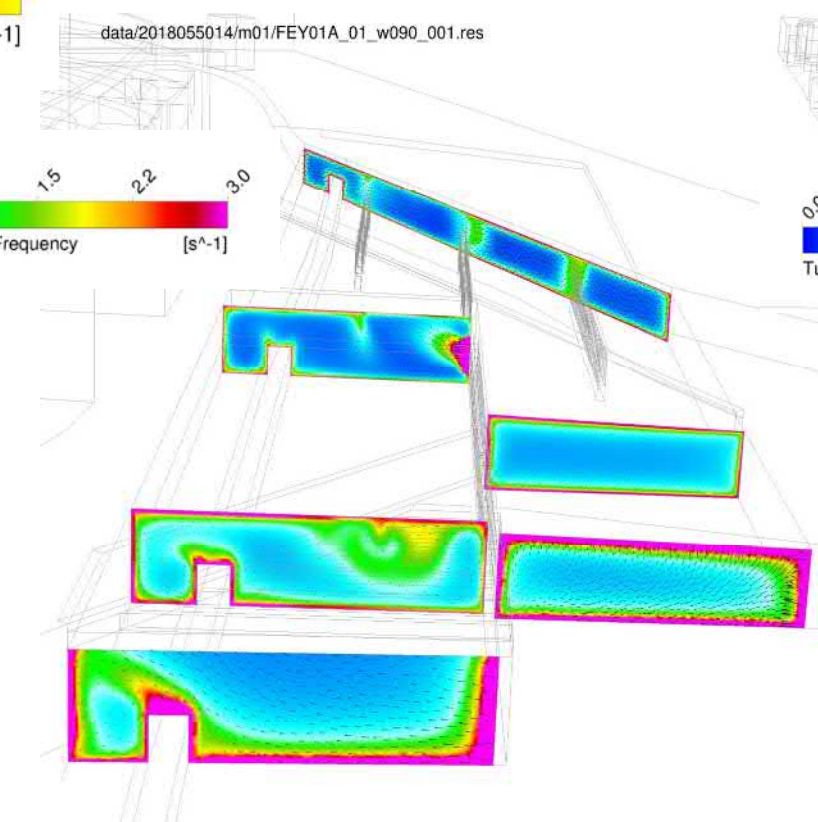
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



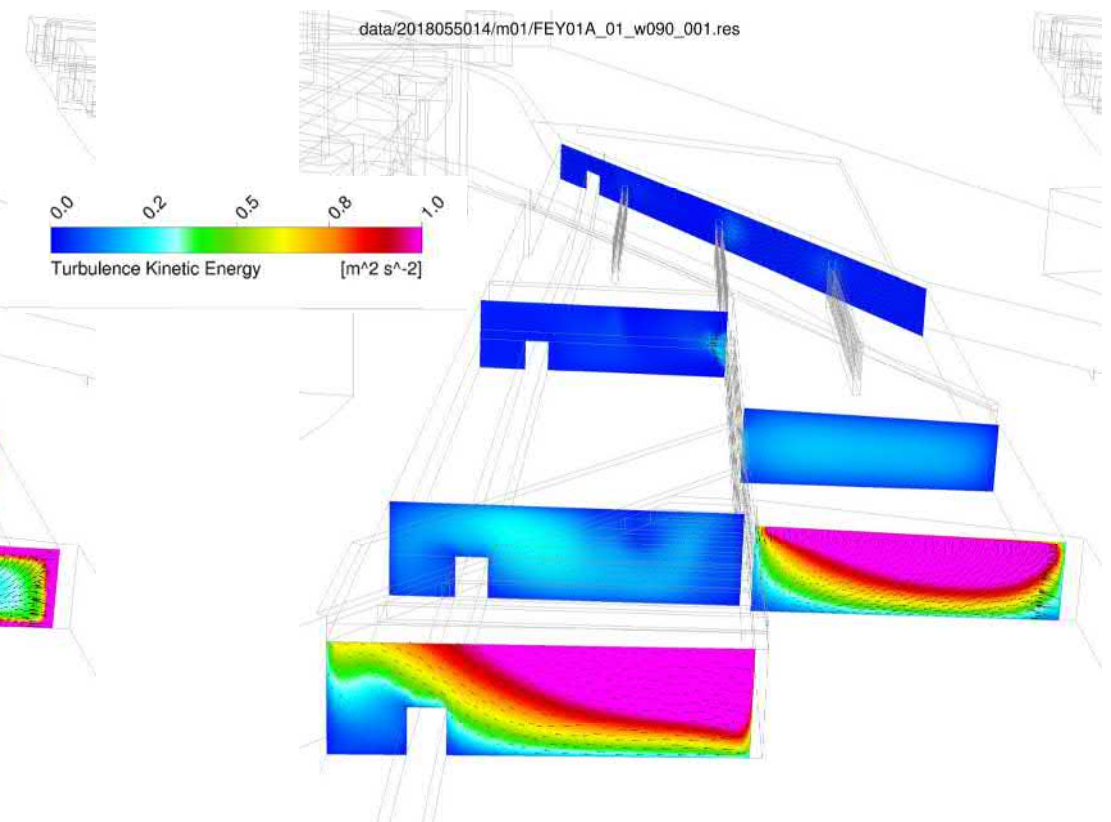
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

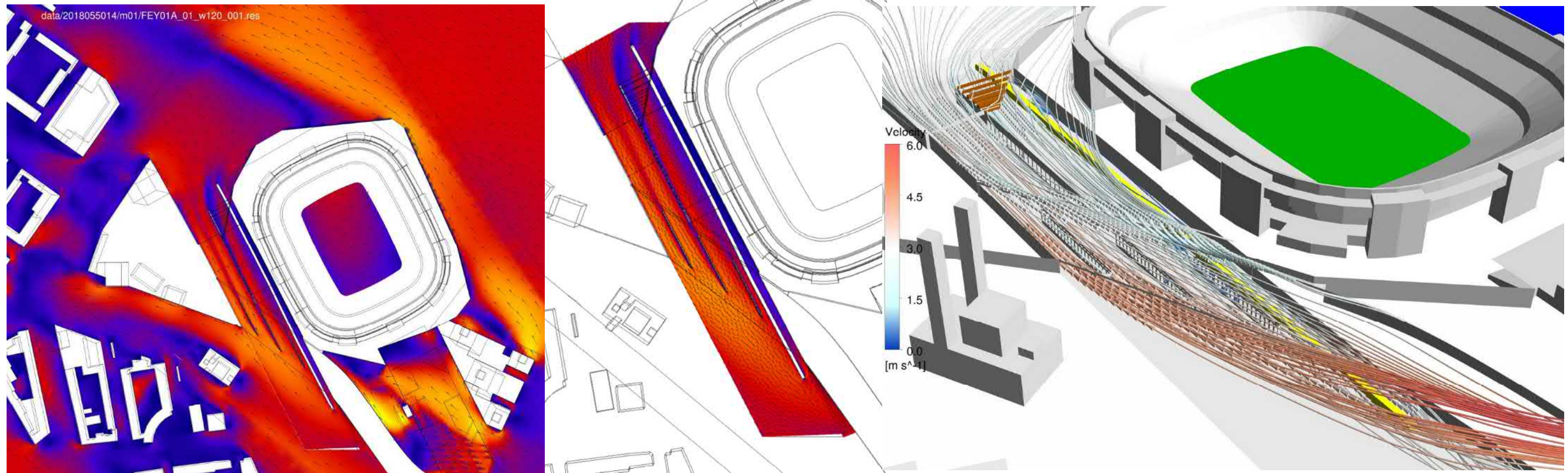


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

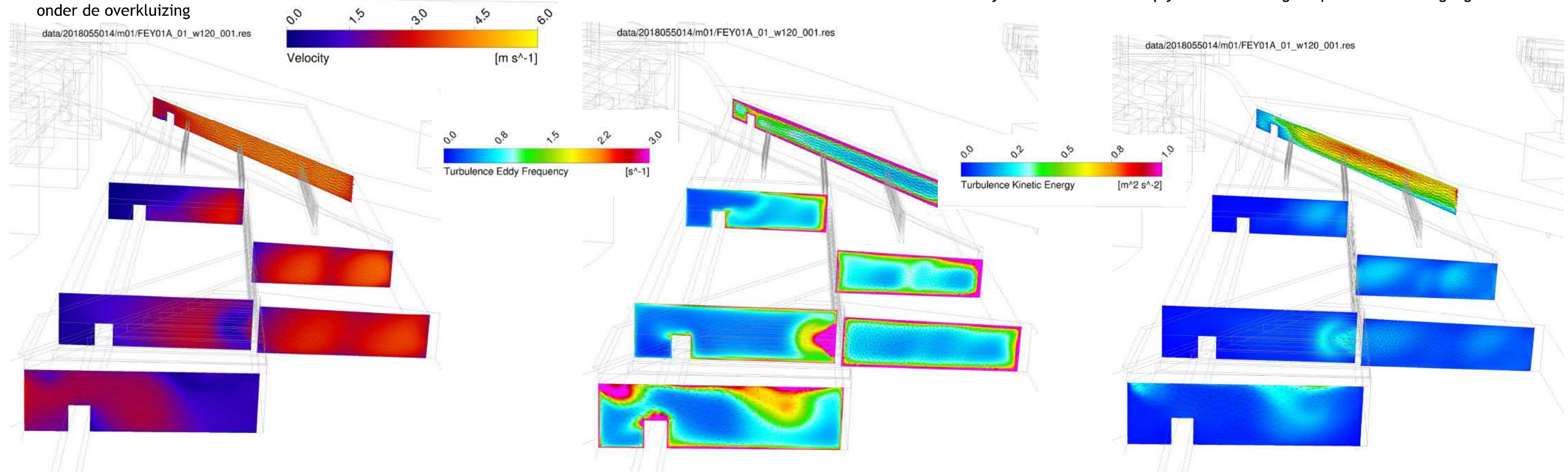


Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

Resultaten wind OZO



Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing

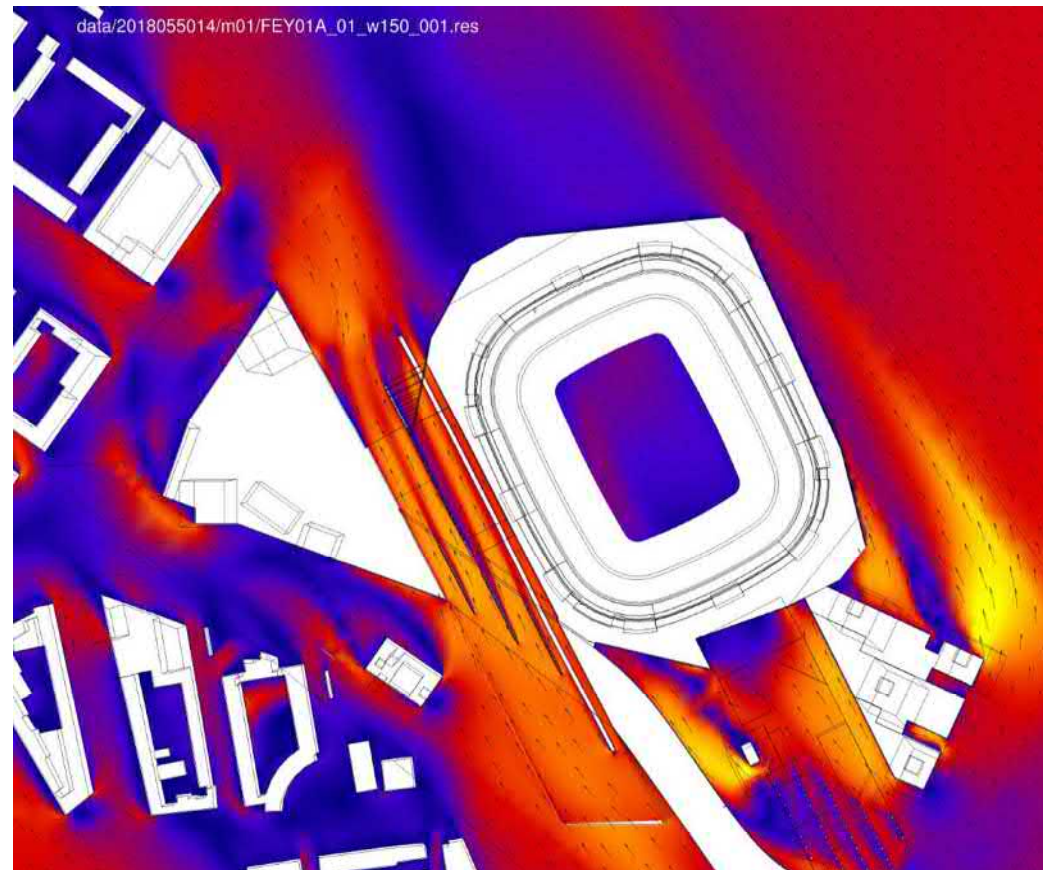


Verticale doorsneden met de luchtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

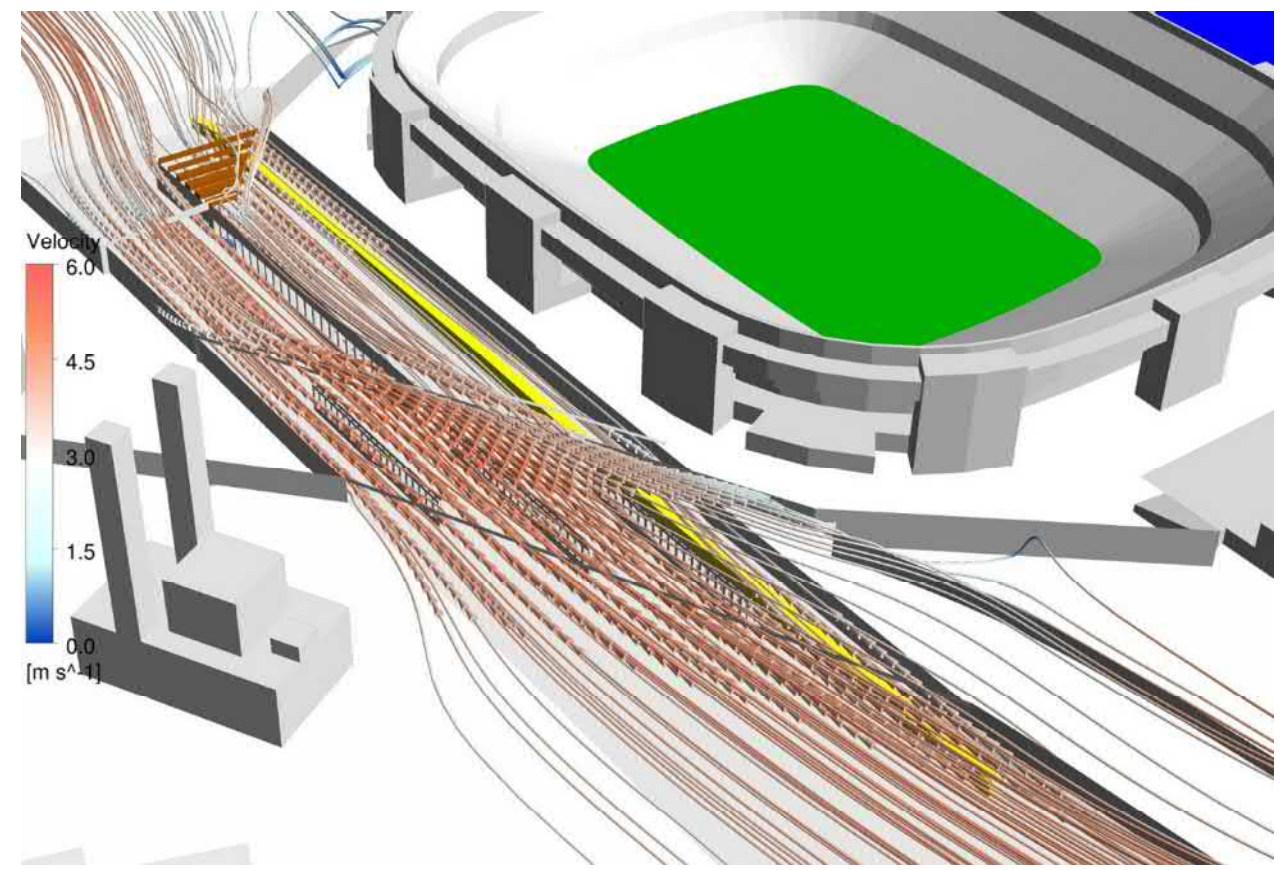
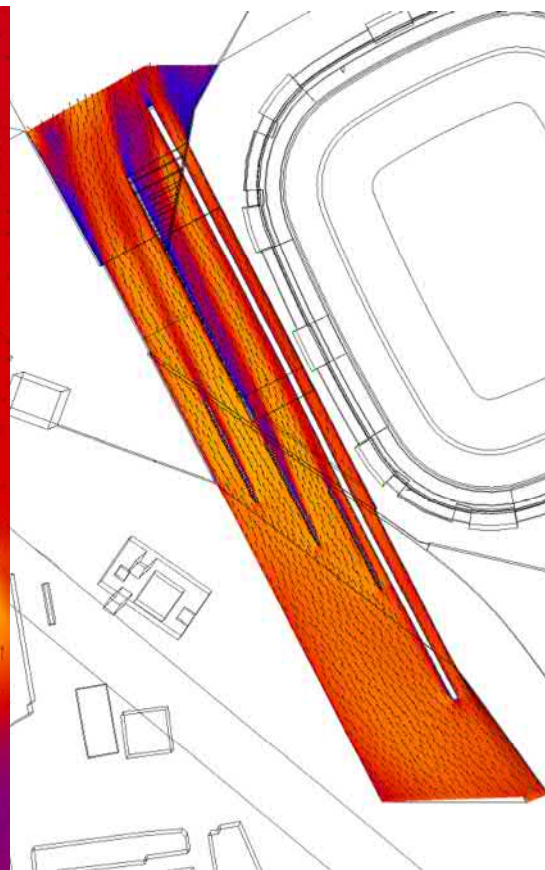
Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

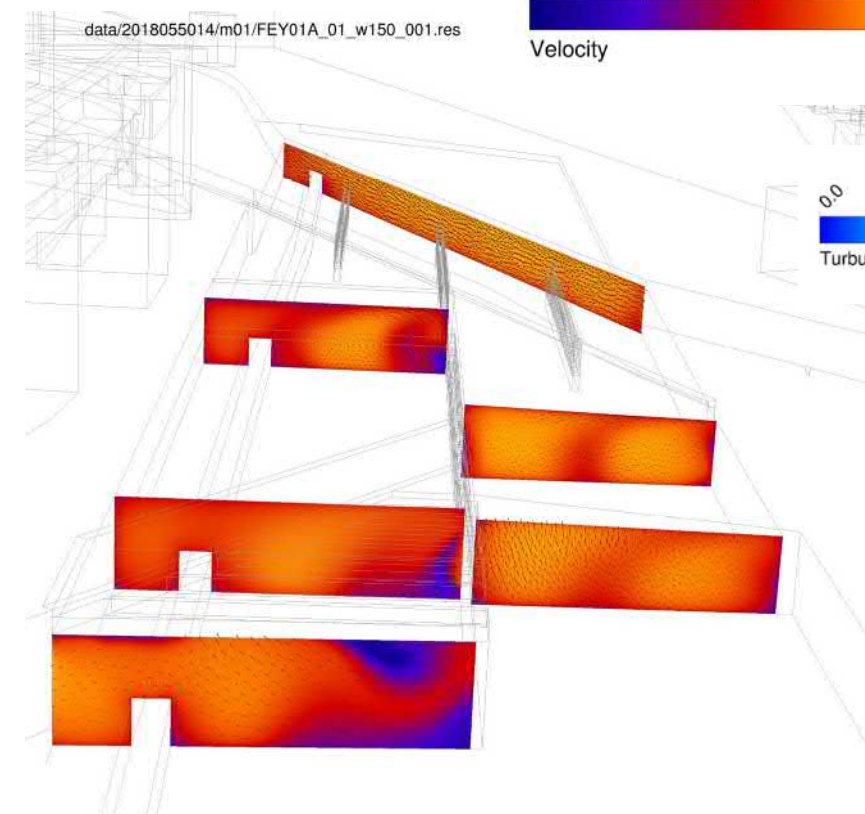
Resultaten wind ZZO



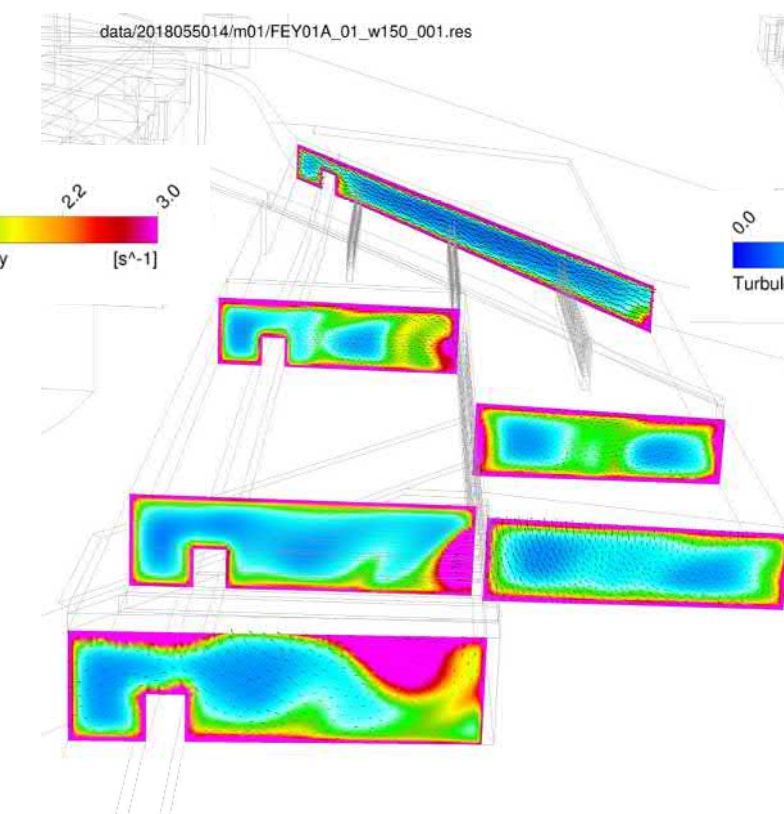
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



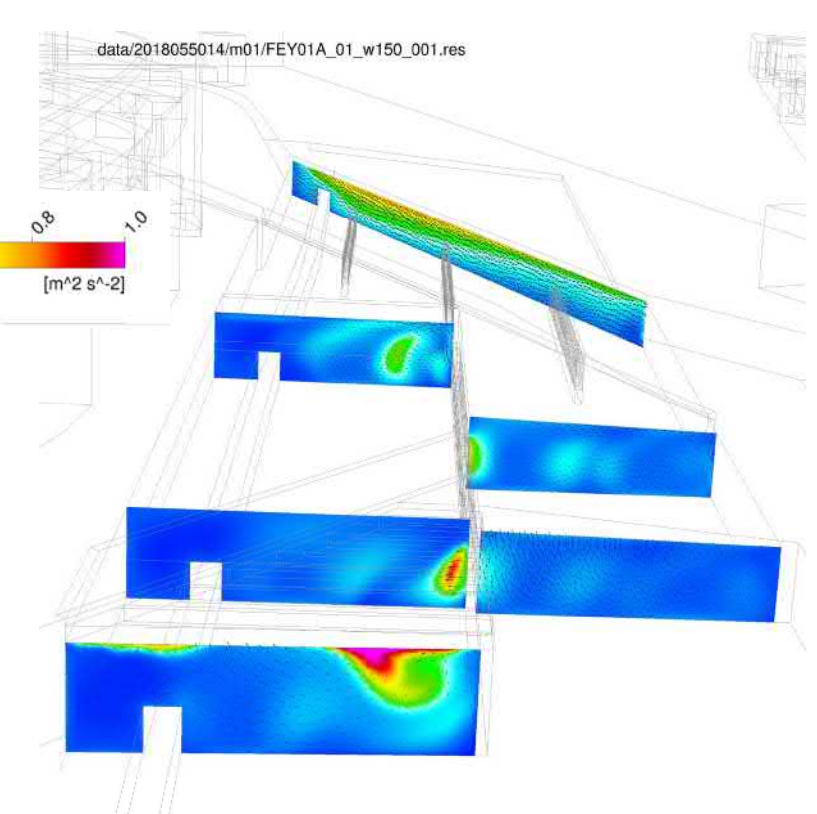
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

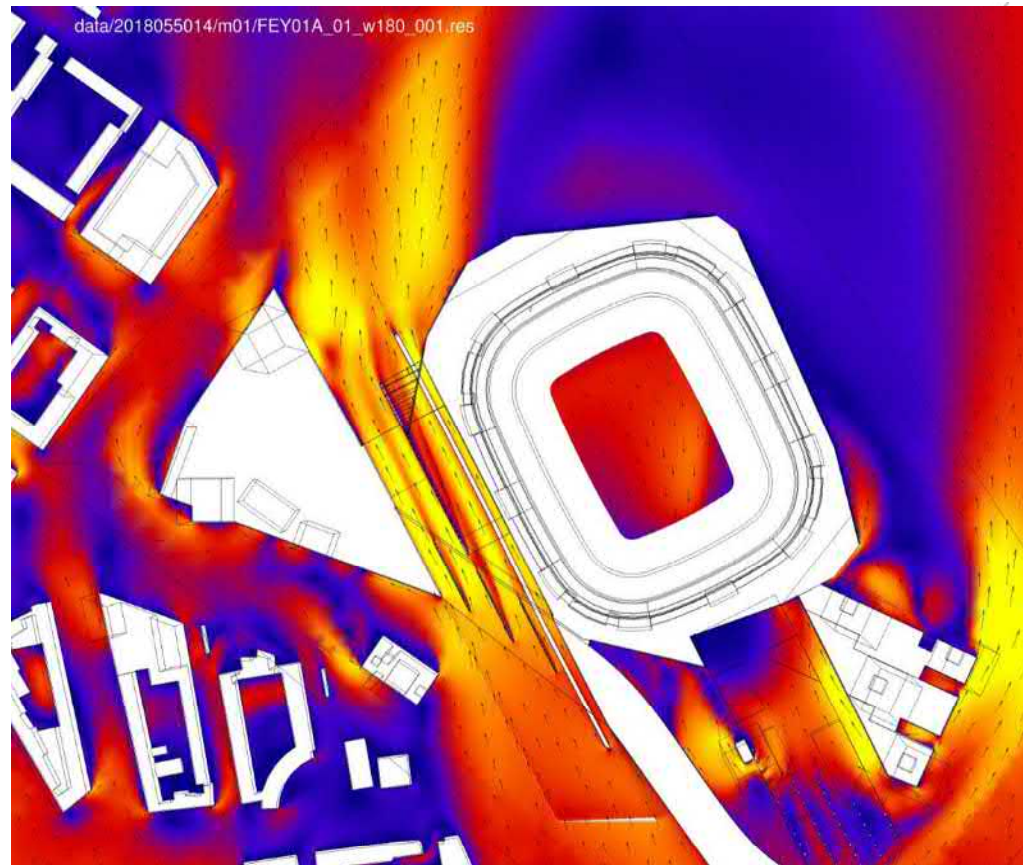


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

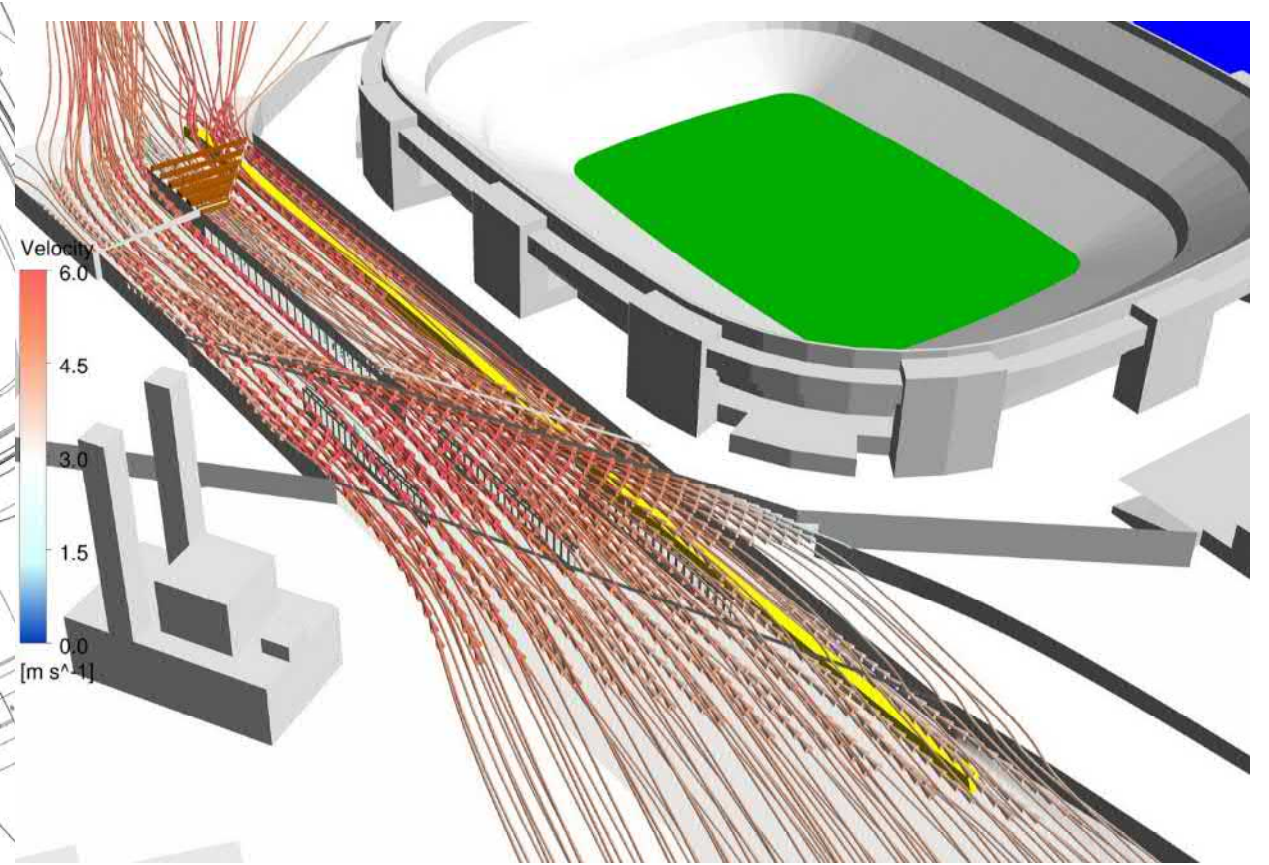
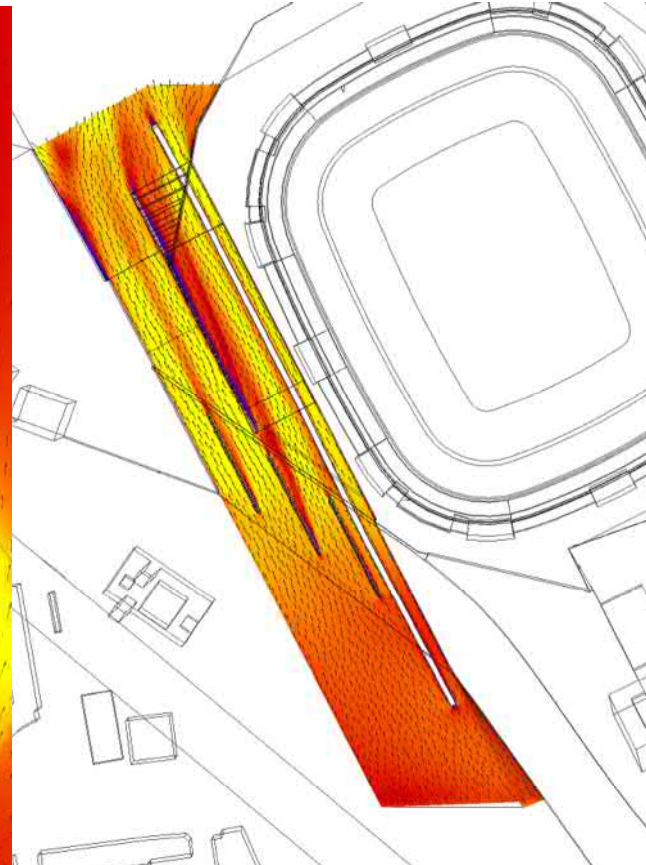


Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

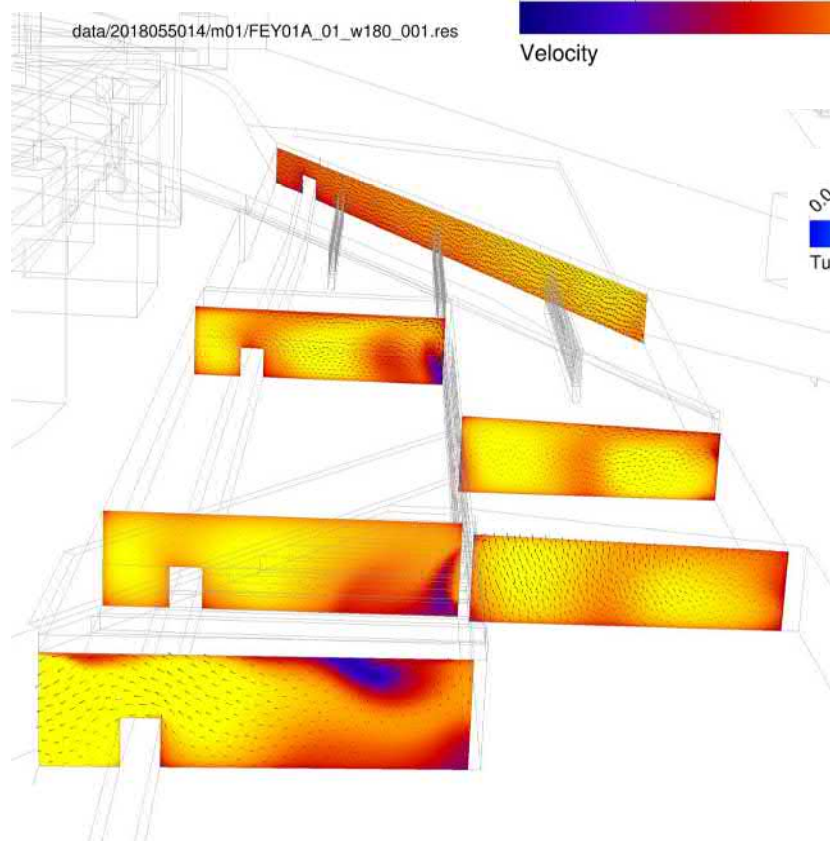
Resultaten wind Z



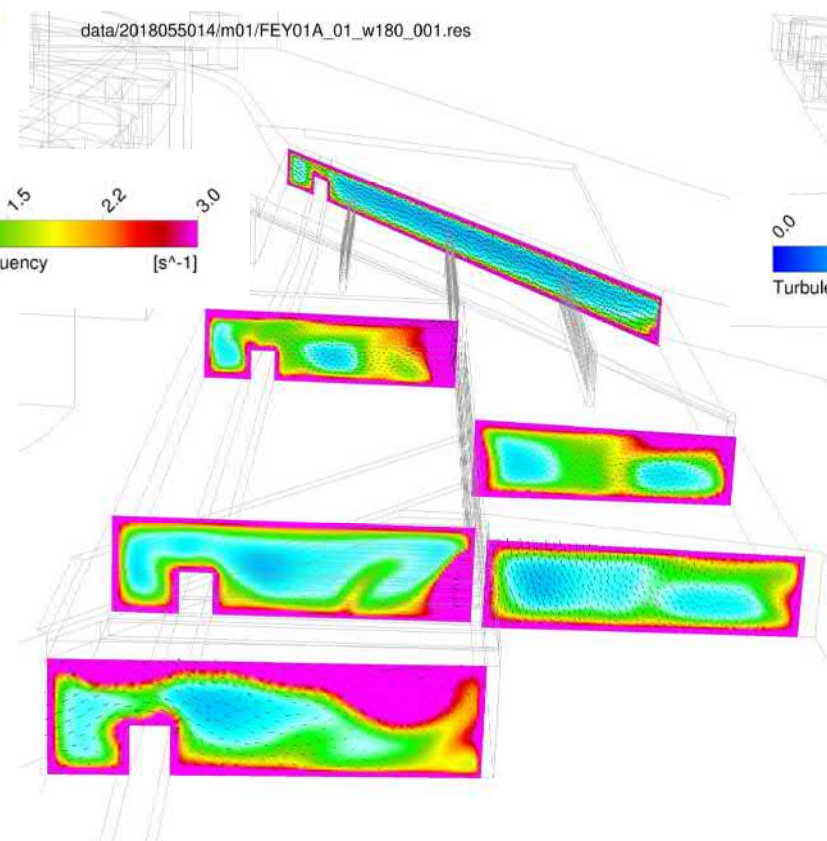
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



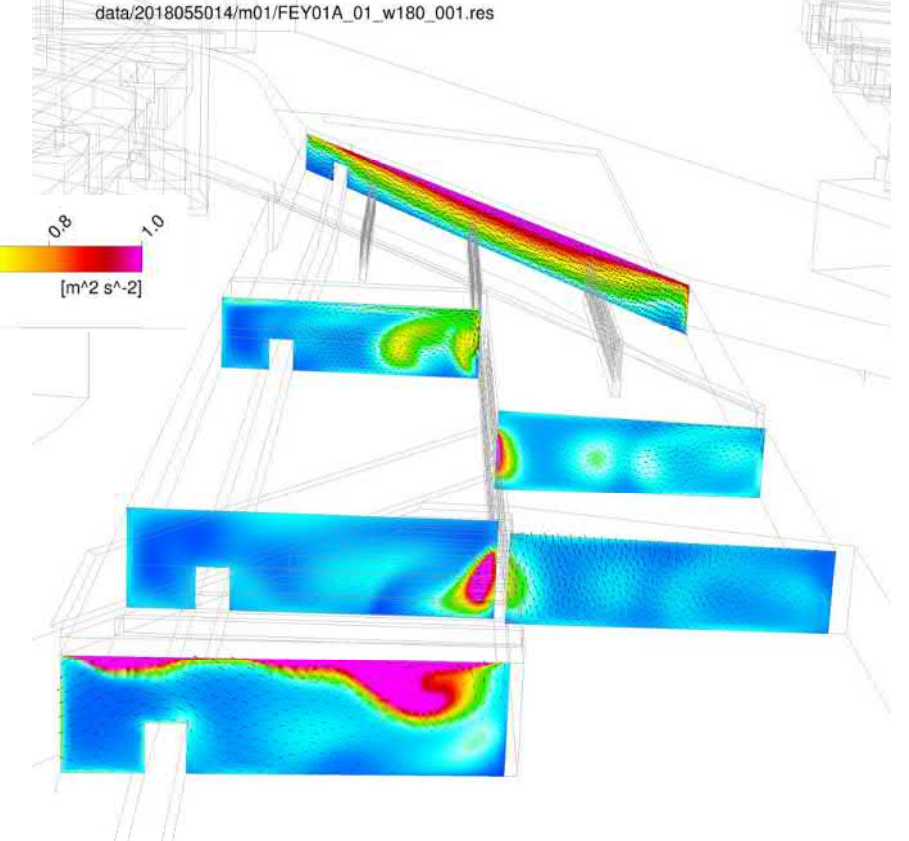
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

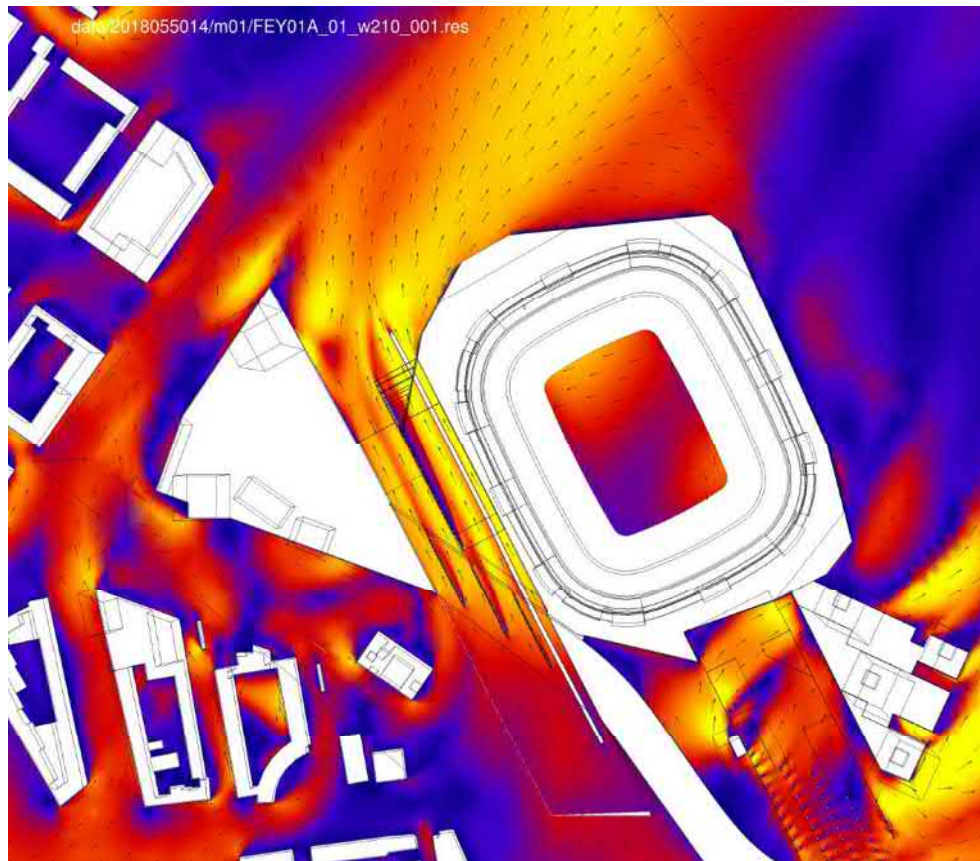


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

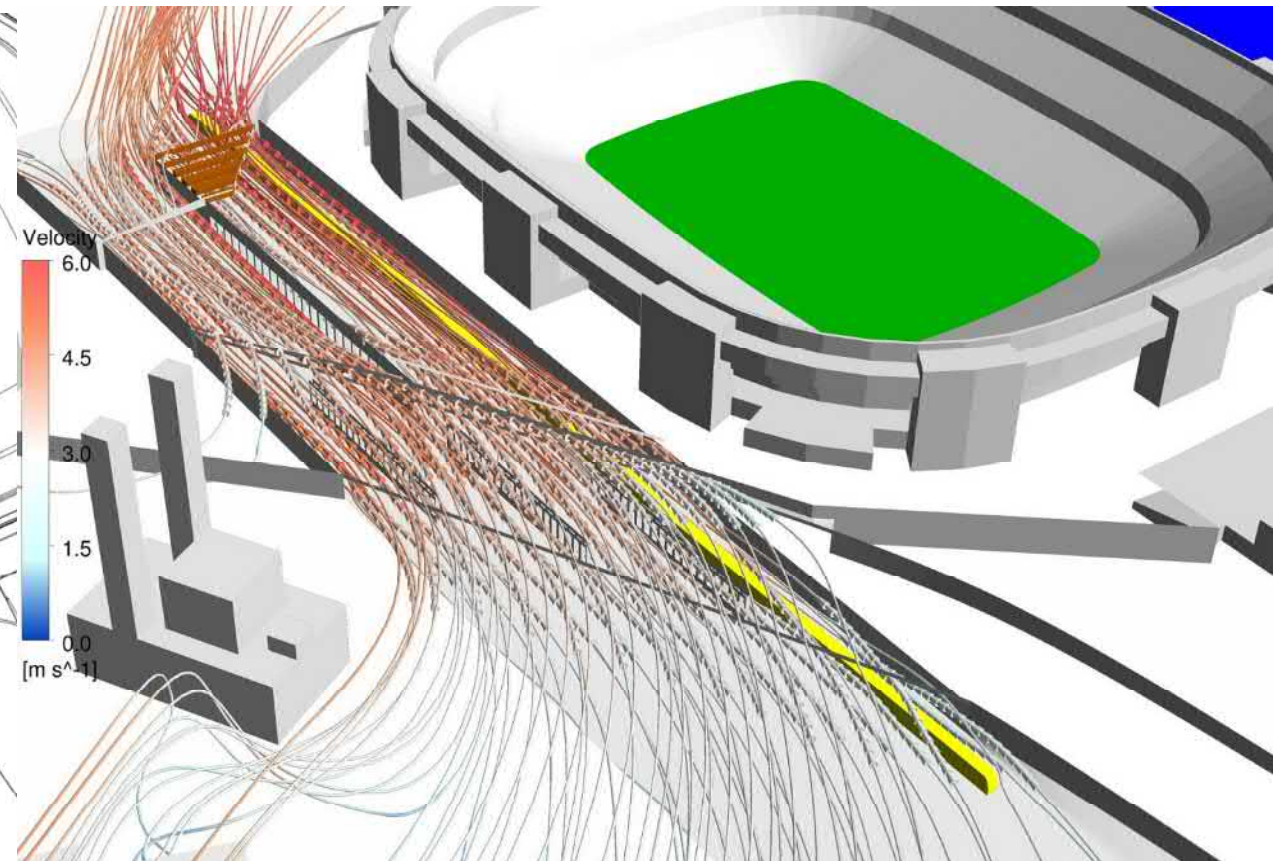
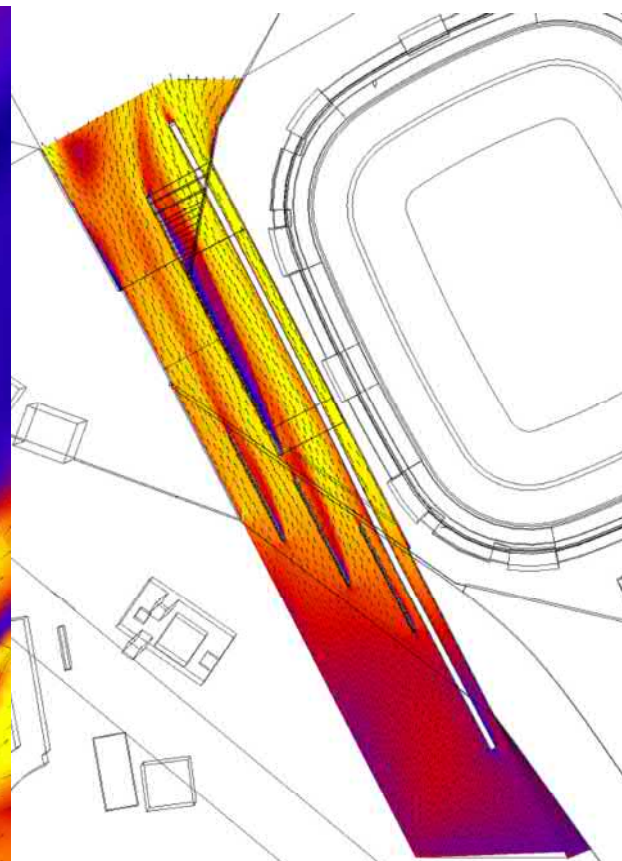


Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

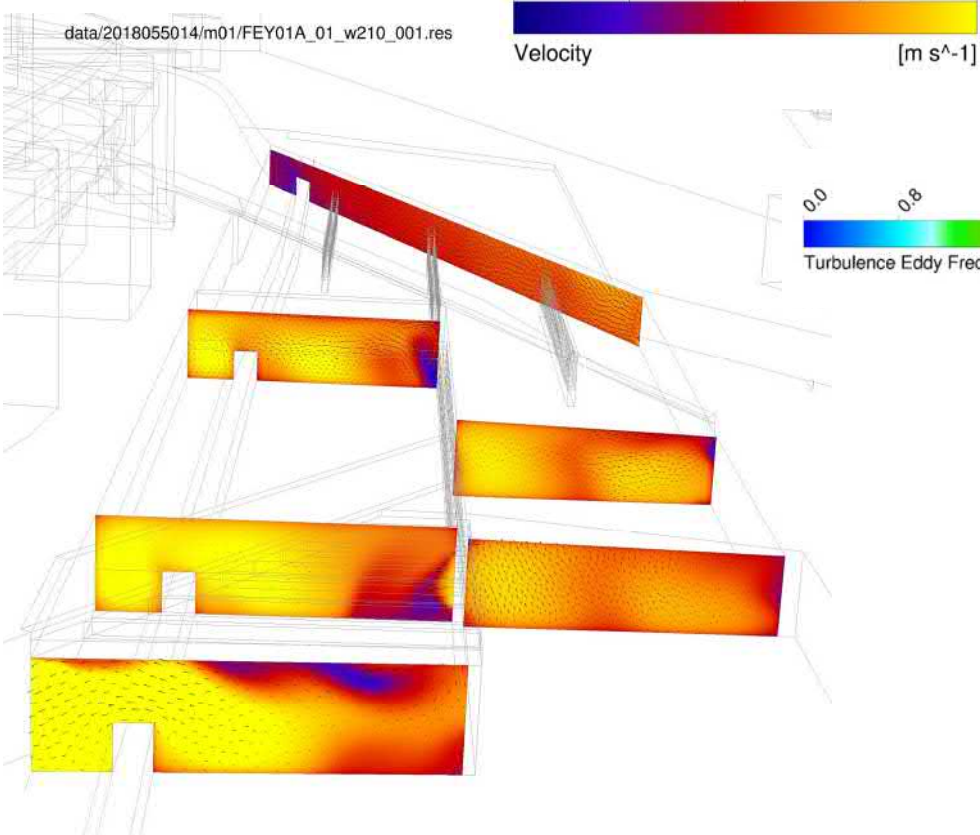
Resultaten wind ZZW



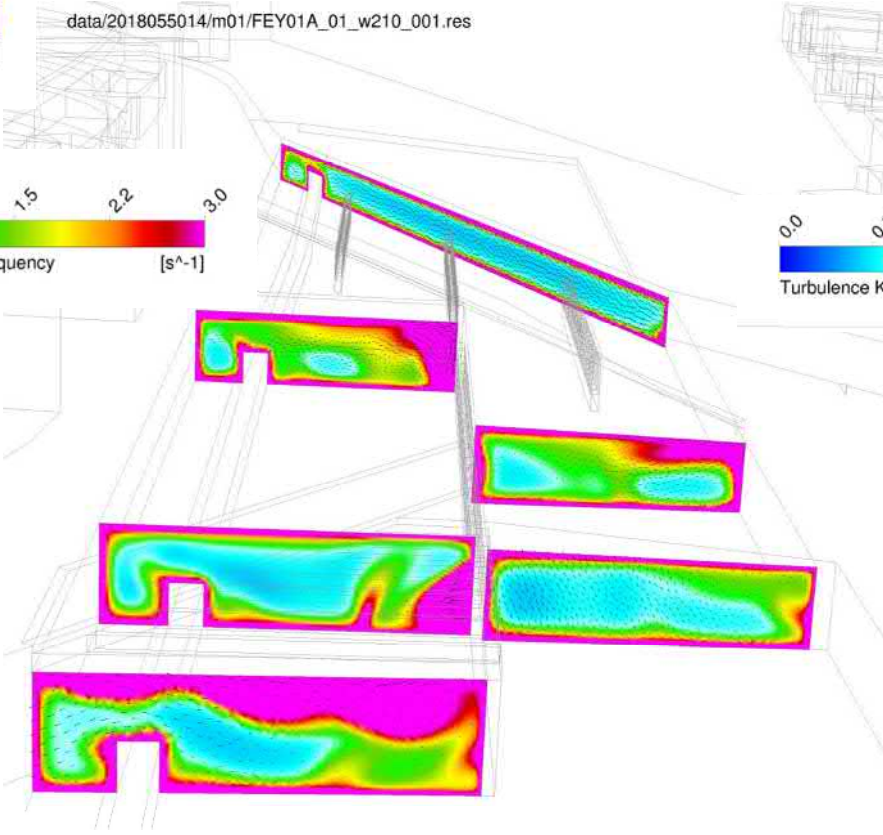
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



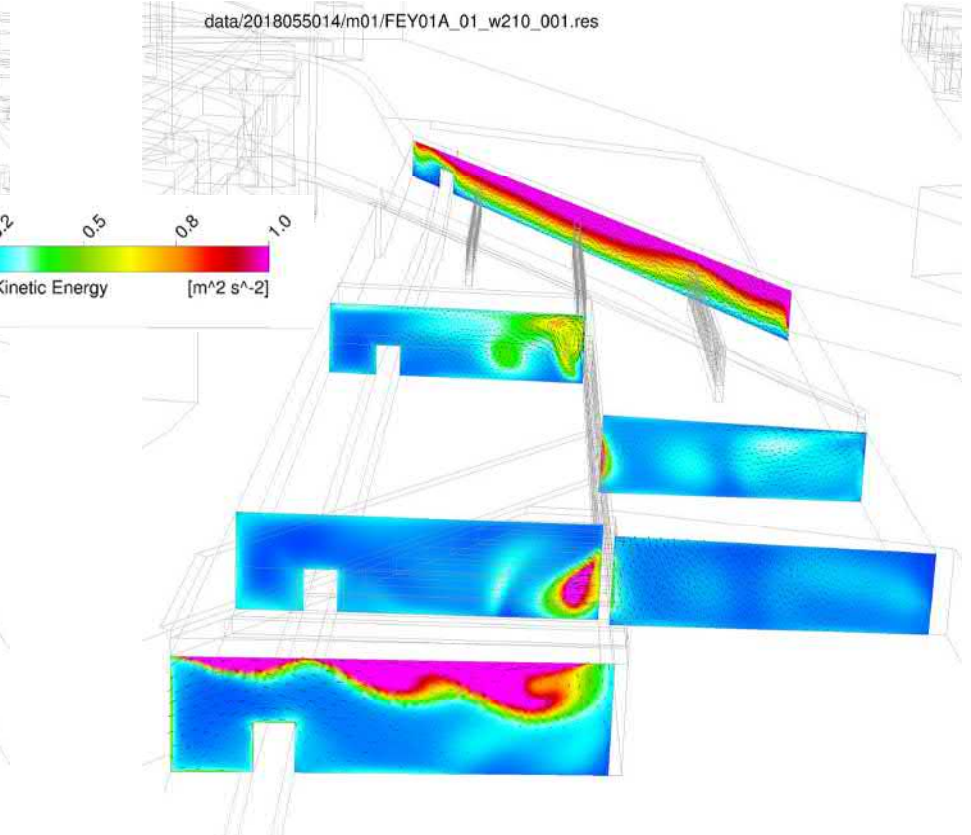
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

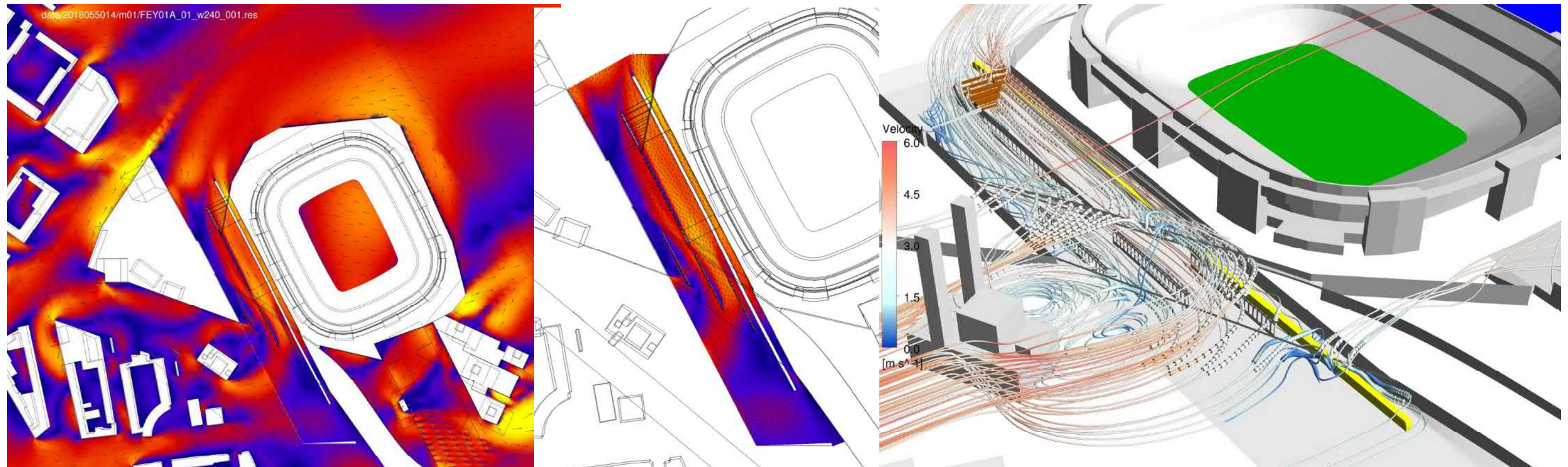


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23



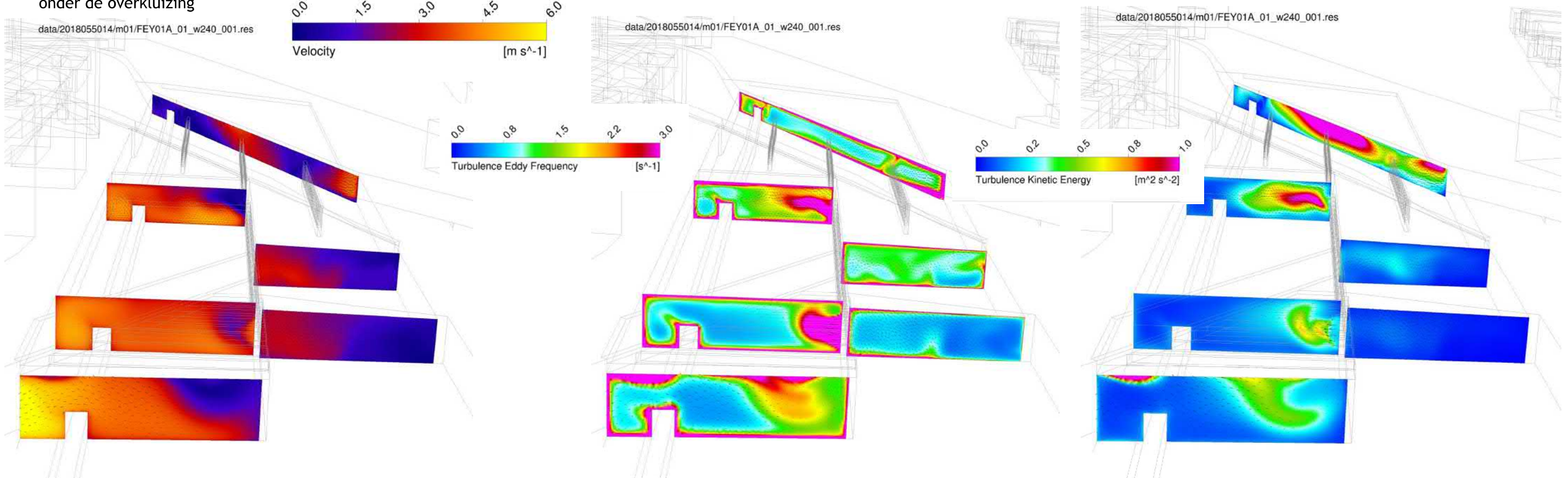
Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

Resultaten wind WZW



Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing)

Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen

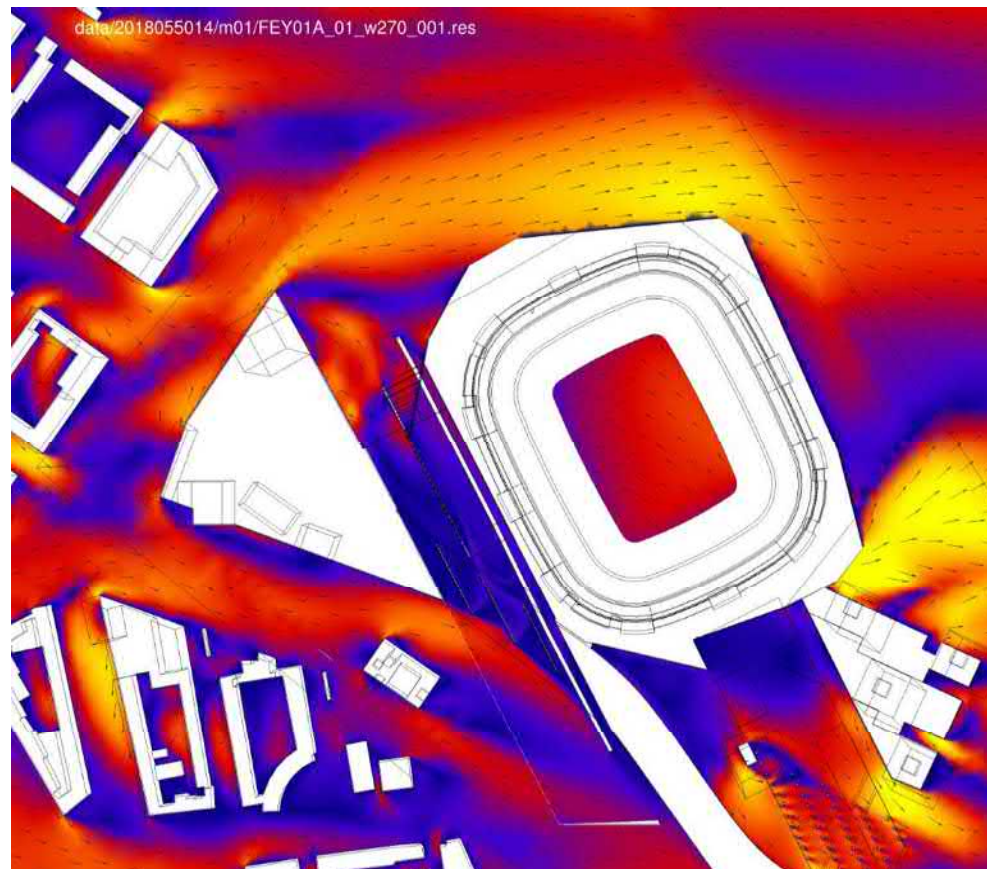


Verticale doorsneden met de luchtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

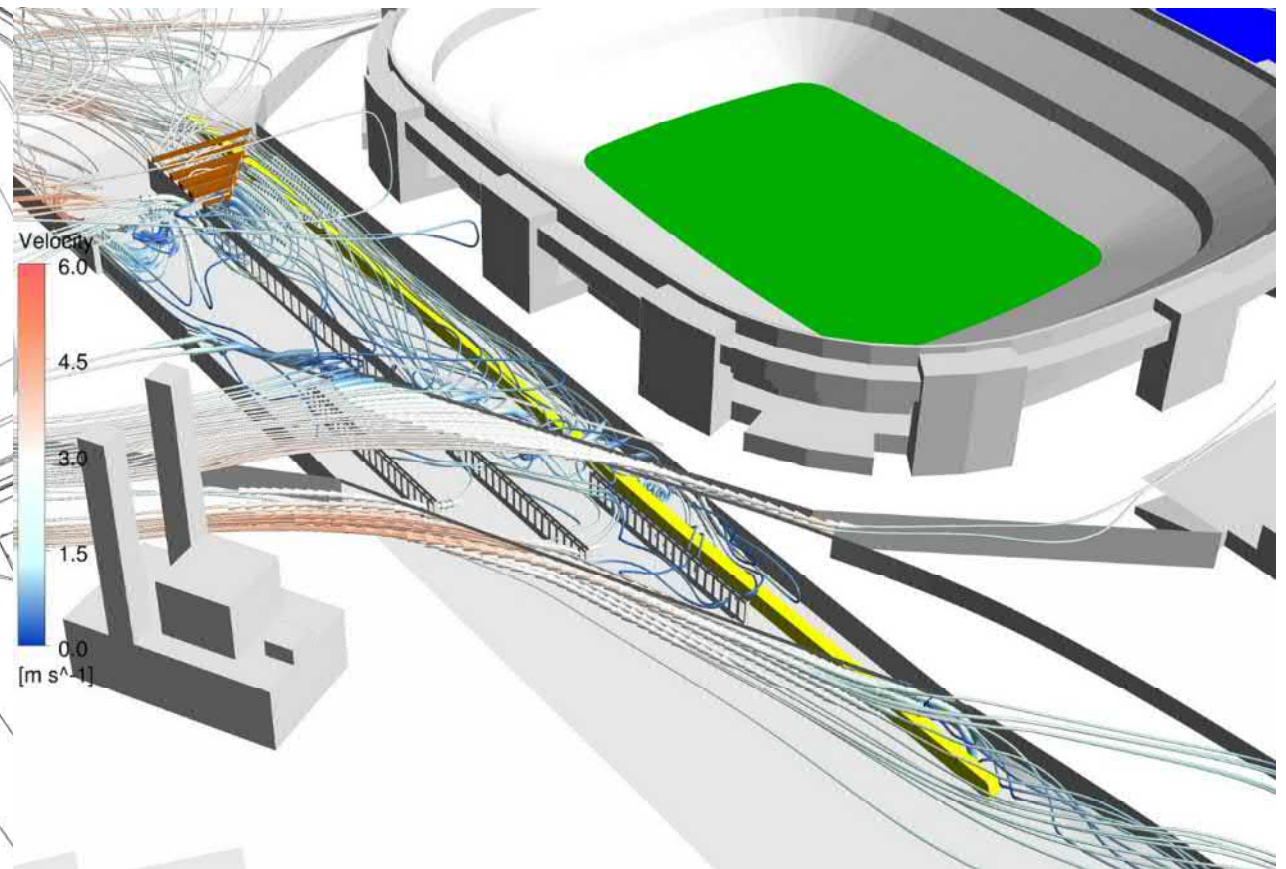
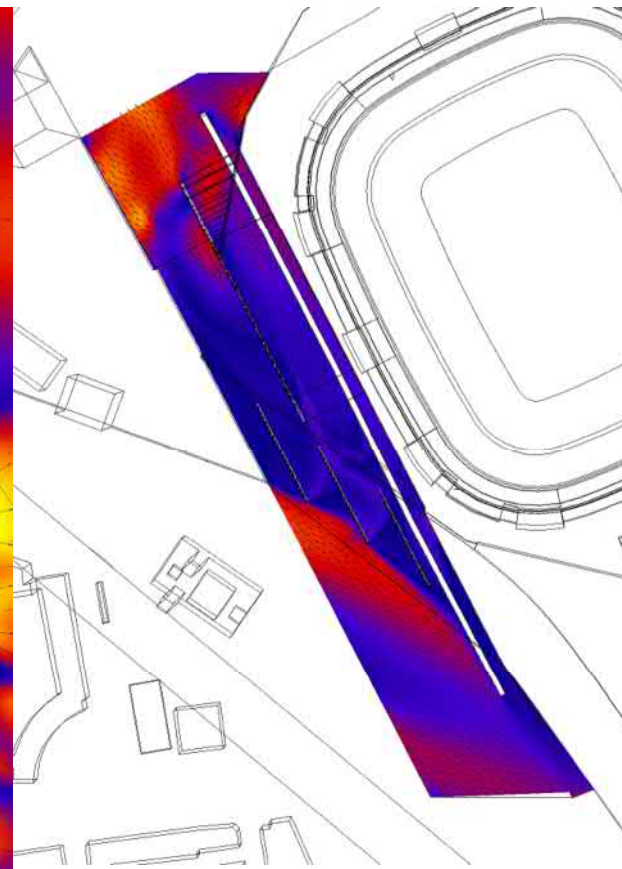
Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

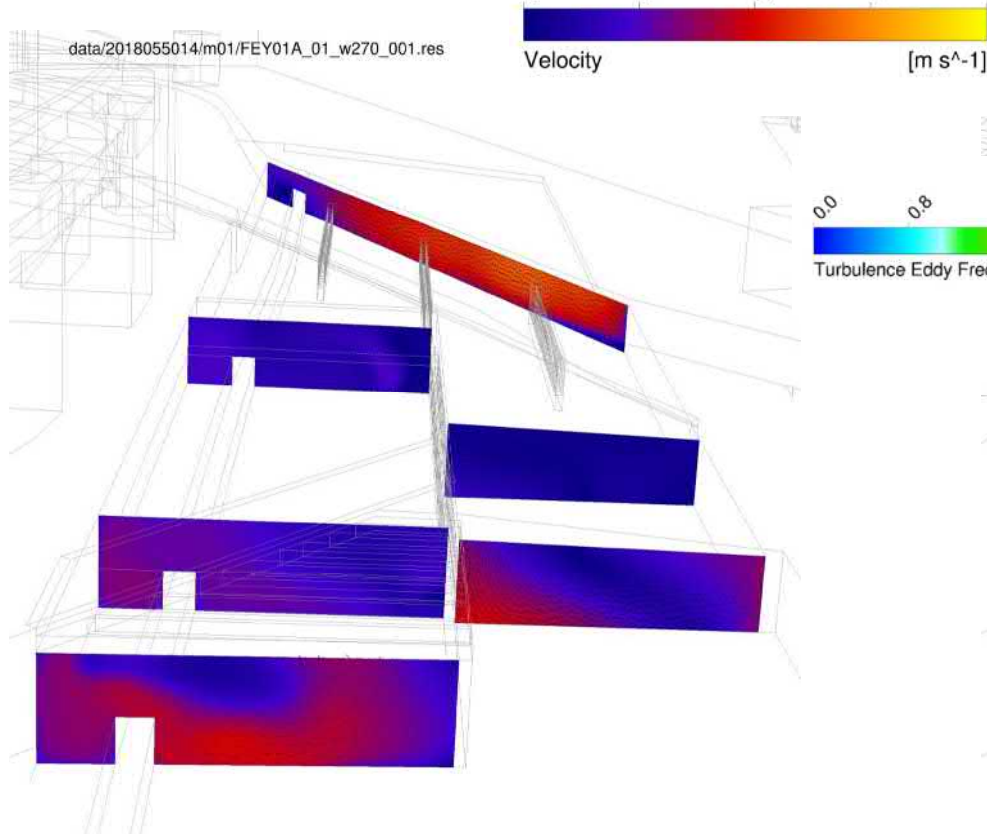
Resultaten wind W



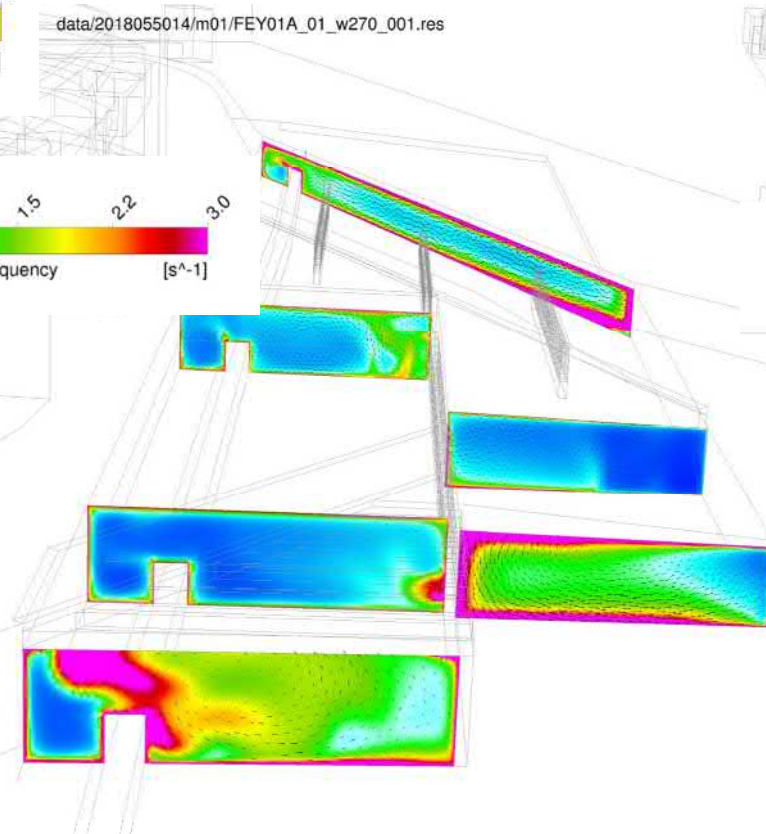
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



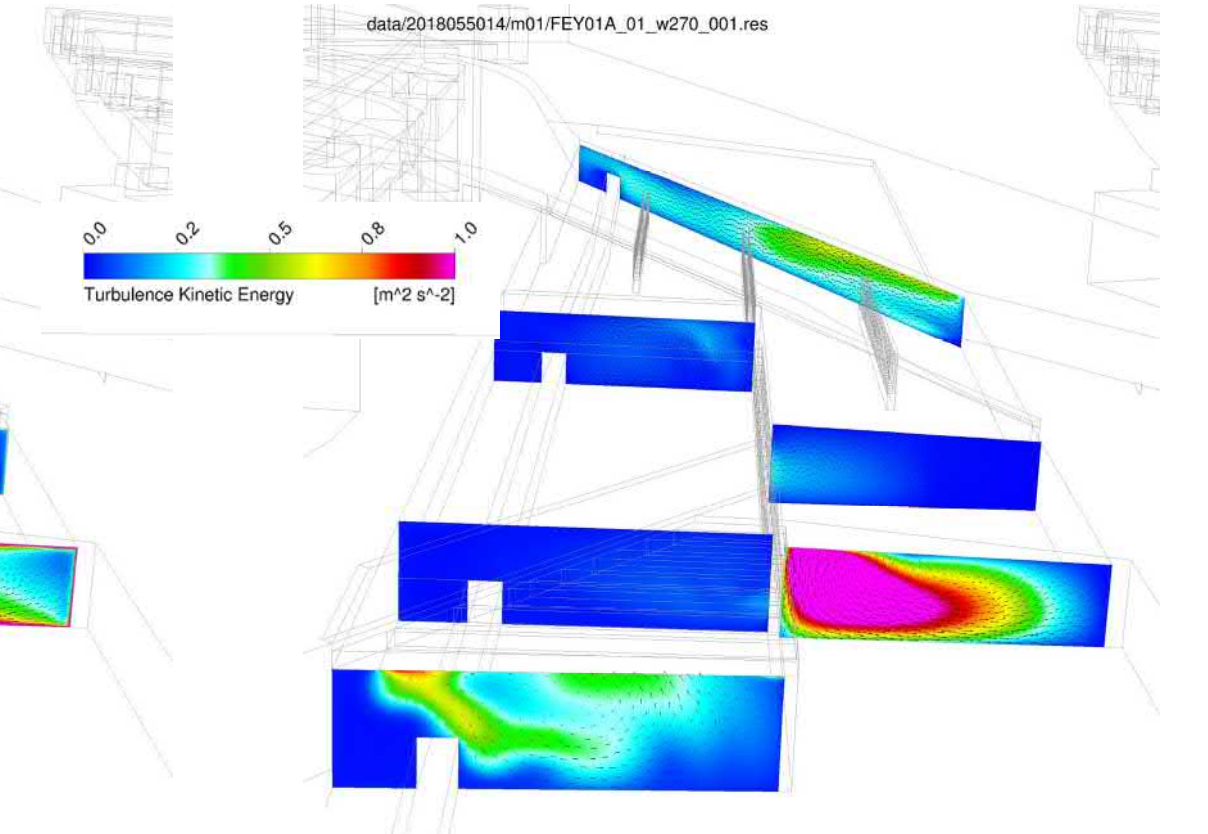
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

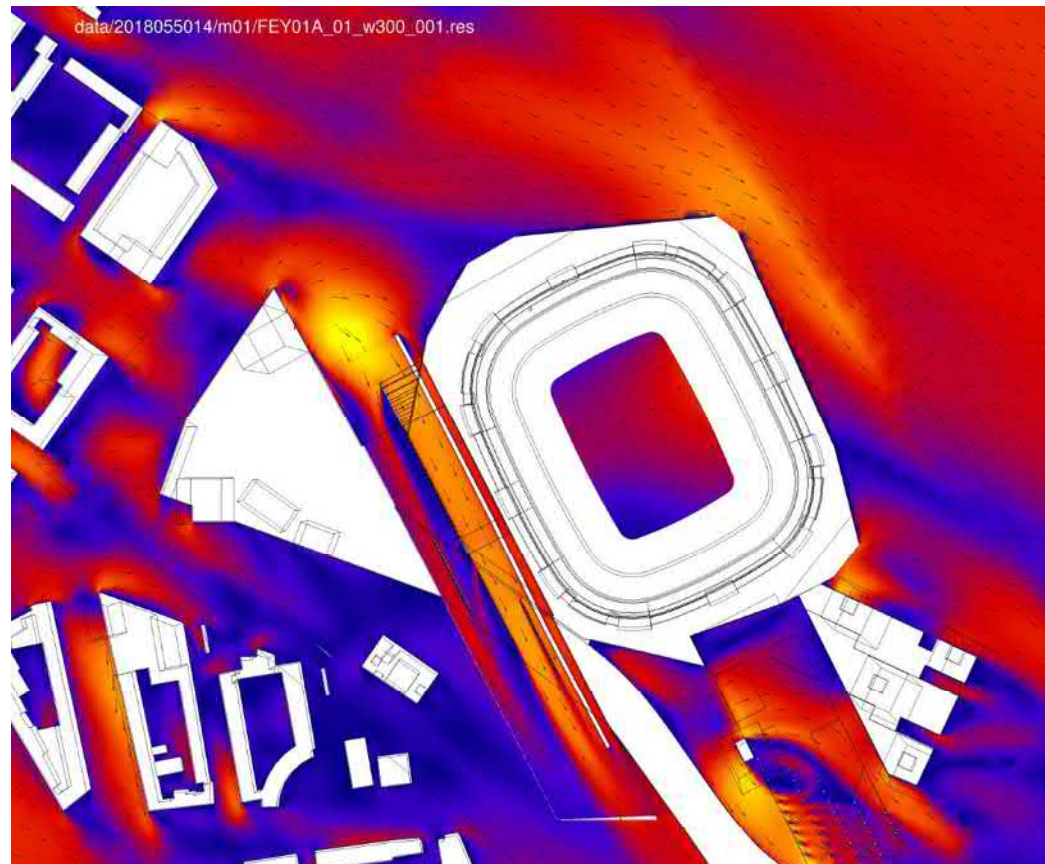


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

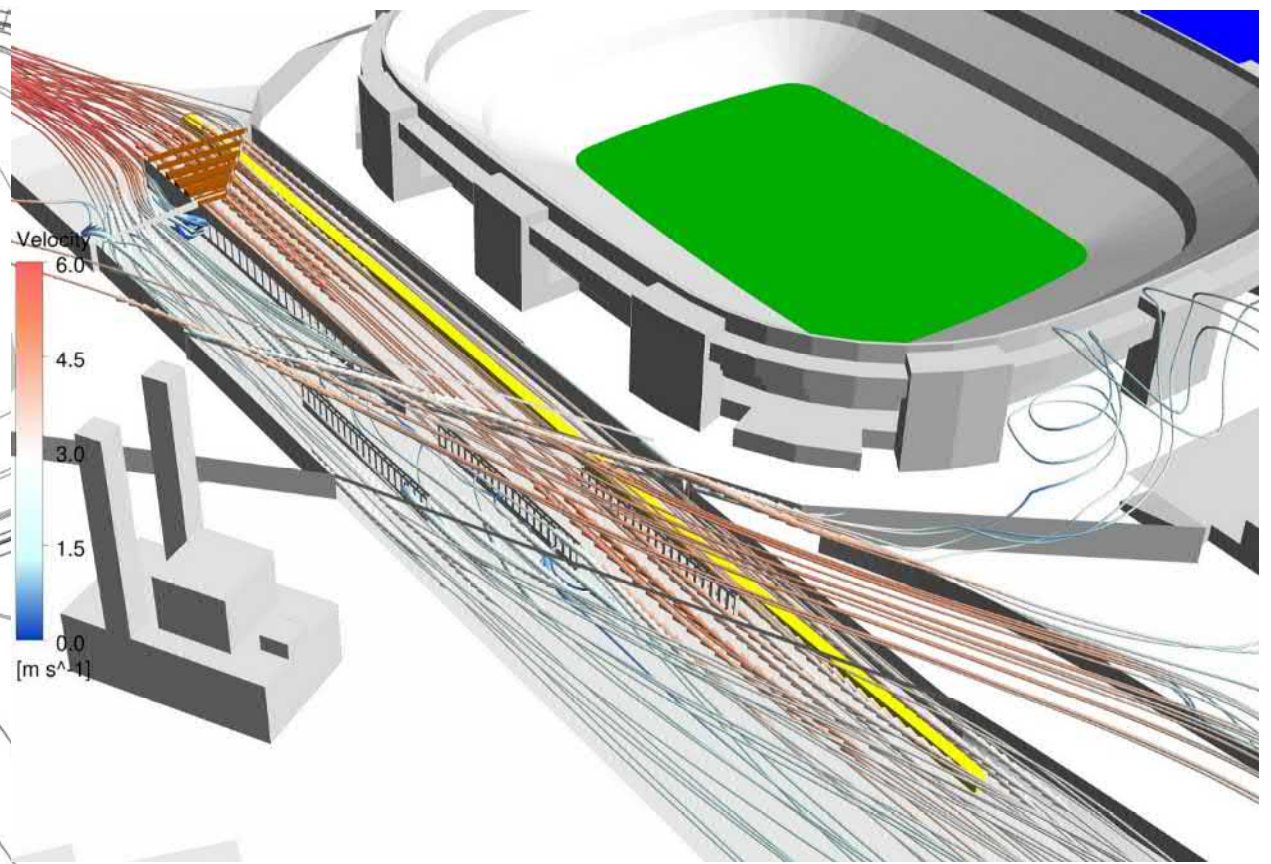
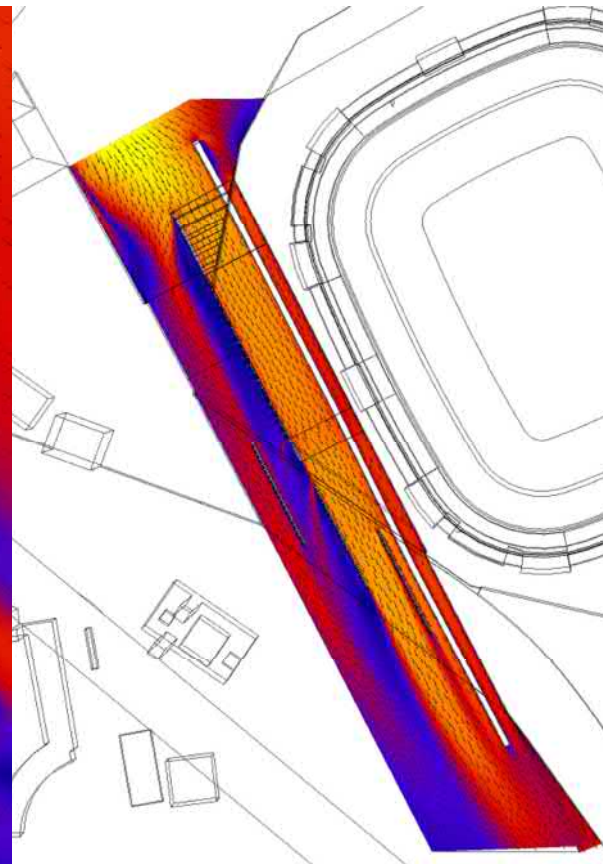


Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

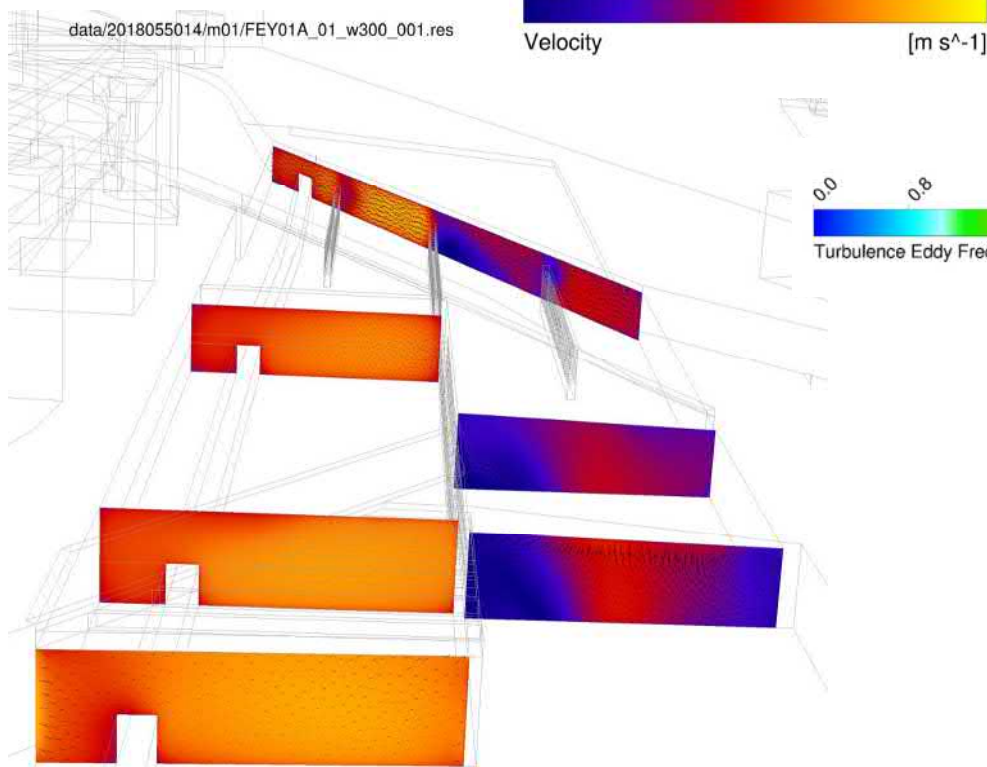
Resultaten wind WNW



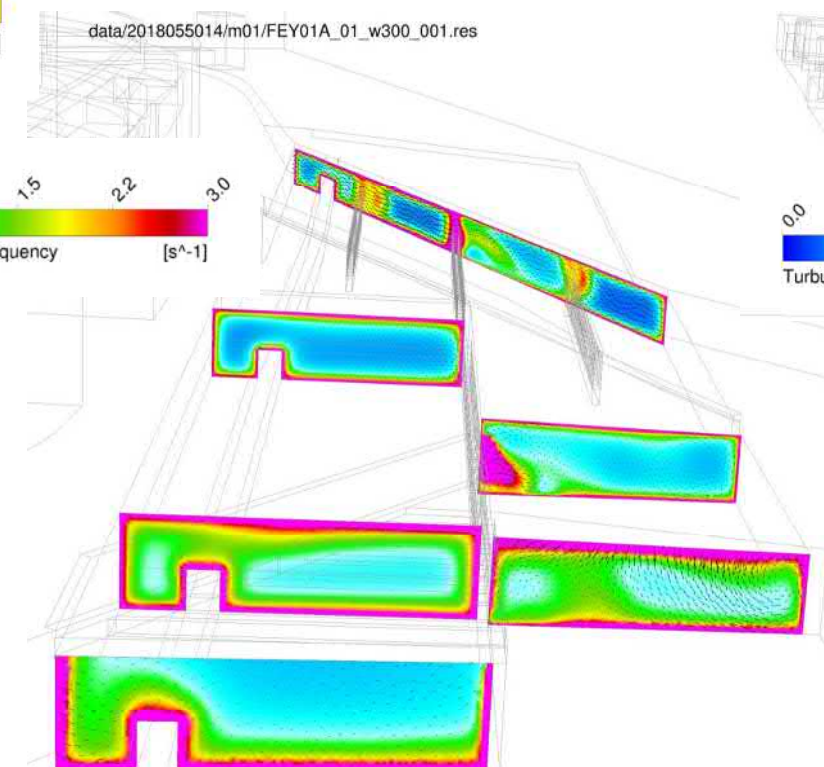
Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing



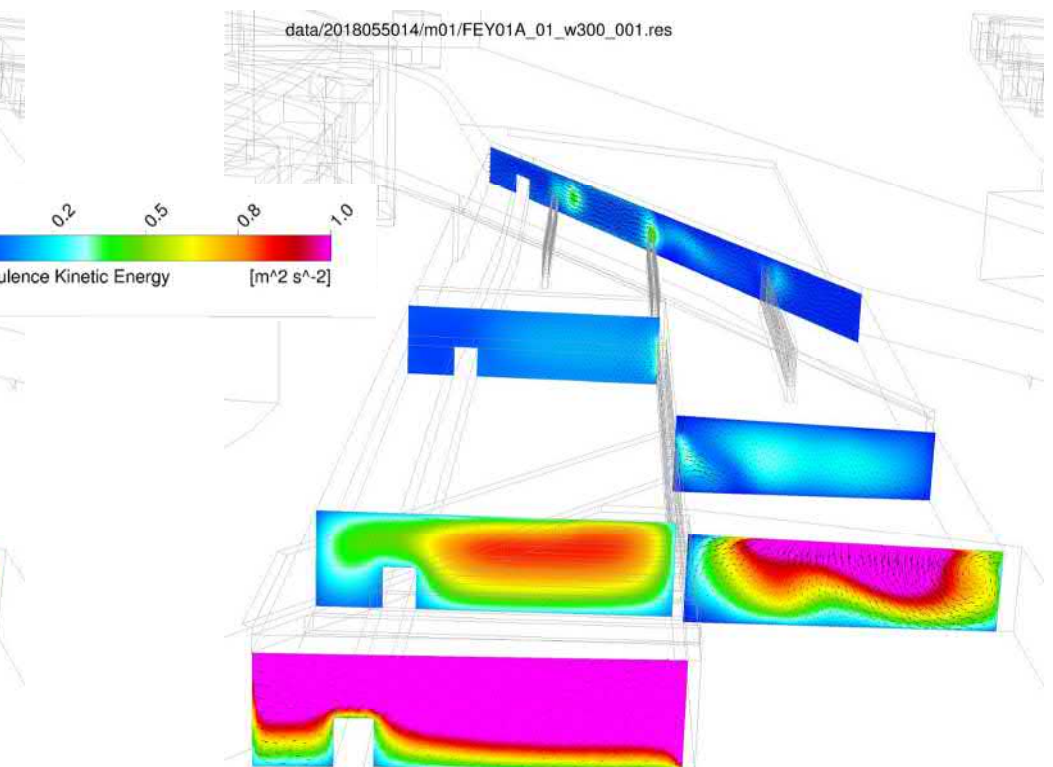
Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijln voor richting ter plaatse van doorgangen



Verticale doorsneden met de lichtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

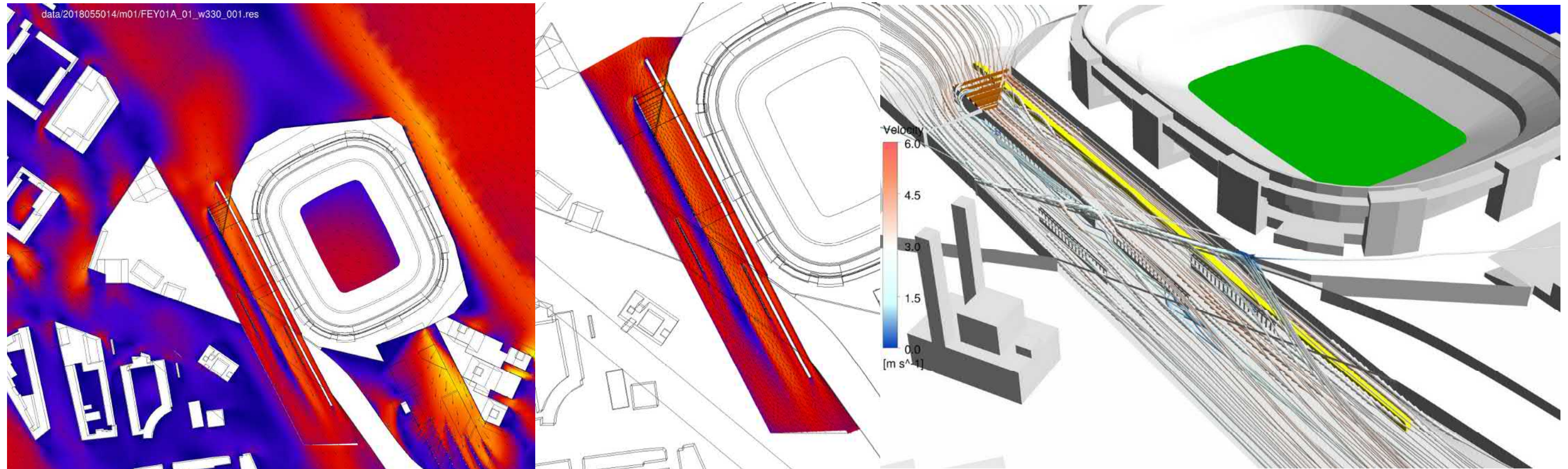


Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23



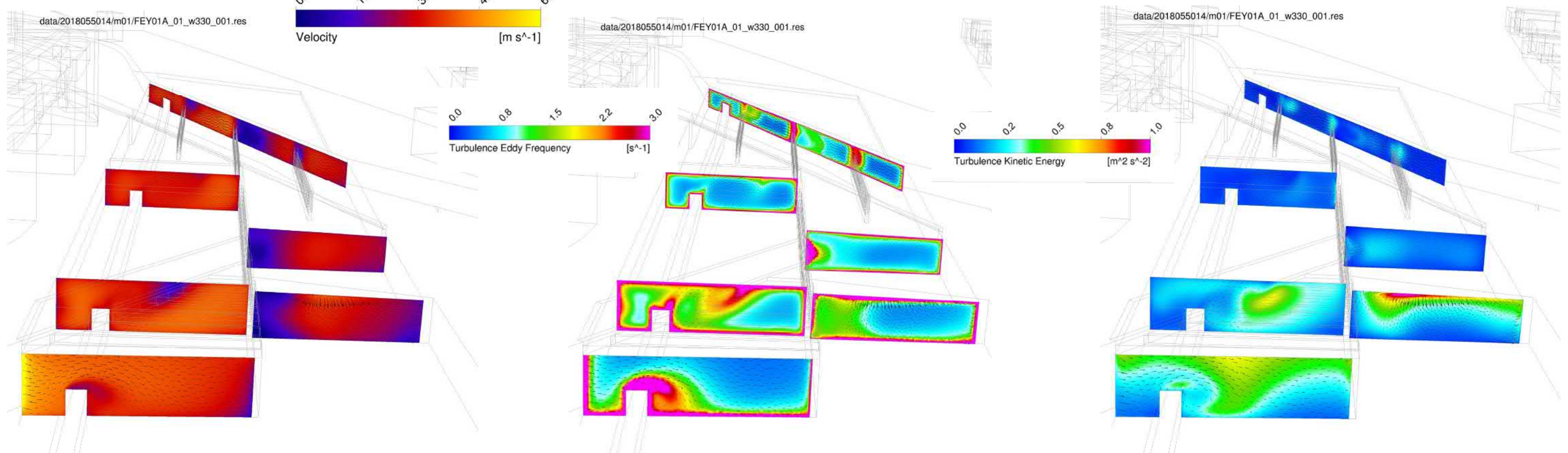
Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

Resultaten wind NNW



Windsnelheden op hoofdhoogte 1.75 m boven grondniveau (links gebied rondom overkluizing, rechts alleen onder de overkluizing

Stroomlijnen in tunnel met 3d-pijlen voor richting ter plaatse van doorgangen

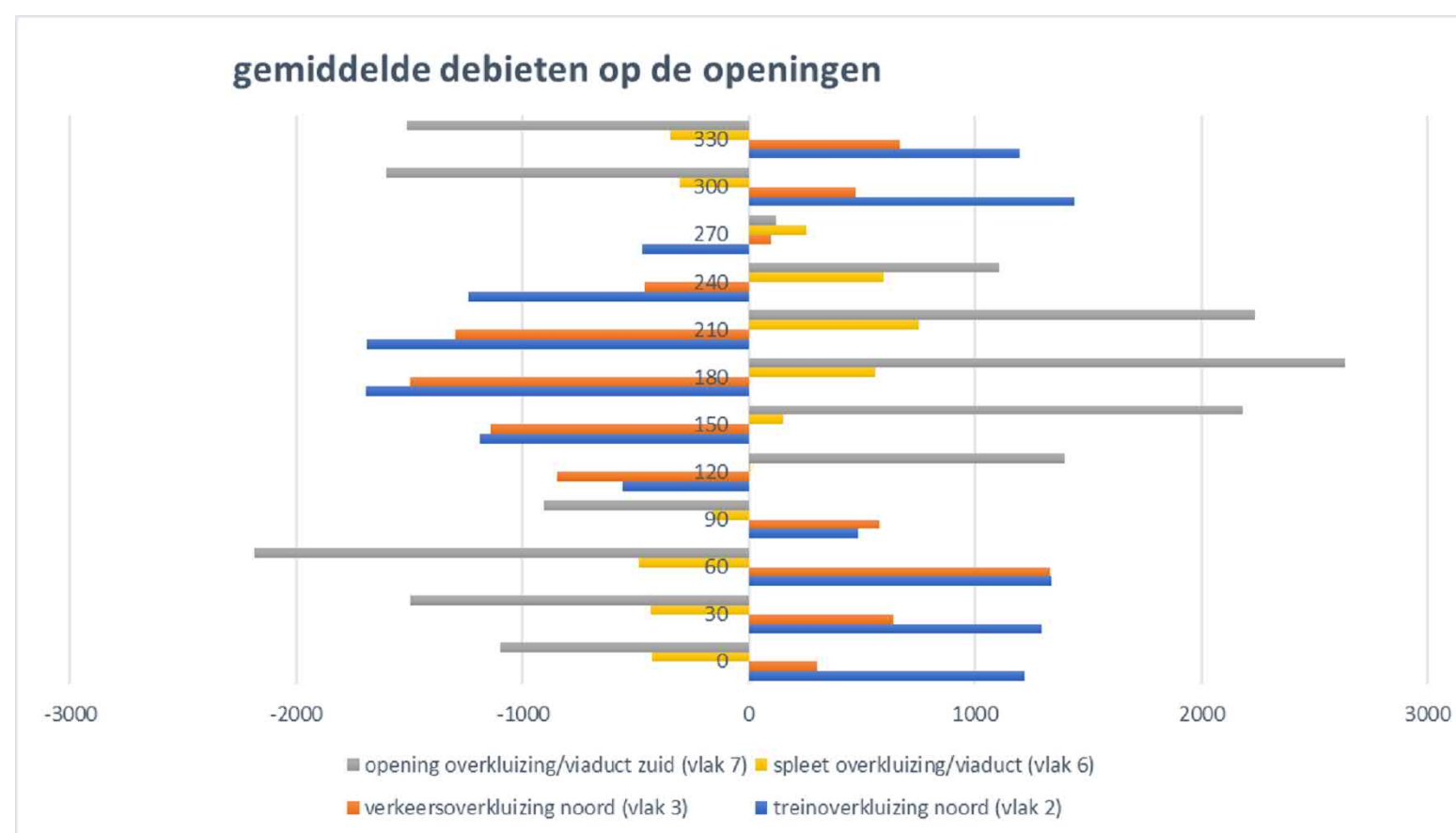
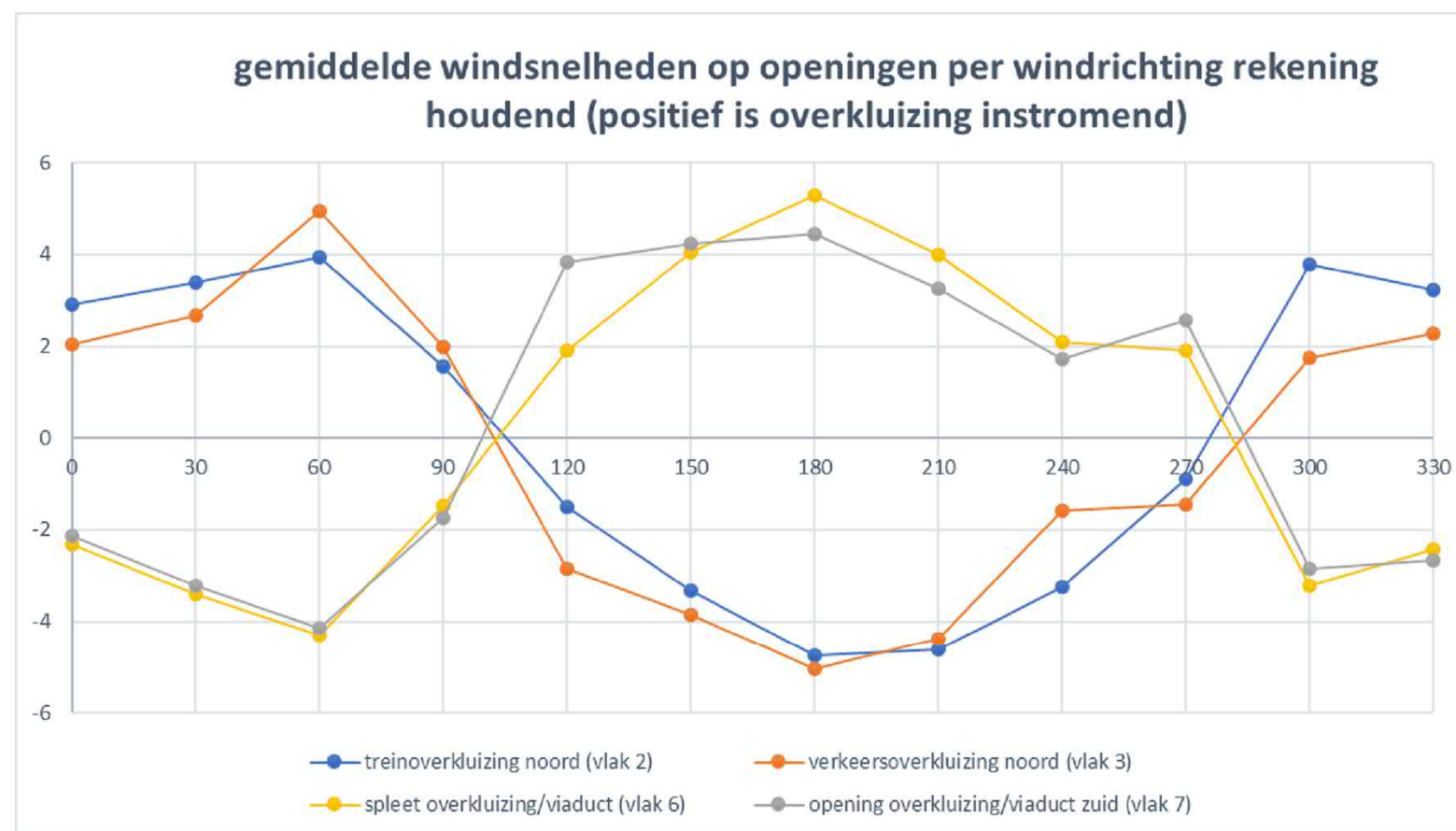


Verticale doorsneden met de luchtsnelheden op de genoemde vlakken op pagina 23

Verticale doorsneden met de parameter turbulence eddy frequency op de genoemde vlakken op pagina 23

Verticale doorsneden met de parameter turbulent kinetic energy op de genoemde vlakken op pagina 23

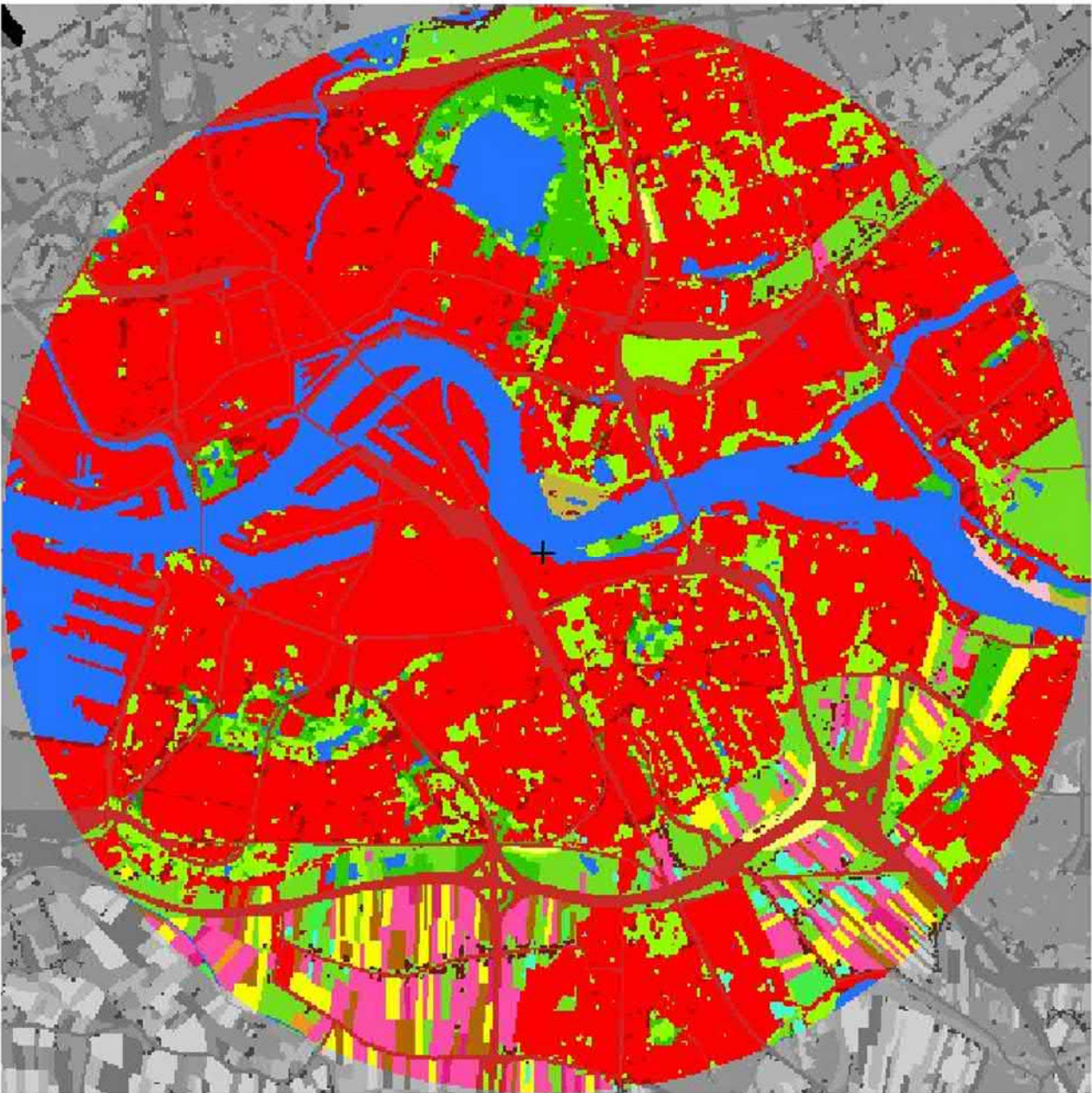
Resultaten grafieken gemiddelde snelheden en debieten op openingen



Bijlage 5: Windstatistiek en terreinruwheid bij Feyenoord City



Bijlage 3: Windstatistiek en terreinruwheid bij Feyenoord City



ID	z ₀ (m)	Rood	Groen	Blauw	Kleur	Klasse
0	0,03	0	0	0		Geen gegevens
1	0,03	115	223	31		Gras
2	0,17	239	153	25		Mais
3	0,07	178	102	0		Aardappelen
4	0,7	229	31	127		Bieten
5	0,16	255	255	0		Granen
6	0,07	255	78	168		Overige landbouwgewassen
7	0,15	4	222	30		Buitenland
8	0,1	70	255	207		Glastuinbouw
9	0,39	69	239	69		Boomgaard
10	0,07	172	129	168		Bollen
11	0,75	51	200	0		Loofbos
12	0,75	0	153	0		Naaldbos
16	0,001	36	115	255		Zoet water
17	0,001	0	0	153		Zout water
18	1,6	255	0	0		Stedelijk bebouwd gebied
19	0,5	172	0	0		Bebouwing in buitengebied
20	1,1	51	200	0		Loofbos in bebouwd gebied
21	1,1	0	153	0		Naaldbos in bebouwd gebied
22	2	171	9	9		Bos met dichte bebouwing
23	0,03	148	255	0		Gras in bebouwd gebied
24	0,001	255	255	102		Kale grond in bebouwd buitengebied
25	0,1	204	42	42		Hoofdwegen en spoorwegen
26	0,5	118	24	24		Bebouwing in agrarisch gebied
27	0,0003	0	0	0		Start- en landingsbanen
28	0,1	204	42	42		Parkeerplaats
30	0,0002	176	48	96		Kwelders
31	0,0003	230	251	4		Open zand in kustgebied
32	0,02	137	212	43		Open duinvegetatie
33	0,06	90	186	64		Gesloten duinvegetatie
34	0,04	117	0	117		Duinheide
35	0,0003	255	255	102		Open stuifzand
36	0,03	117	0	117		Heide
37	0,04	164	35	83		Matig vergraste heide
38	0,06	173	139	6		Sterk vergraste heide
39	0,06	36	153	150		Hoogveen
40	0,75	6	90	76		Bos in hoogveengebied
41	0,03	255	192	203		Overige moerasvegetatie
42	0,1	255	165	0		Rietvegetatie
43	0,75	0	100	0		Bos in moerasgebied
44	0,07	56	198	97		Veenweidegebied
45	0,03	197	182	57		Overig open begroeid natuurgebied
46	0,001	255	255	0		Kale grond in natuurgebied

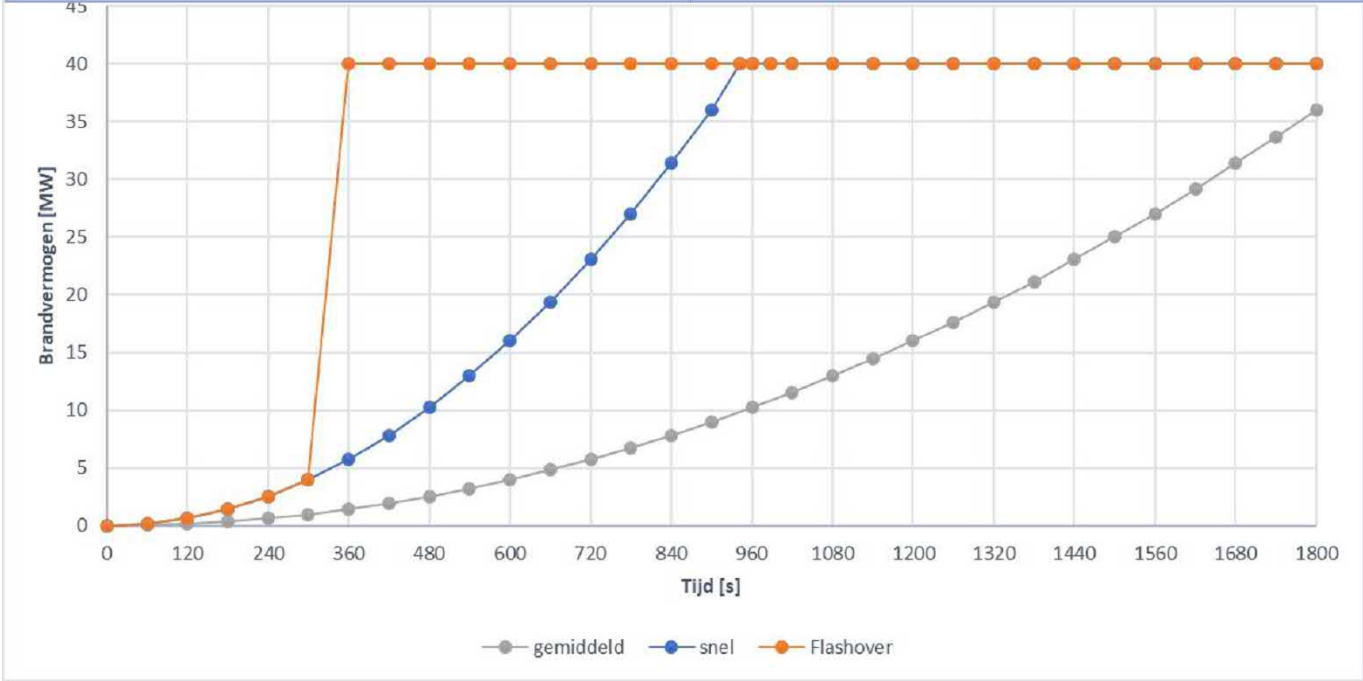
Windsnelheid in m/s		Distributief in uren per windrichting op 60 meter hoogte												
		0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	totaal
0	0,9	16,6	16,4	12,8	17,8	16,7	16,4	17,1	19,6	21	16,3	16,7	14	201,4
1	1,9	70,8	74,9	54,6	68,6	64,1	69,7	78,5	86,4	87,6	68,3	76,4	58,6	858,5
2	2,9	149,7	157,6	123,7	141,6	134,3	151,1	178,1	200	191,1	144,6	156,6	120,5	1848,9
3	3,9	240,4	258,4	205,9	235,6	209,1	247,4	297,2	344	324,6	237,7	246,9	193,9	3041,1
4	4,9	319,7	354,2	296,6	330,6	277,8	339,1	421,9	514,8	482,4	339,6	332,2	267,1	4276
5	5,9	392	442,1	384,4	424,2	335	412,8	541,8	684,7	646,9	433,7	407,5	327,6	5432,7
6	6,9	443	509,5	457,6	491,4	374,9	460,9	643,5	847	801,6	517,5	470,9	377	6394,8
7	7,9	476,4	555,6	506,5	541,7	399,8	494,4	727,1	993	934,5	589,1	520,4	412,9	7151,4
8	8,9	494,5	584,5	545,8	575,9	411,9	516,7	792,1	1115,9	1045,1	639	555,3	435,8	7712,5
9	9,9	503,9	601,2	574,3	600,9	416,4	529,5	837,3	1210,5	1128,3	676,4	578,3	451,2	8108,2
10	10,9	509	610,5	591,8	614,6	418,2	536,1	868,6	1282,6	1188,4	704	592	458,4	8374,2
11	11,9	511,8	614,2	602,8	622,7	418,8	539,1	888,1	1333,1	1228,3	722,7	601,6	462,7	8545,9
12	12,9	513,2	616,6	609,5	626,8	419	539,8	899,6	1363,9	1251,6	736	605,8	464,9	8646,7
13	13,9	514	617,3	612,9	629,1	419,1	540,3	905,8	1382,4	1267,3	744,9	607,5	466	8706,6
14	14,9	514,2	617,4	613,8	630,1	0	540,5	909	1392,8	1274,8	749,6	608,4	466,6	8317,2
15	15,9	0	0	614	630,3	0	0	910,2	1397,9	1278,5	752,6	609	466,9	6659,4
16	16,9	0	0	0	0	0	0	910,9	1400,6	1280,5	754,1	609,3	467	5422,4
17	17,9	0	0	0	0	0	0	911,5	1402,3	1281,7	755,2	609,3	0	4960
18	18,9	0	0	0	0	0	0	911,7	1402,9	1282,1	755,6	609,5	0	4961,8
19	19,9	0	0	0	0	0	0	0	1403,1	1282,3	755,7	0	0	3441,1
20	20,9	0	0	0	0	0	0	0	1403,2	1282,5	755,7	609,5	0	4050,9
21	21,9	0	0	0	0	0	0	0	0	1282,6	755,8	0	0	2038,4
22	22,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
totaal uren		514,2	617,4	614	630,3	419,1	540,5	911,7	1403,2	1282,6	755,8	609,5	467	119150,1
80%		411,4	493,9	491,2	504,2	335,3	432,4	729,4	1122,6	1026,1	604,6	487,6	373,6	
snelheid 60 meter hoog		7	7	8	8	7	7	9	10	9	9	8	7	

Bijlage 6: Numeriek inlegvel brandsimulaties



Project	Projectgegevens
Projectnaam	Feyenoord City
Opdrachtgever	Nieuw Stadion B.V.
Projectleider	Ir. ██████████
Datum	Aug 2020
Model	
Omvang gemodelleerd gebied	Een straal van 300 meter rondom het projectgebied
Kerngebied	Feyenoord City
Omgeving	Feyenoord City
Afmetingen model	$\pi r^2 h$ met straal van ca. 1.8 km en een hoogte van 500 meter
Blokkeringsgraad	<5%
Gemodelleerd groen	Nee
Onderzochte configuraties	Gevoeligheidsanalyses bepalen maatgevende windrichting en brandlocaties (4 berekeningen) stationaire berekeningen: - windrichting ONO (voor vermogen ca. 5 MW en ca. 40MW); - windrichting W (voor vermogen ca. 5 MW en ca. 40MW) Tijdsafhankelijke brandsimulaties: - brandcurve gemiddeld (zie onder bij randvoorwaarden) voor 20 min; - brandcurve snel (zie onder bij randvoorwaarden) voor 20 min; - brandcurve flashover (zie onder bij randvoorwaarden) voor 20 min;
Computerinstellingen	
Programmatuur	Ansys CFX v19.2, FVM (eindige volume methode)
Algemeen	Drie-dimensionaal, tijdsafhankelijk, total energy
Rekenrooster	Ca. 23 miljoen cellen (multizone model, in de overklusing op de relevante gebieden gemaakt van een hexa model, prisma-tetra model op de overige gebieden waarbij de prisma's zijn gebruikt voor de grenslaagmodellering)
Turbulentiemodellering	SST-omega turbulentiemodel
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: High Resolution (second order UPWIND) Turbulente grootheden: High Resolution (second order UPWIND) Scalaire grootheden: High Resolution (second order UPWIND)

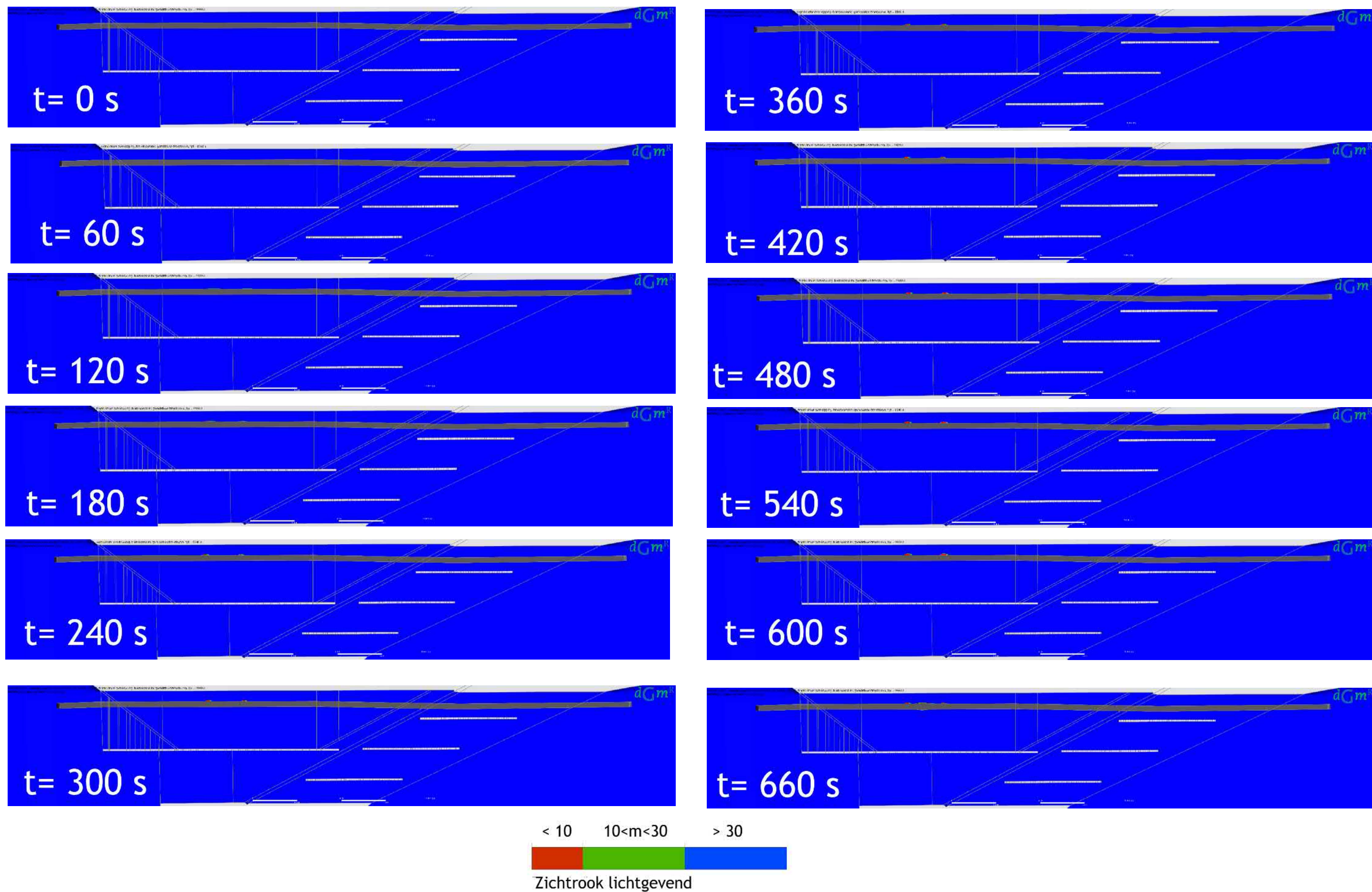
Randvoorwaarden	
Instroomprofiel	Logaritmisch windprofiel (Richard & Hoxey)
Uitlaat	Ongedwongen (geen drukverschil)
Grond buiten gemodelleerde omgeving	Ruwheidslengte $z_0 = 1$ meter voor stedelijk gebied
Gebouwen	Lokale ruwheid van 0.01 meter
Thermische eigenschappen materialen	Staal en beton volgens opgave ProRail
Stralingsmodel	Discrete Transfer (Participating Media)
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: High Resolution (second order UPWIND) Turbulente grootheden: UPWIND Scalaire grootheden: High Resolution (second order UPWIND)
RMS convergentiefout	Voor de turbulentie, momentum en massa, heat transfer en rook variabelen minimaal onder de 10-3
Brandcurves	Zie grafiek onder tabel
Rook	- rook is gedefinieerd als rookgassen met ingemengde lucht - rookproductie is evenredig met het momentane brandvermogen en de verbrandingswaarde - rookverspreiding wordt gemodelleerd met transportvergelijking
Roetproductie (Y_s = soot yield)	Volgens opgave ProRail 0,05 g/g gevoeligheidsanalyse met 0,1 g/g.
Massa Extinctiecoefficient (Km)	7600 [$m^2 kg^{-1}$]
Zichtlengte lichtgevende objecten	$Z = 2,5 / \text{Rookpotentieel} \cdot \text{rook}$ met Rookpotentieel gedefinieerd als $\text{Rookpotentieel} = Y_s \cdot Km / 2.3$
Gepresenteerde resultaten	Rapport: Zichtlengte lichtgevende objecten bij twee soot yields (0,05 g/g en 0,1 g/g), de luchttemperatuur en de stralingsintensiteit (voor alle brandcurves per minuut weergegeven in Bijlage 7)



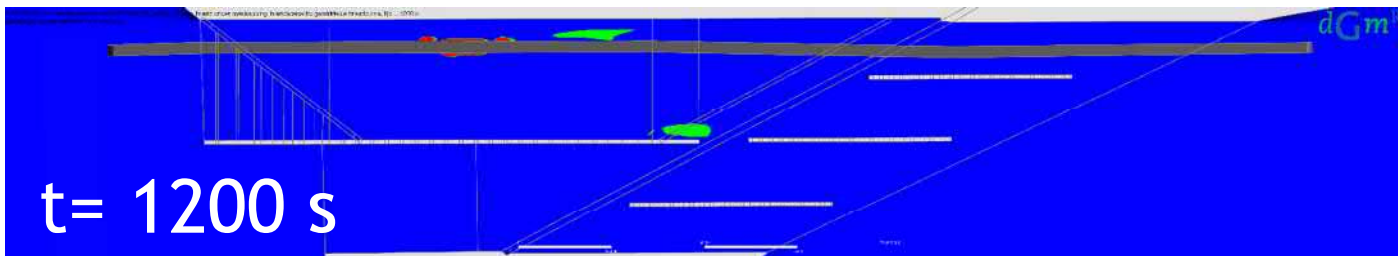
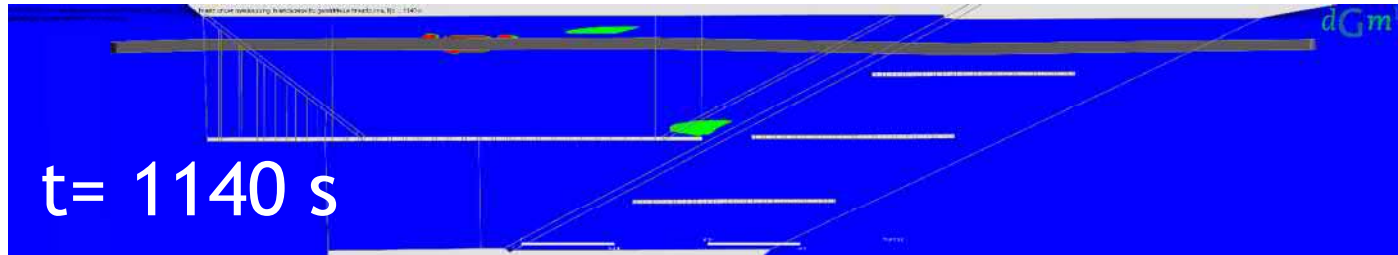
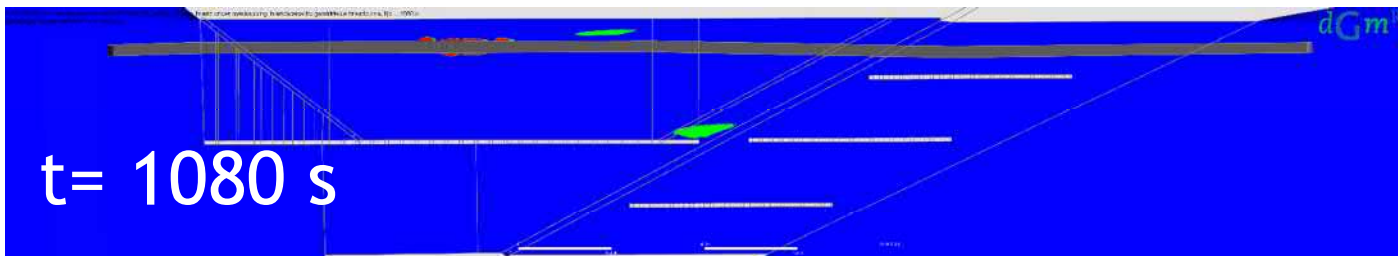
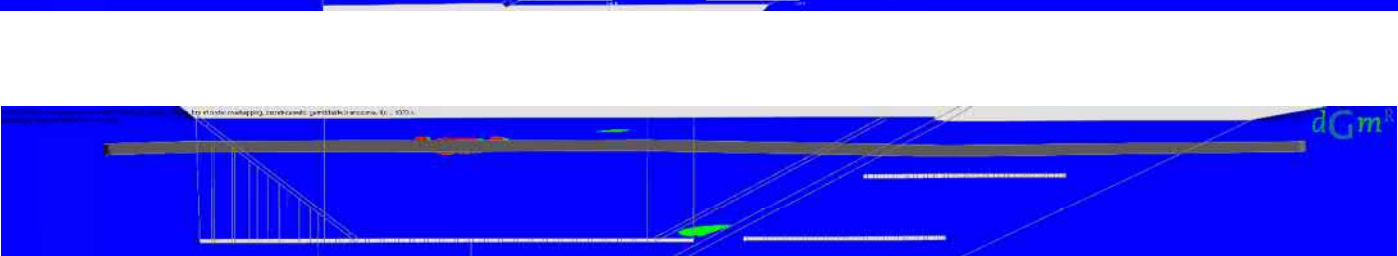
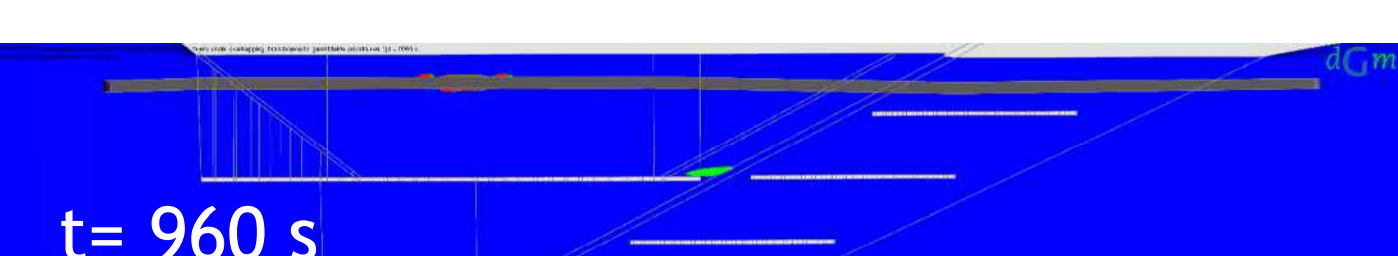
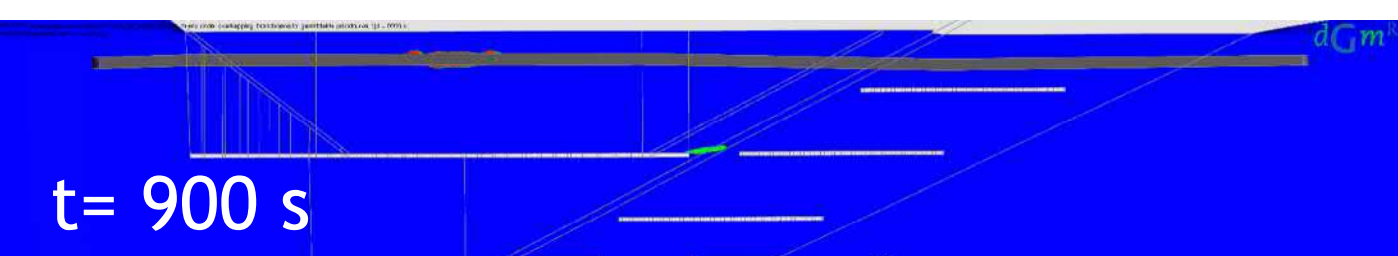
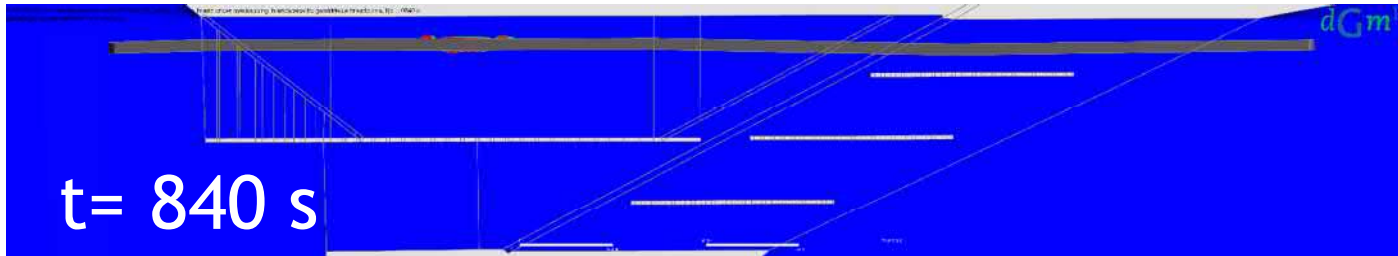
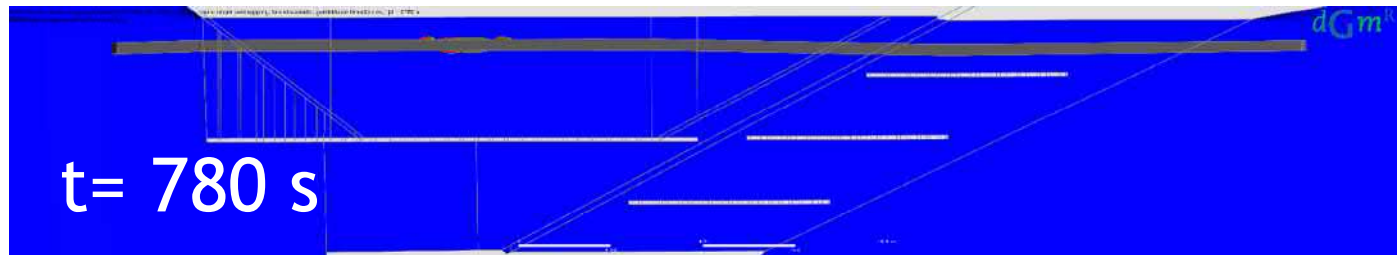
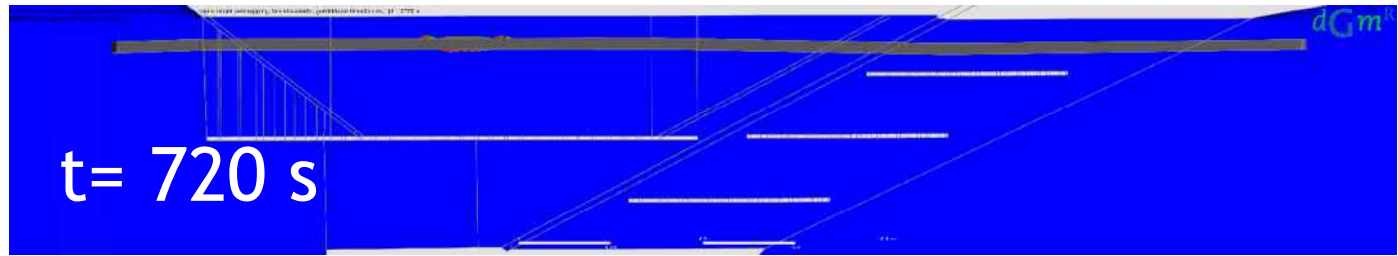
Bijlage 7: Resultaten brandsimulaties



Brandcurve gemiddeld Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,05 \text{ g/g}$

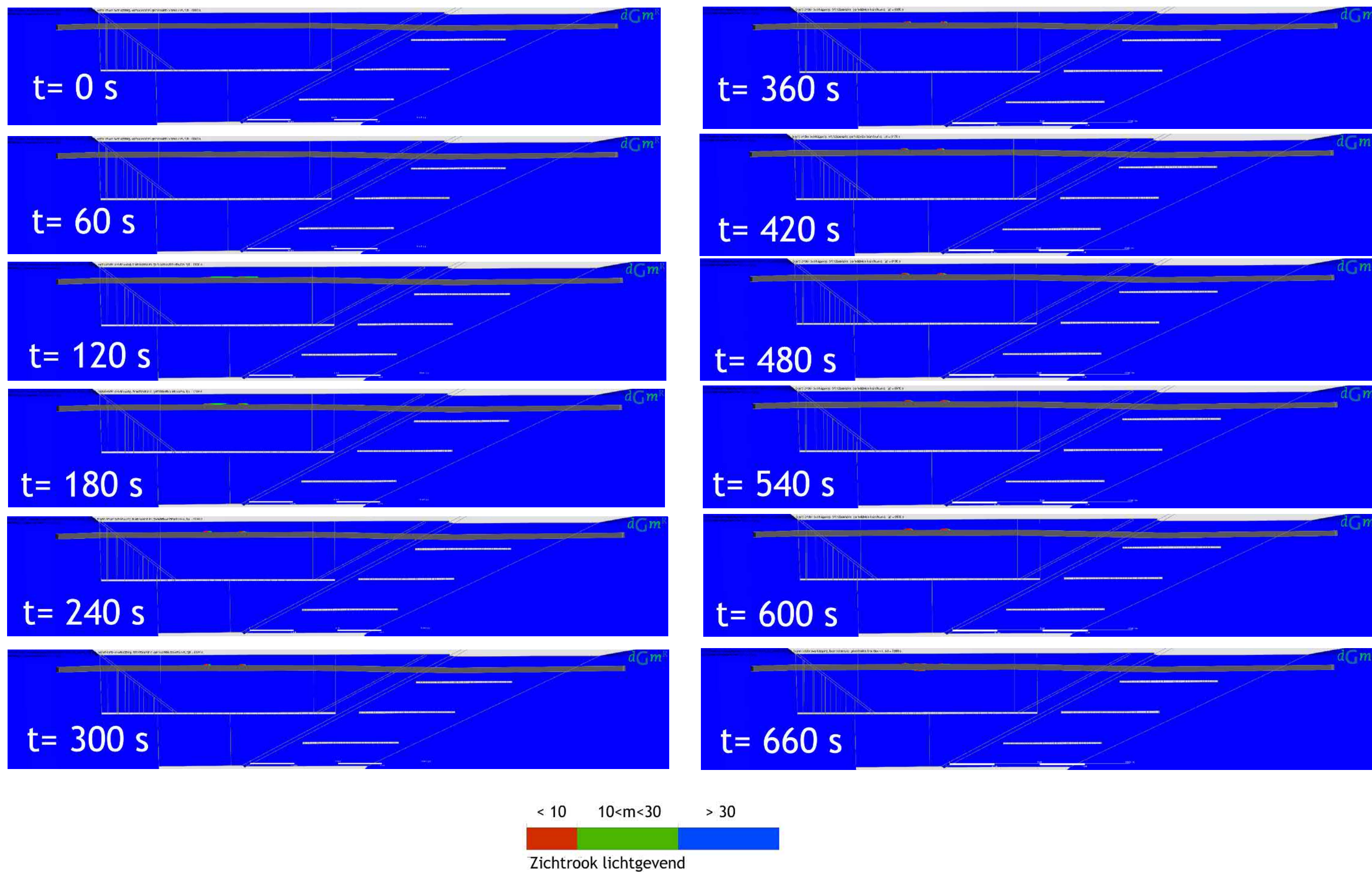


Brandcurve gemiddeld Zichtlengte lichtgevend Ys = 0,05 g/g

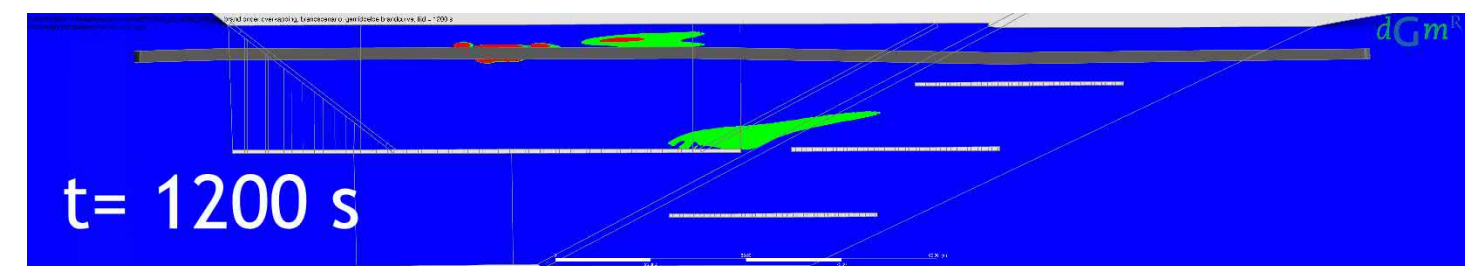
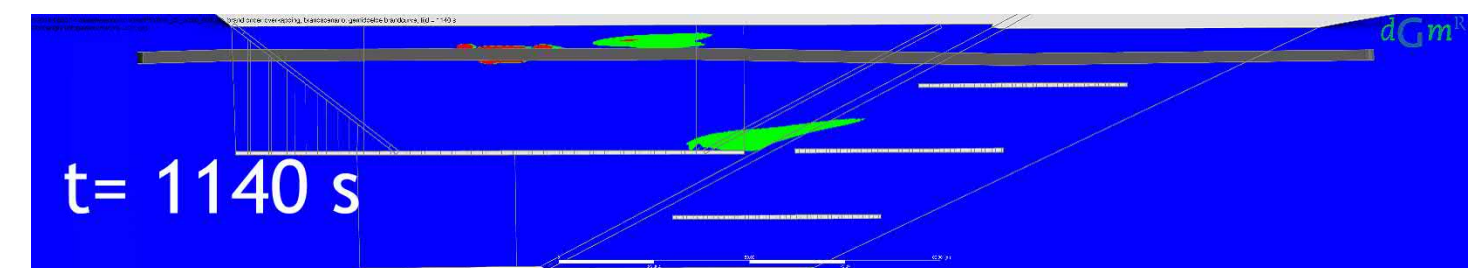
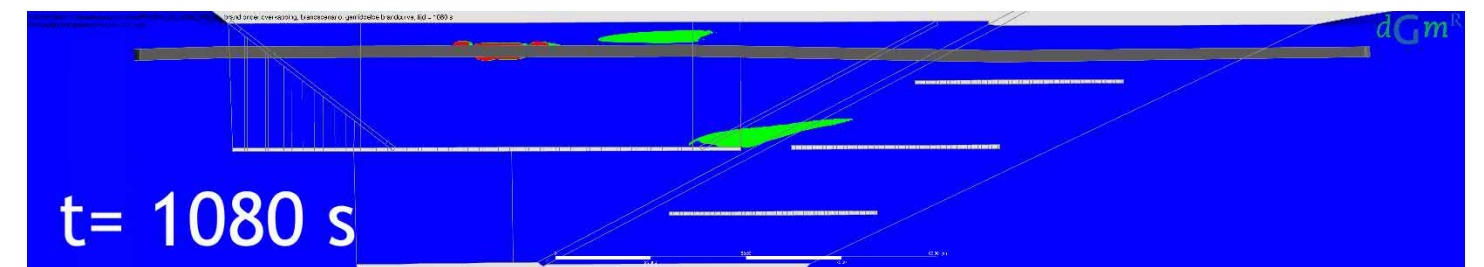
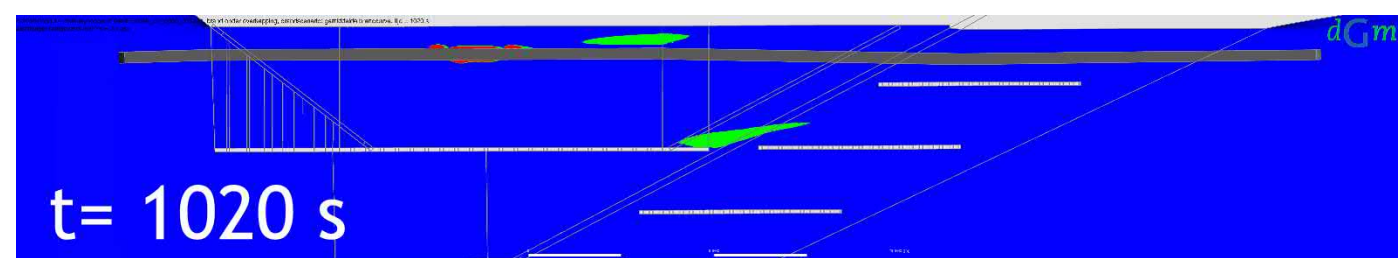
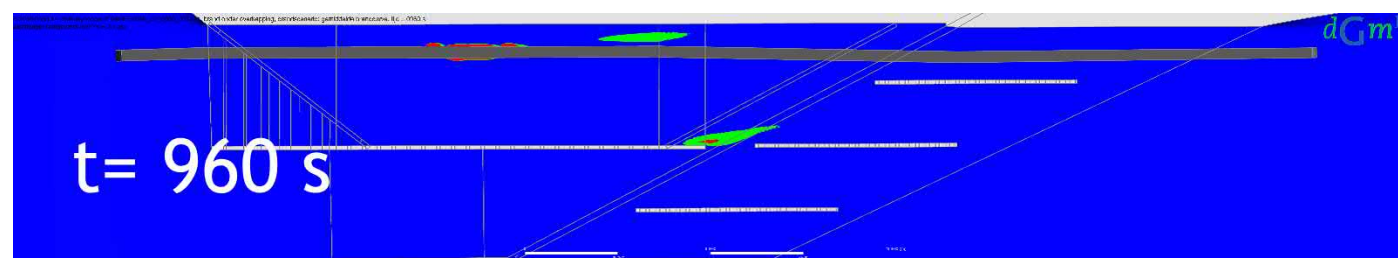
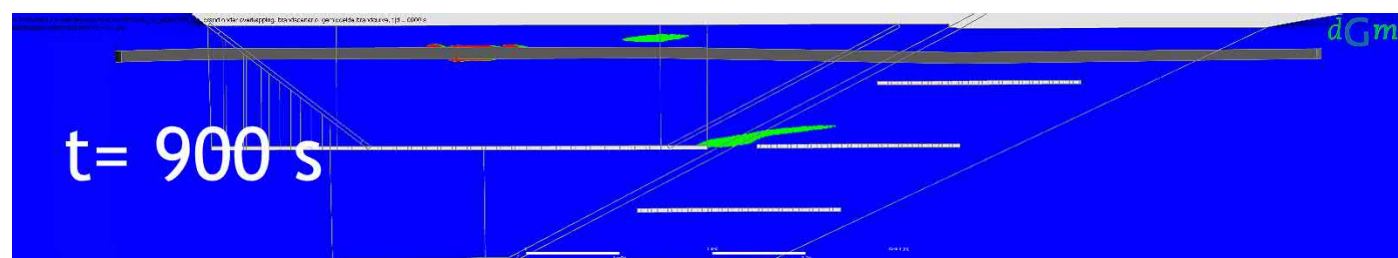
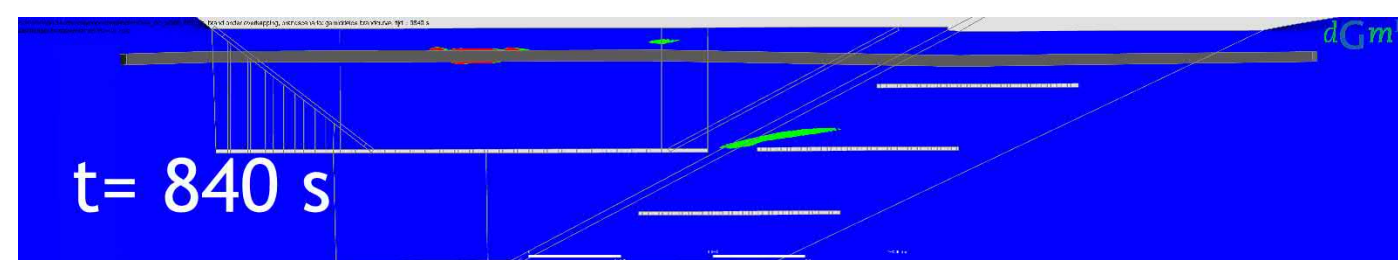
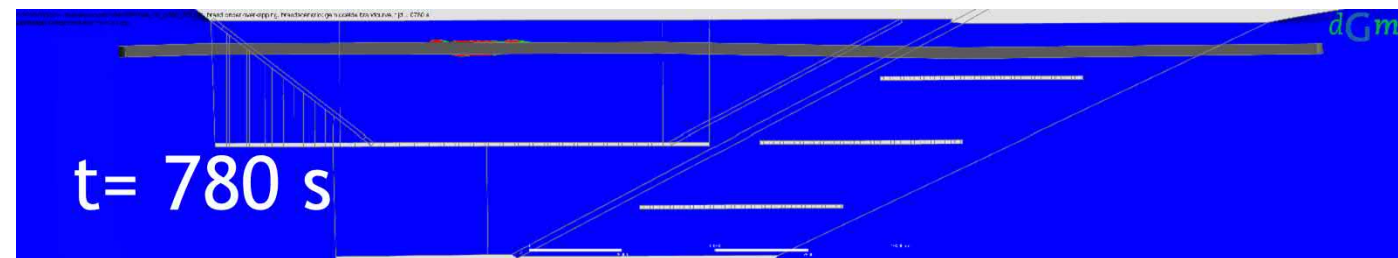
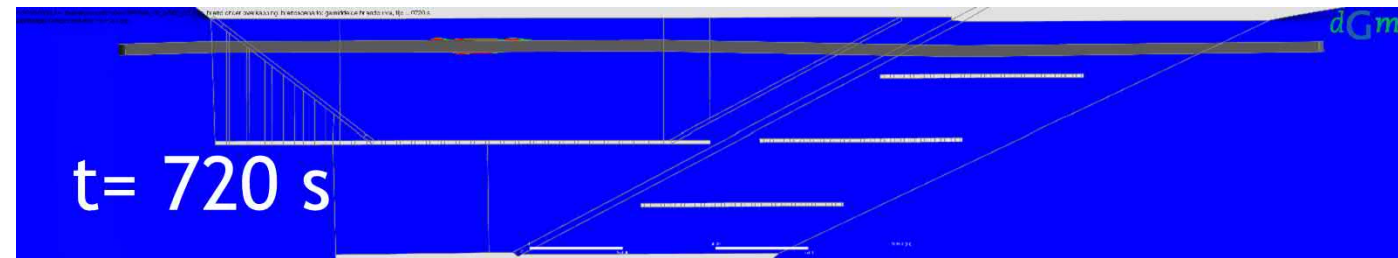


Zichtrook lichtgevend

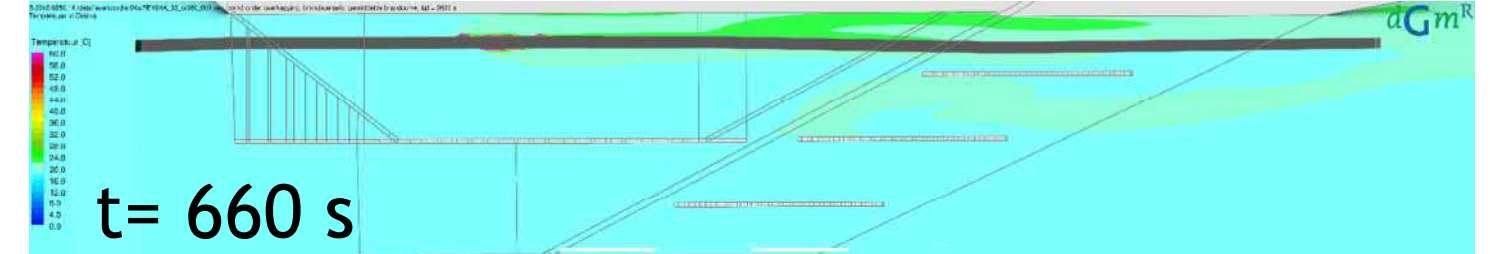
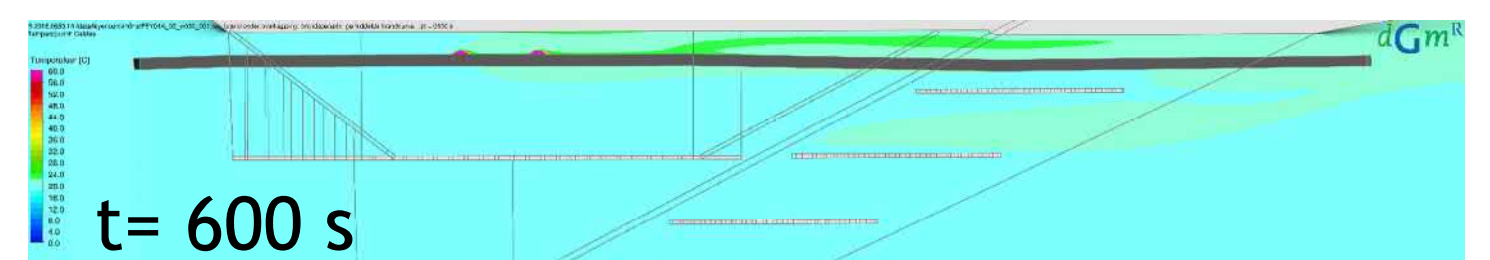
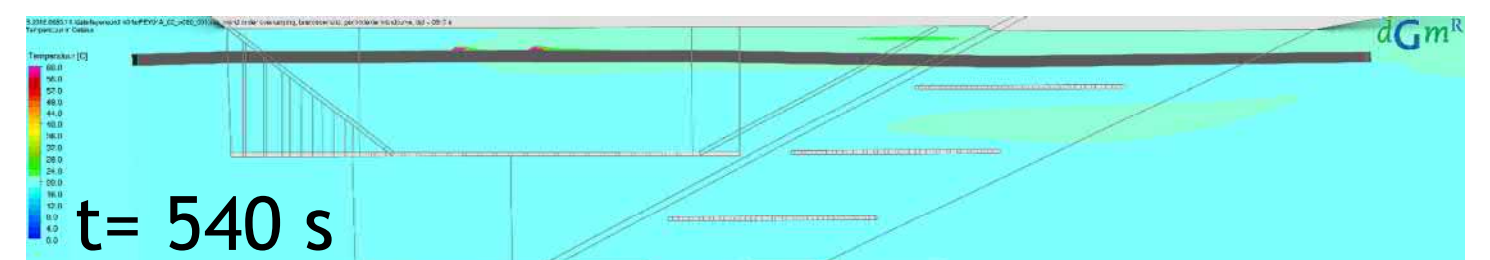
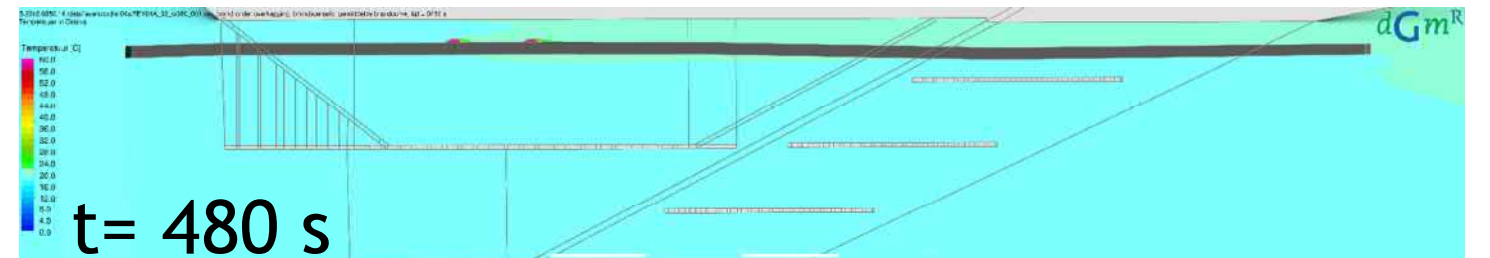
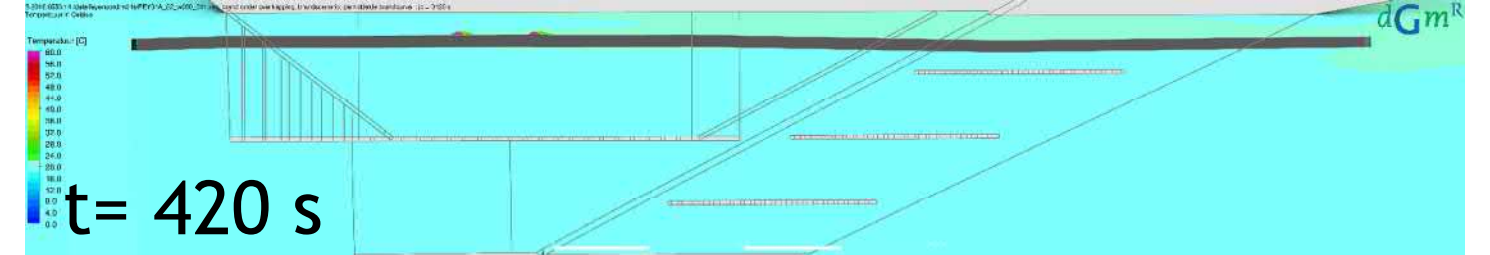
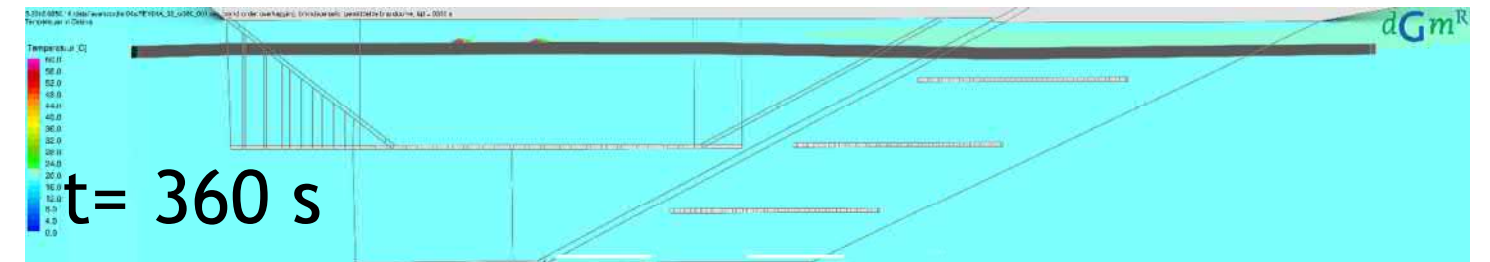
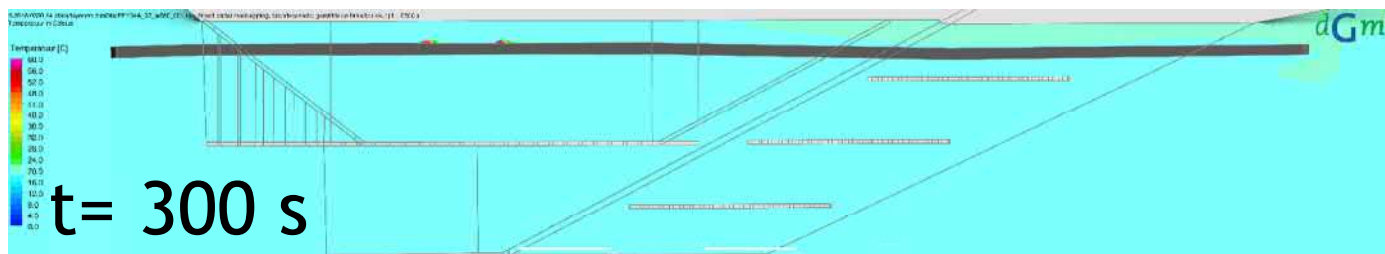
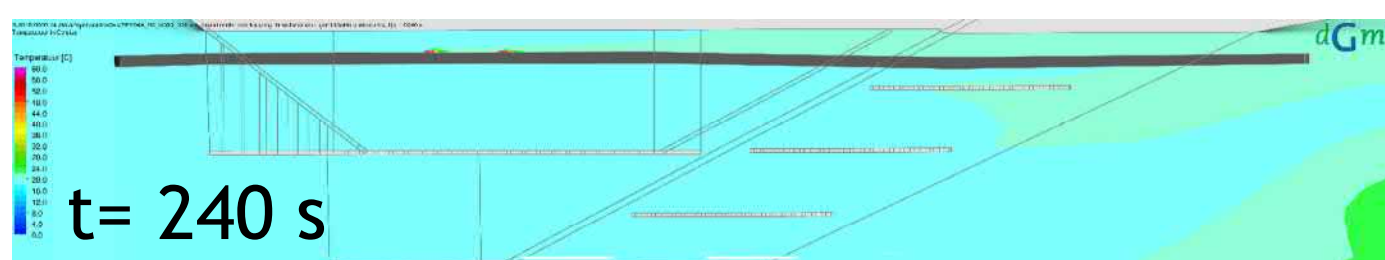
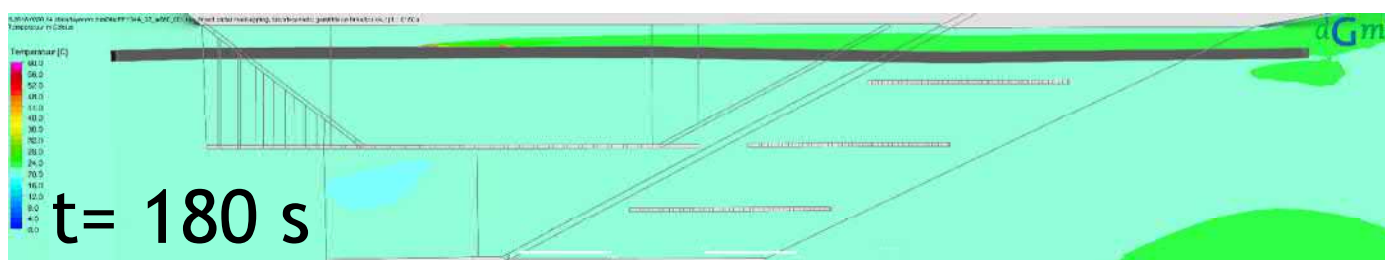
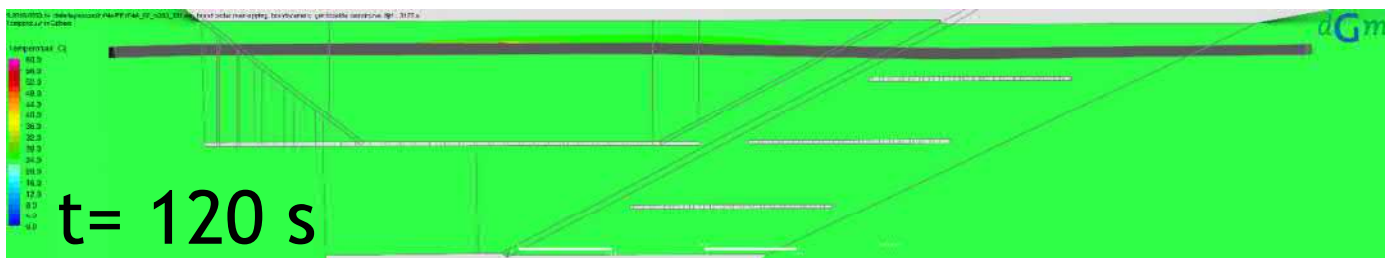
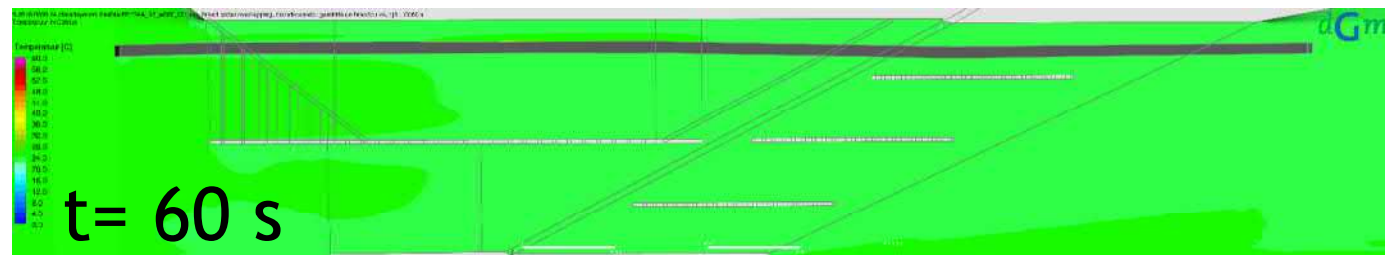
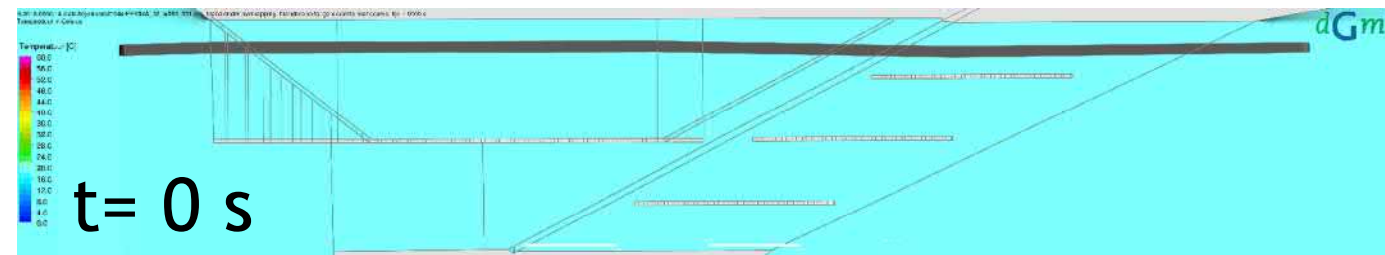
Brandcurve gemiddeld Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,1 \text{ g/g}$



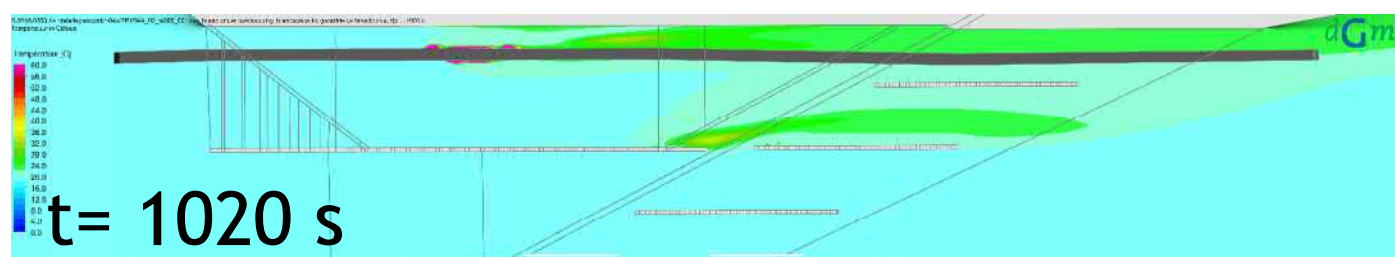
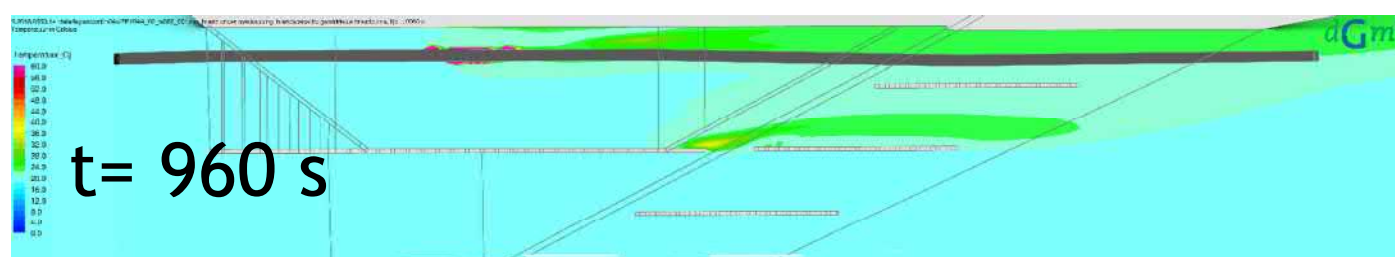
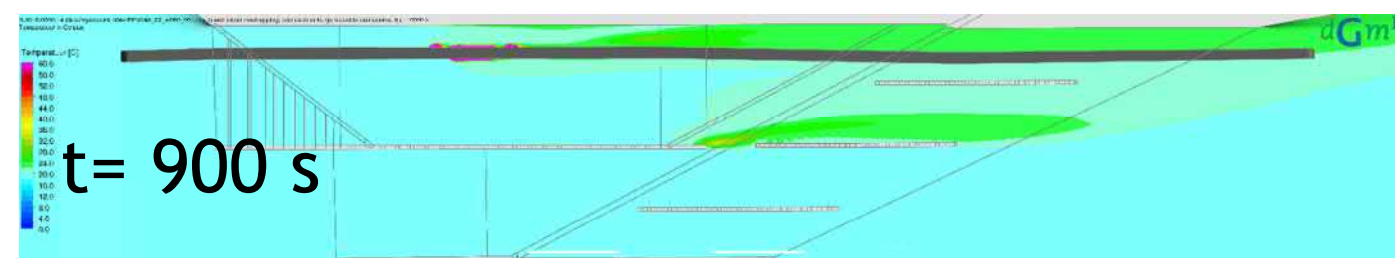
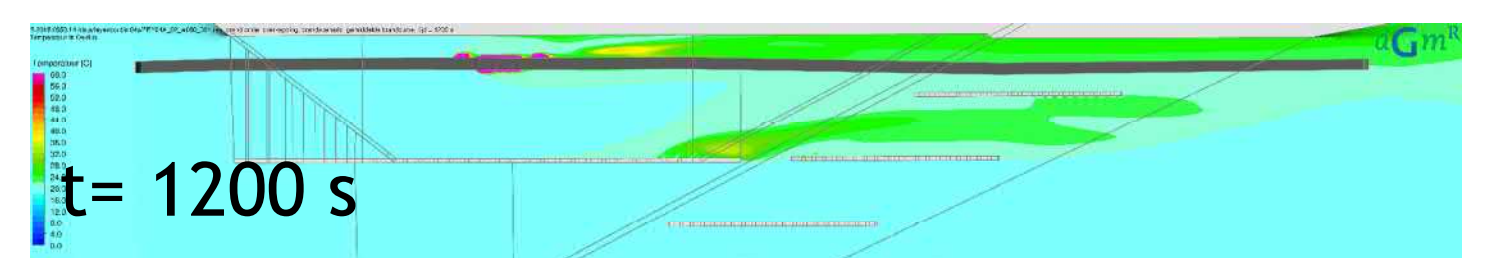
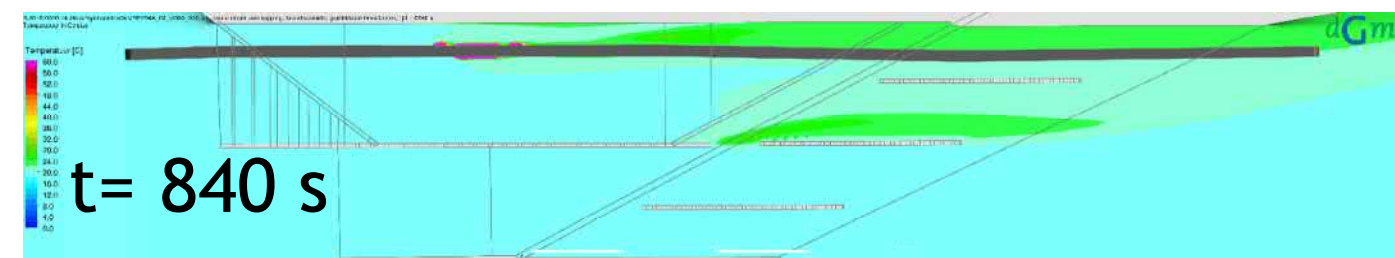
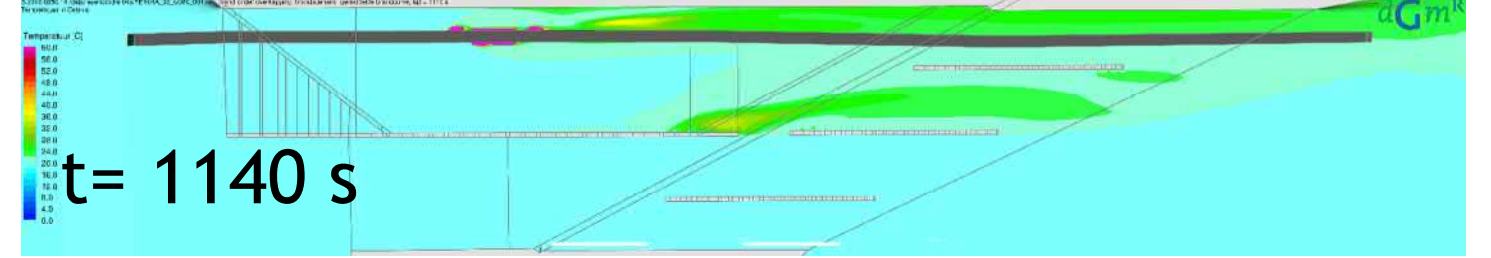
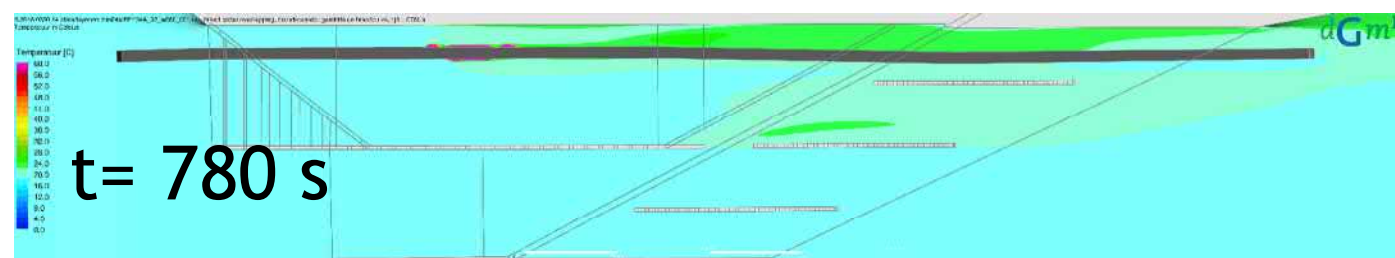
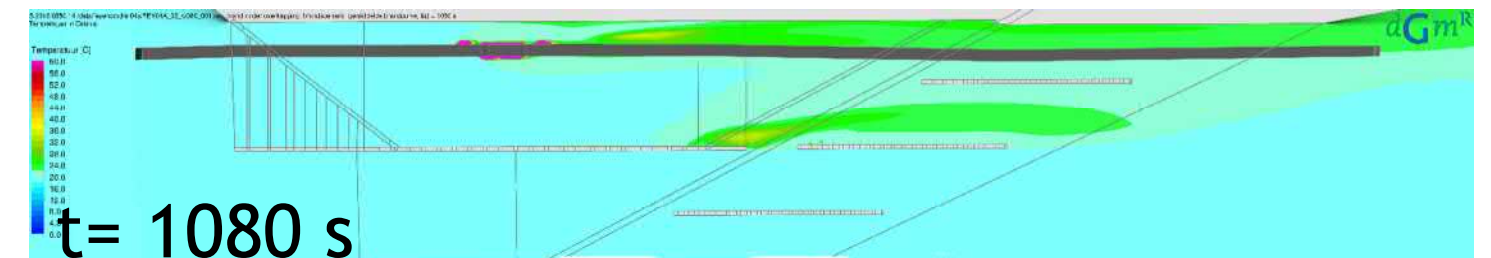
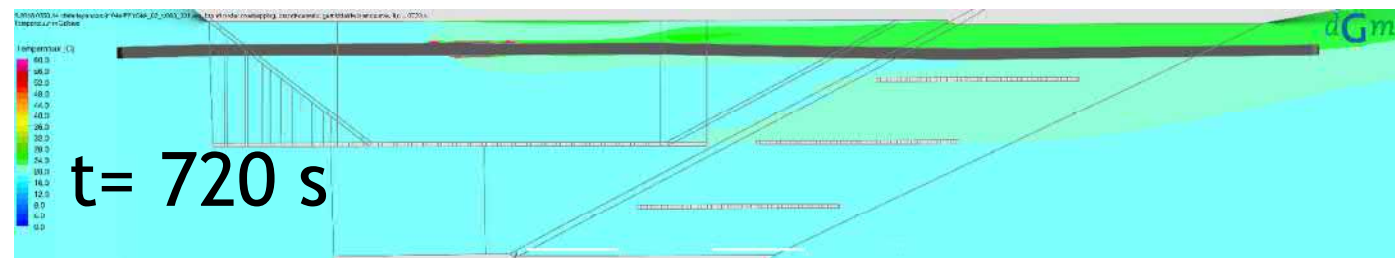
Brandcurve gemiddeld Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,1 \text{ g/g}$



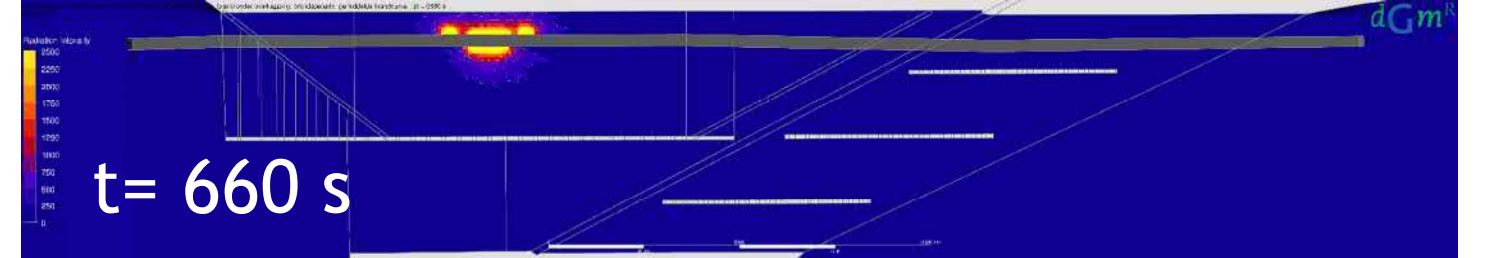
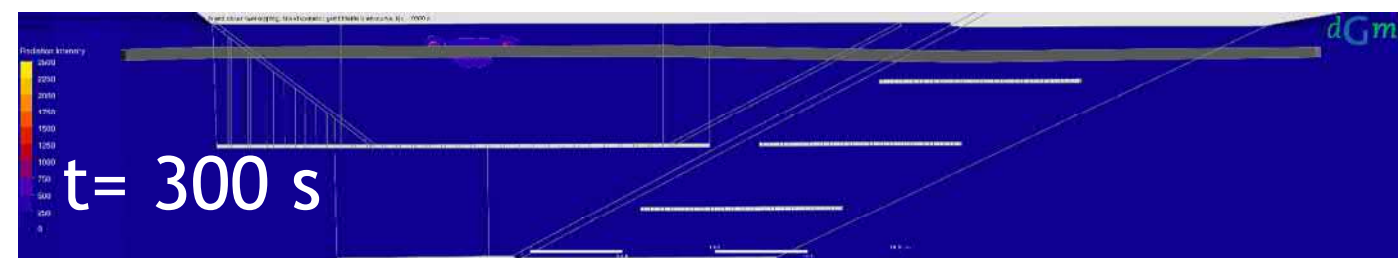
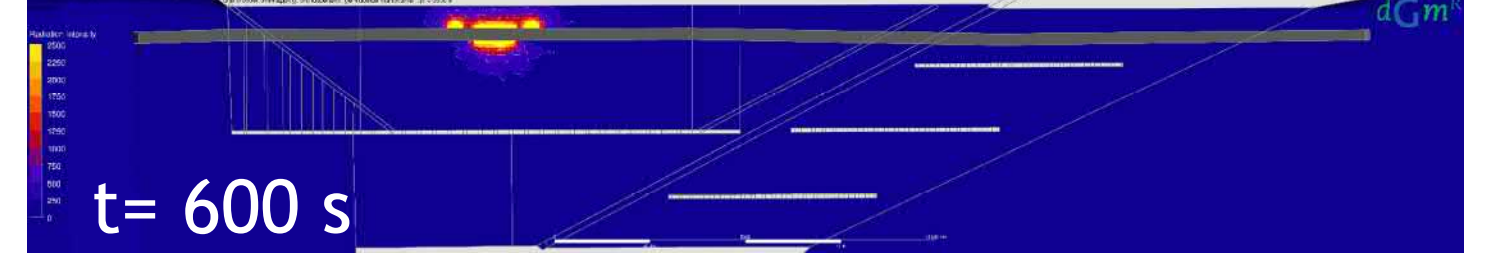
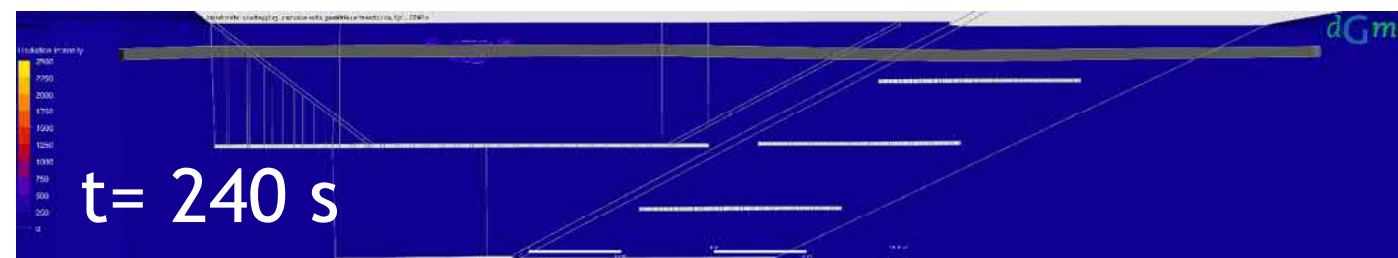
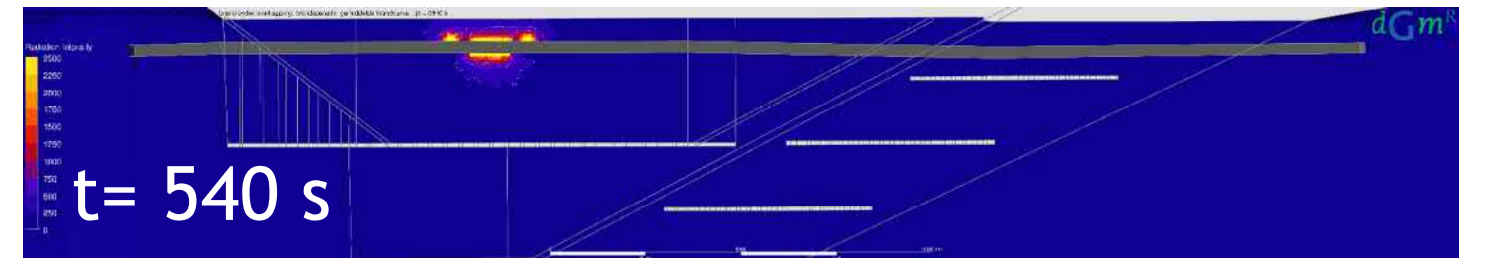
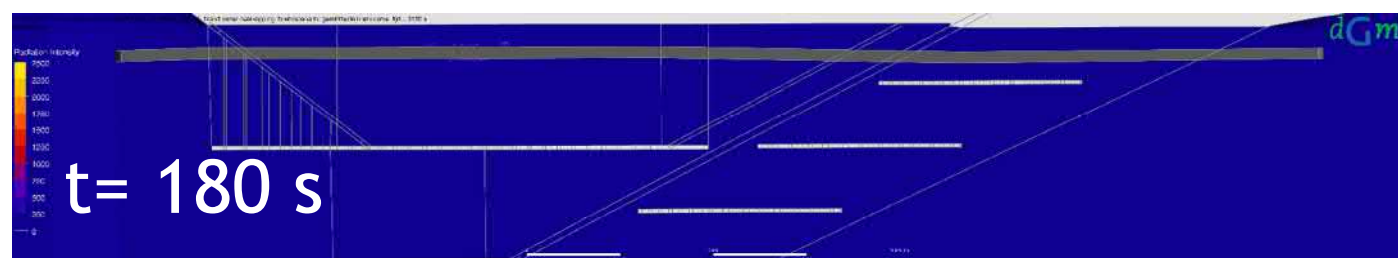
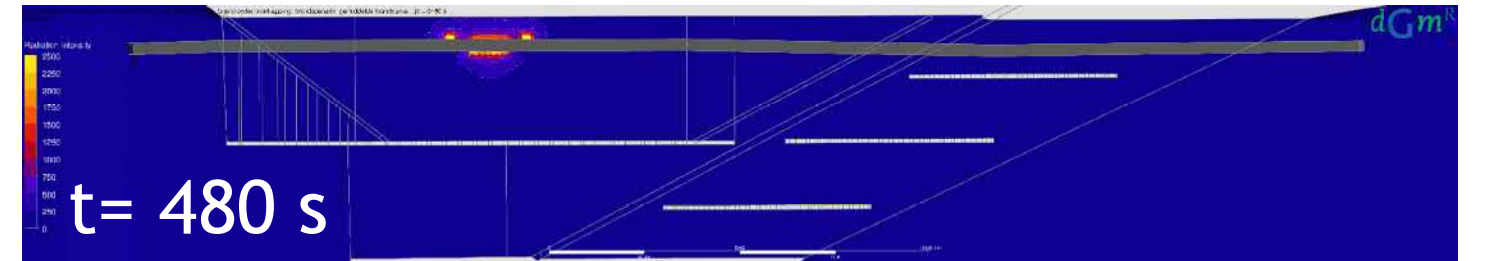
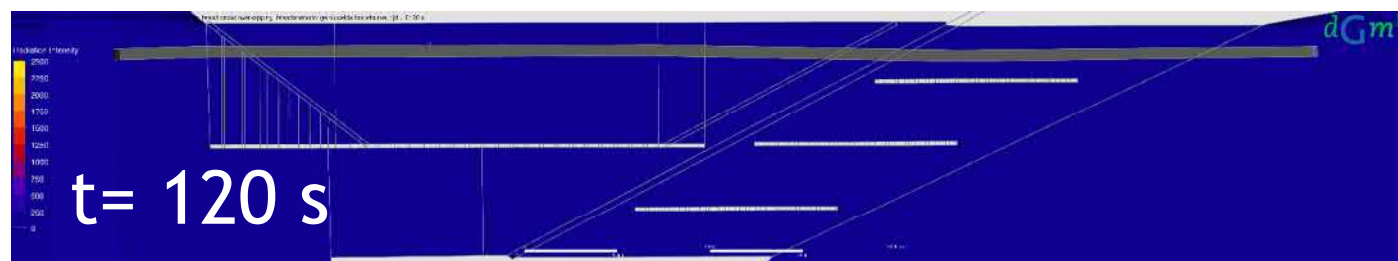
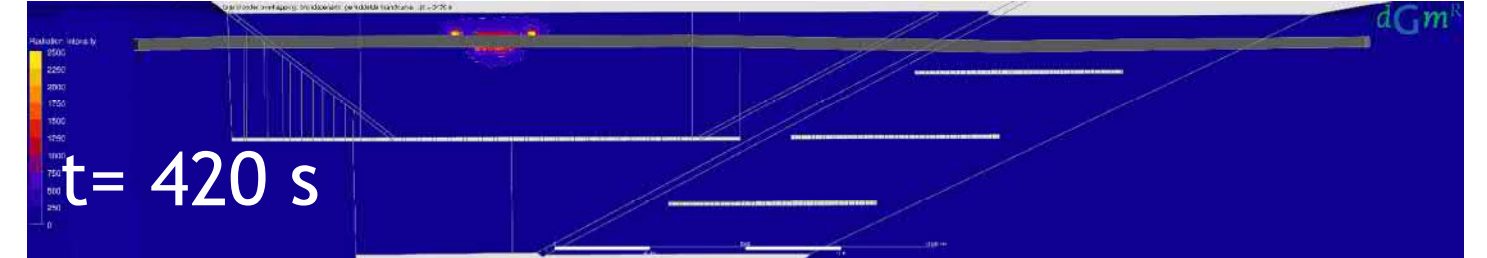
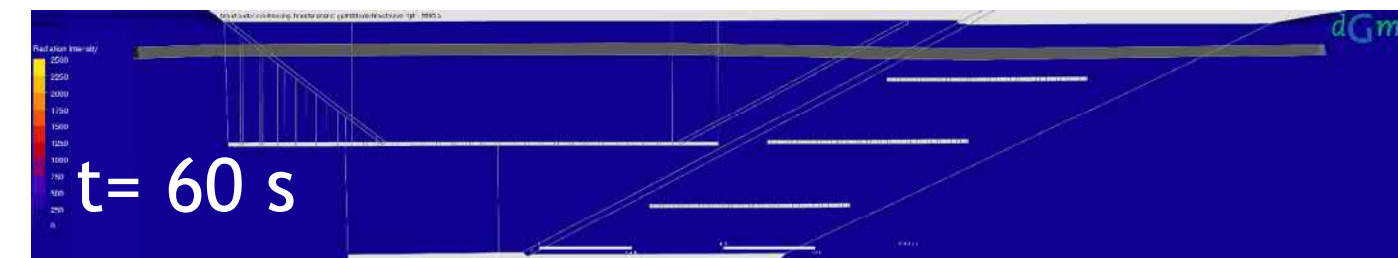
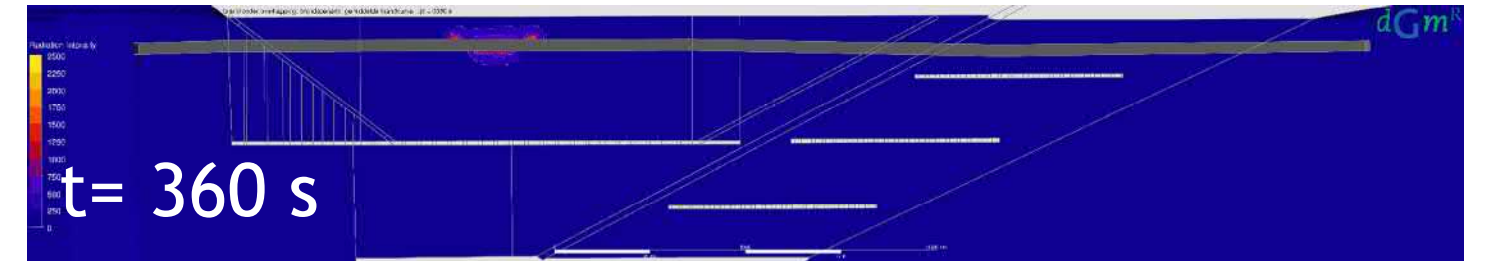
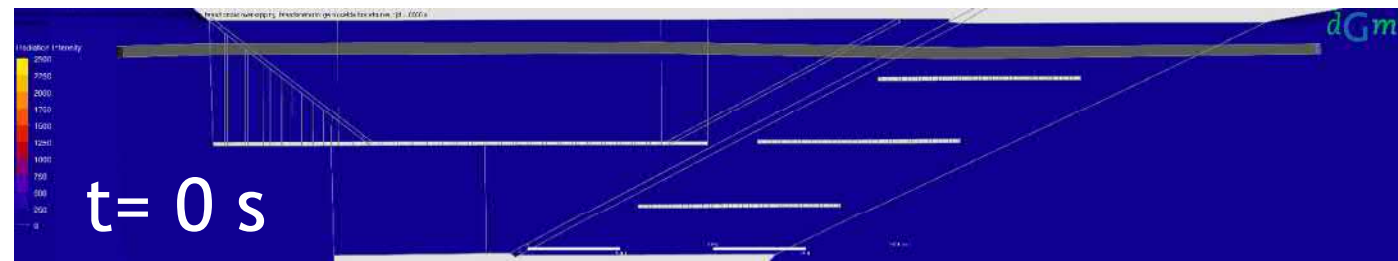
Brandcurve gemiddeld Temperatuur



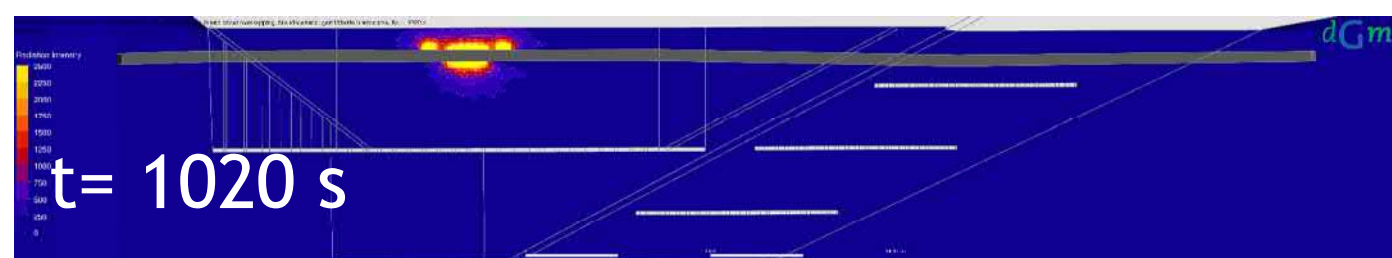
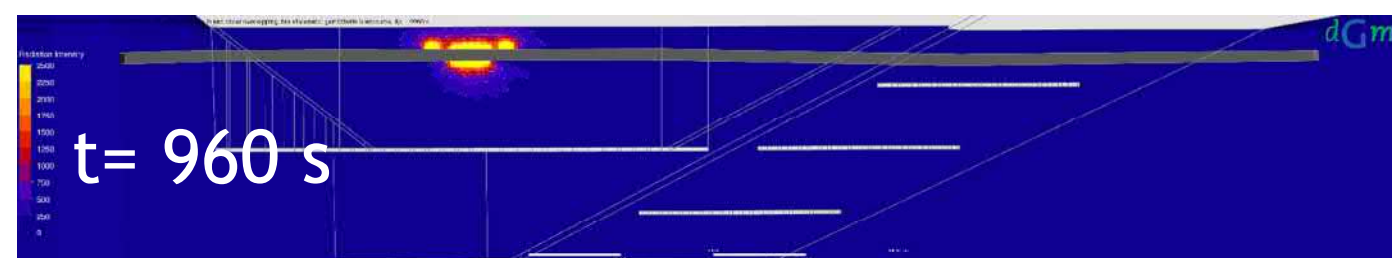
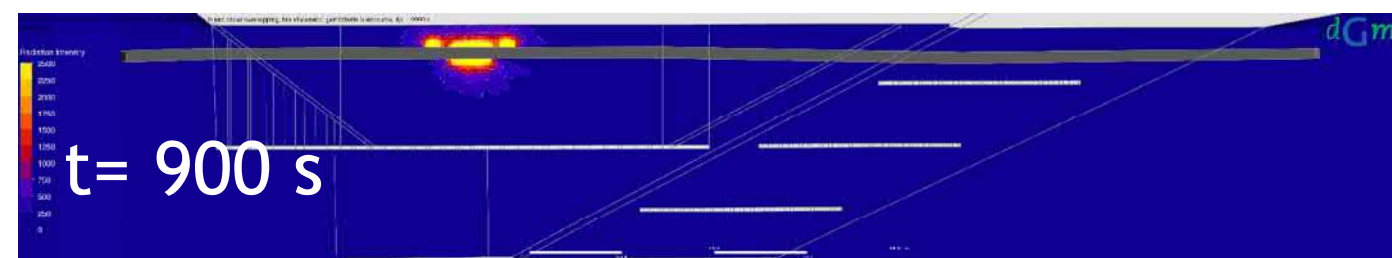
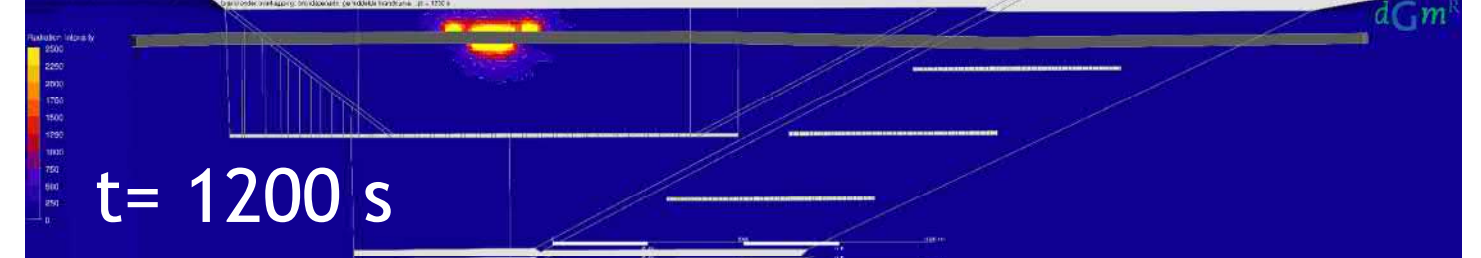
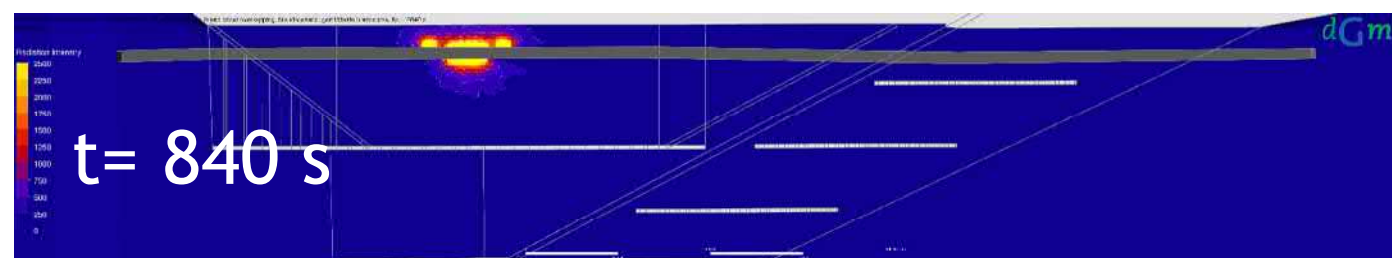
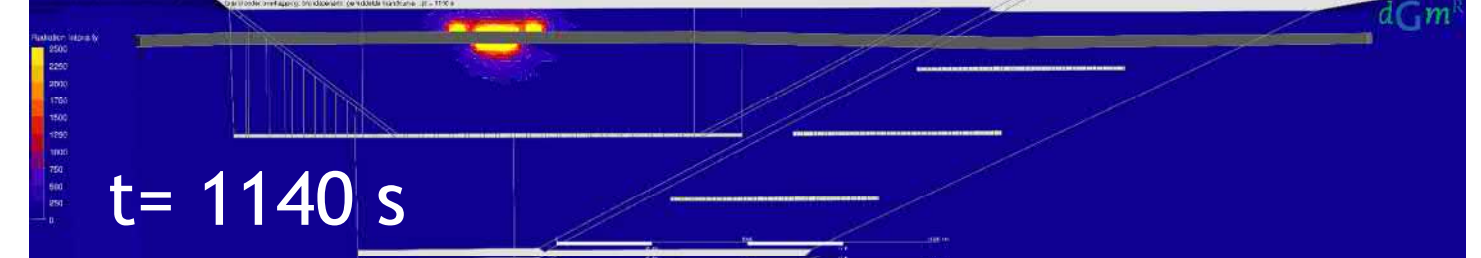
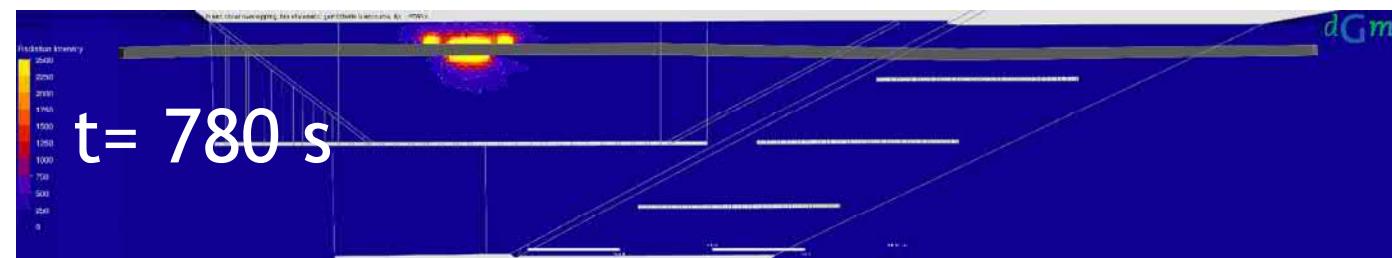
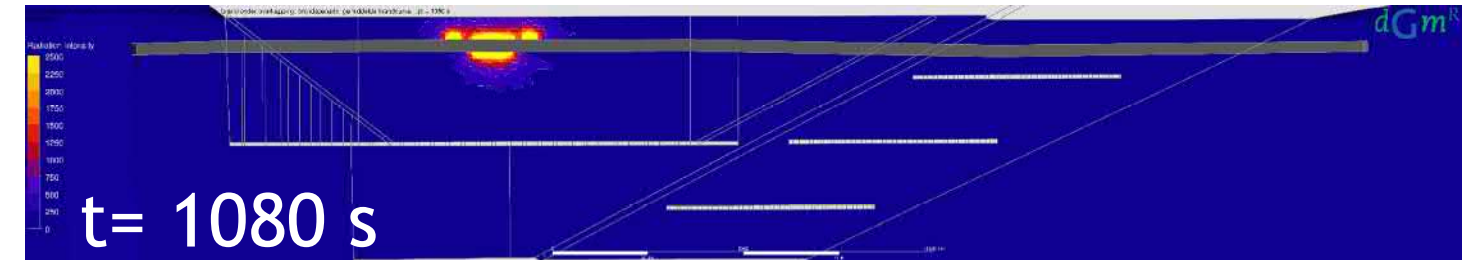
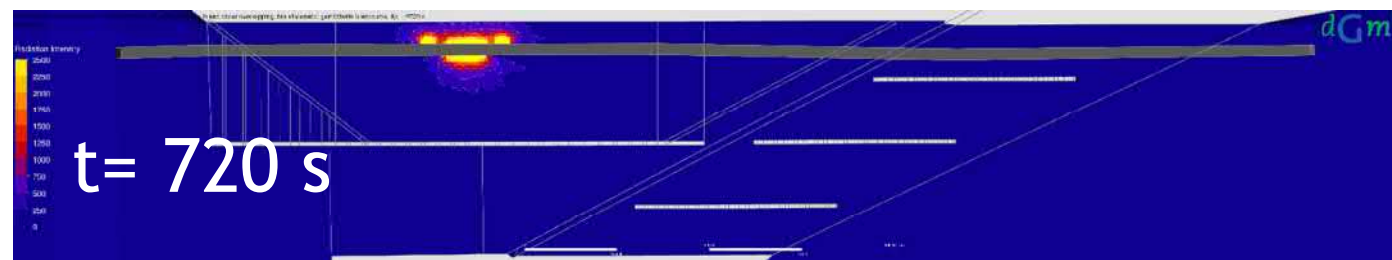
Brandcurve gemiddeld Temperatuur



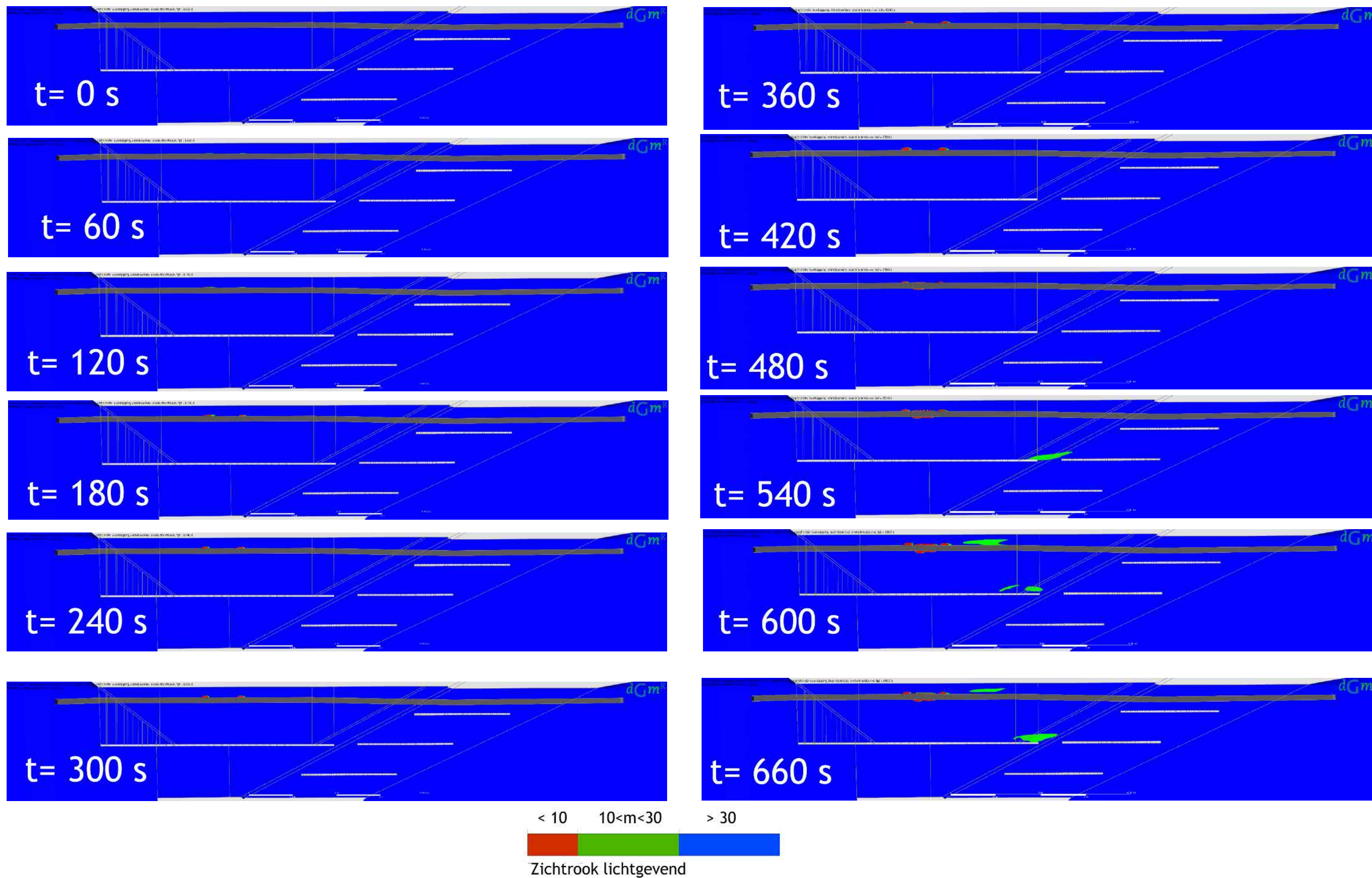
Brandcurve gemiddeld Stralingsintensiteit



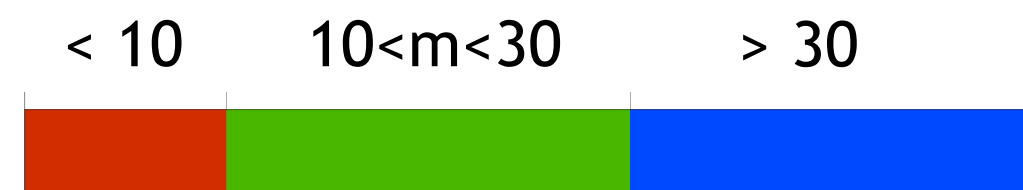
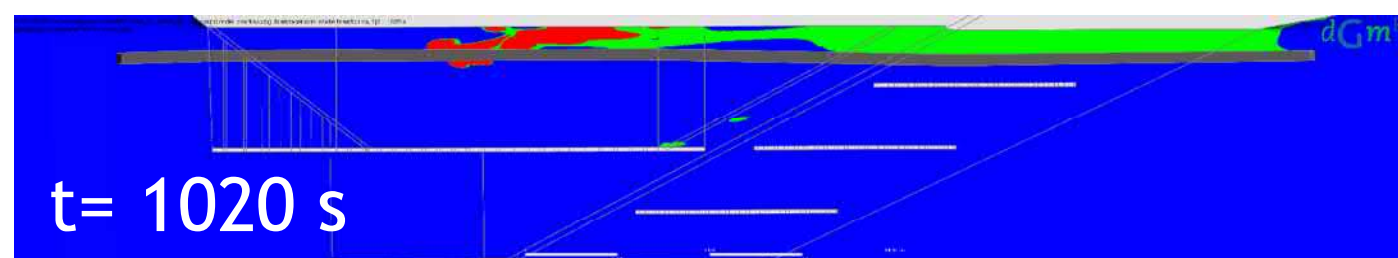
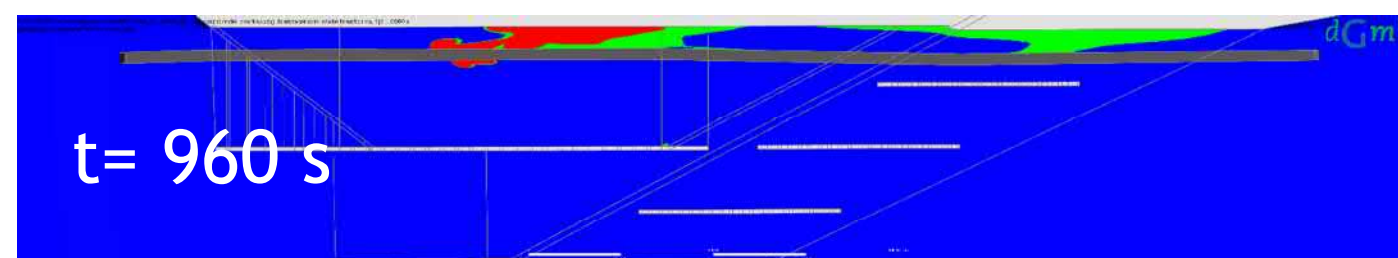
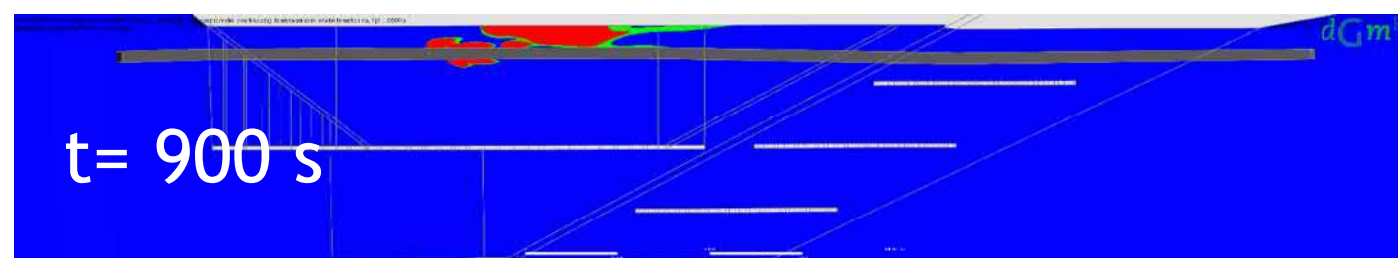
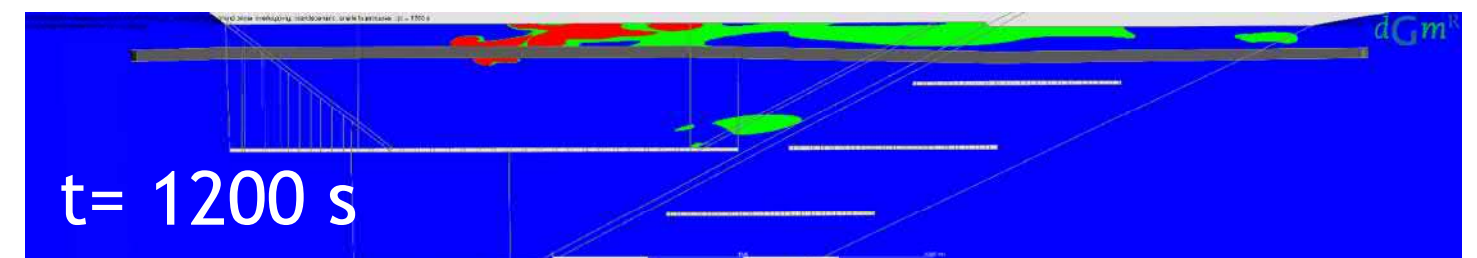
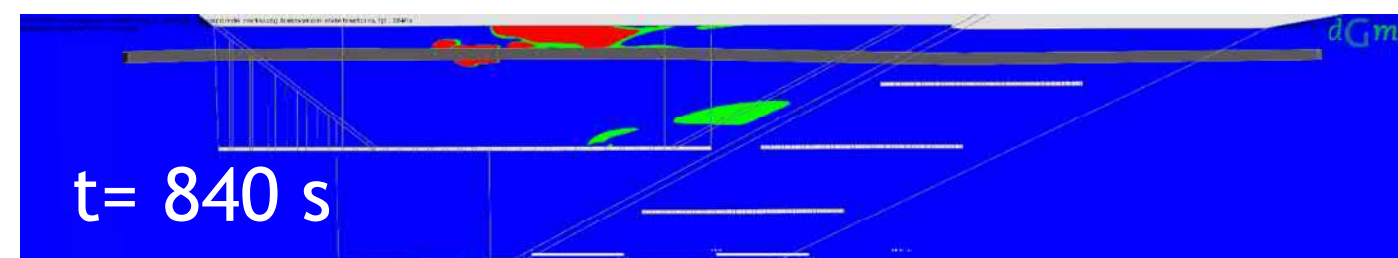
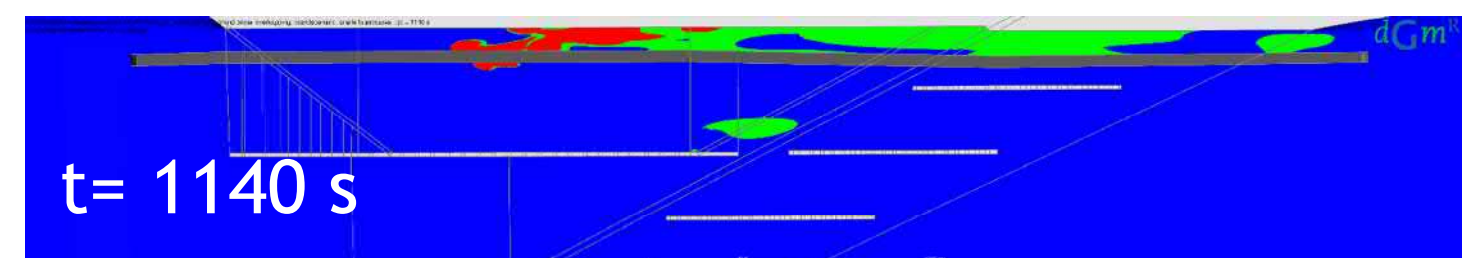
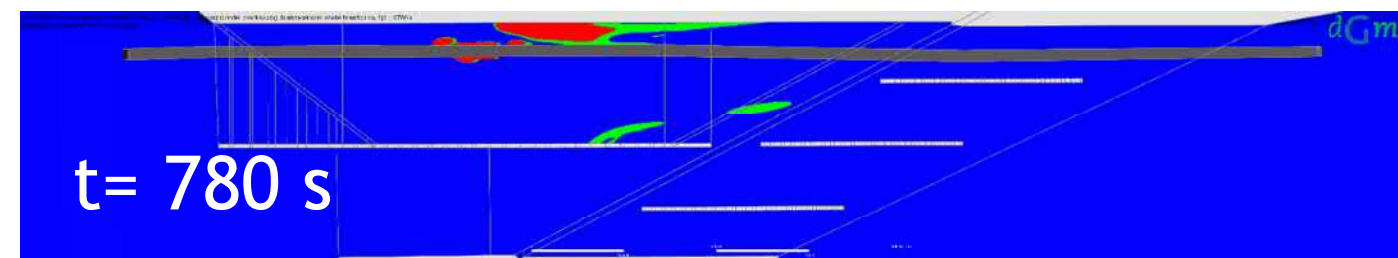
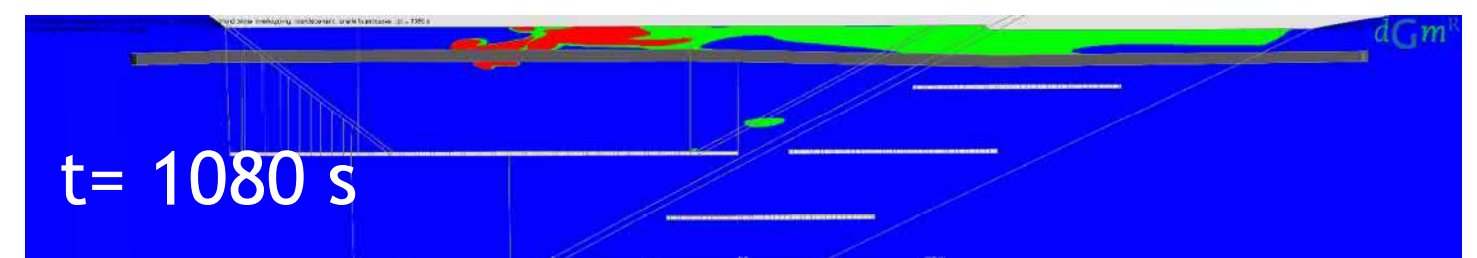
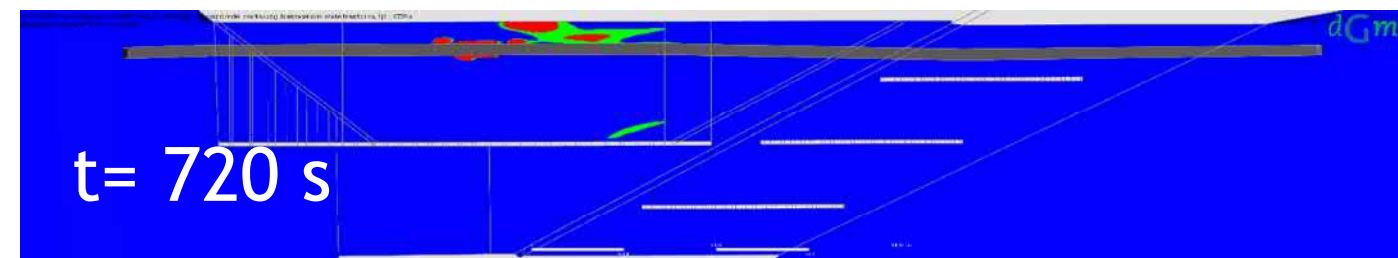
Brandcurve gemiddeld Stralingsintensiteit



Brandcurve snel Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,05 \text{ g/g}$

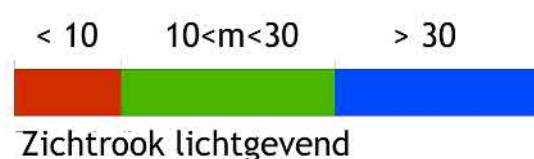
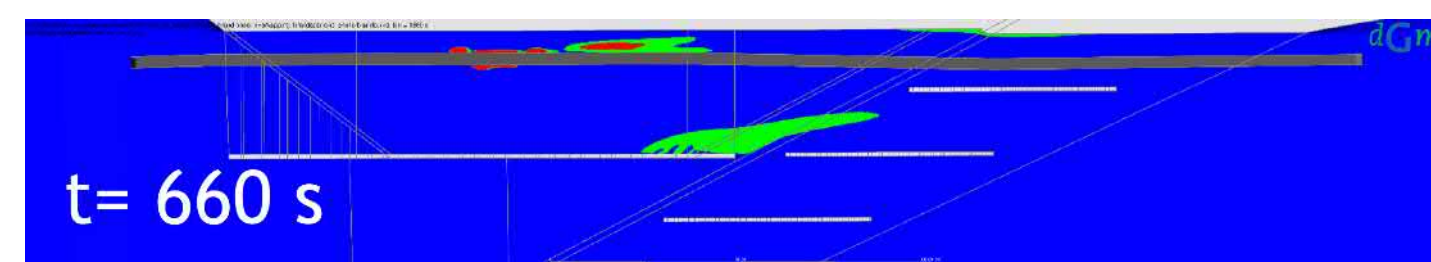
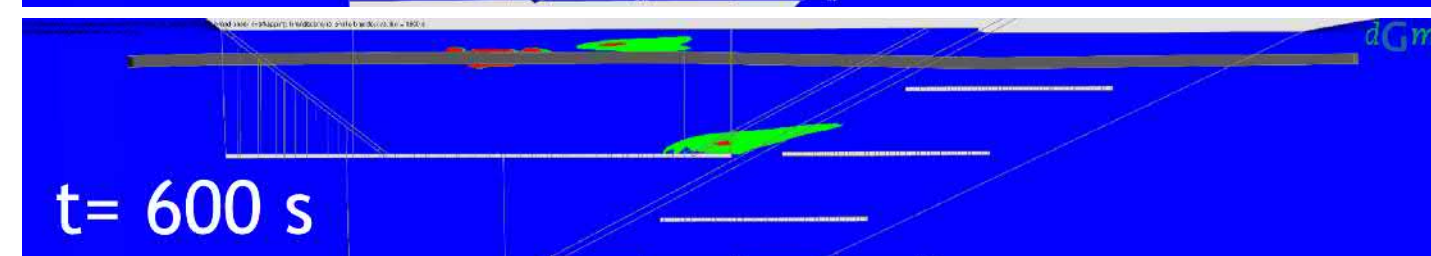
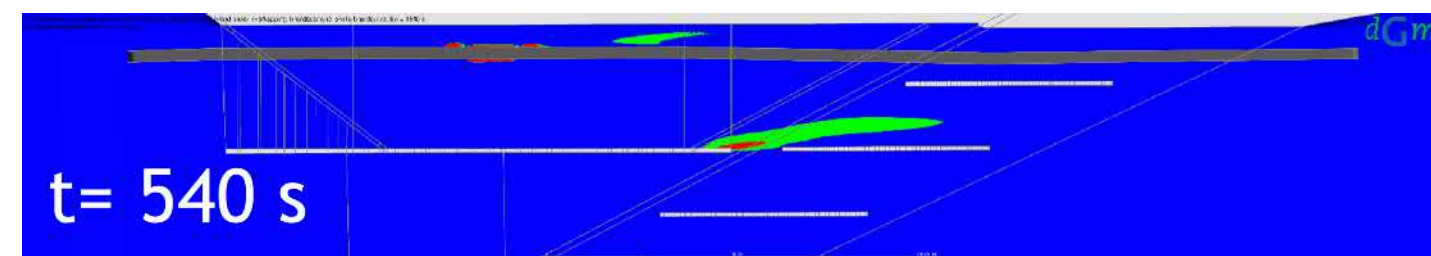
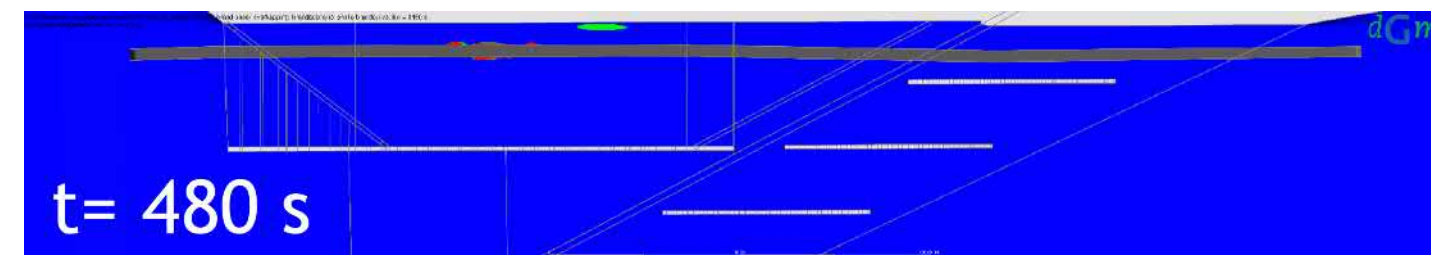
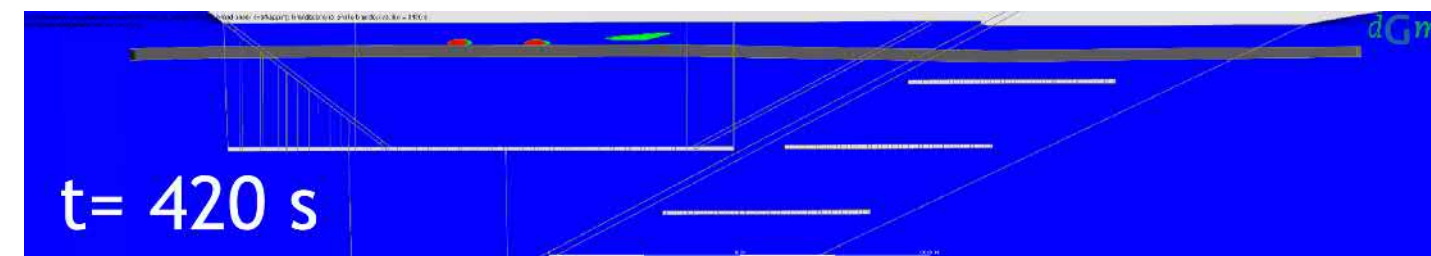
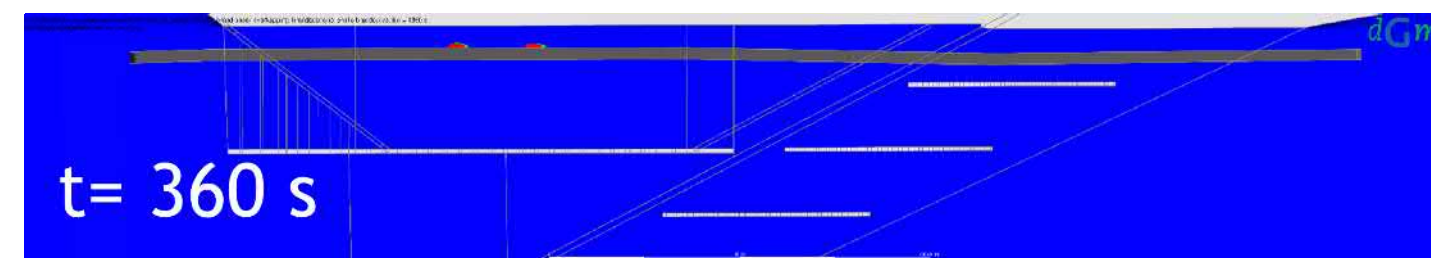
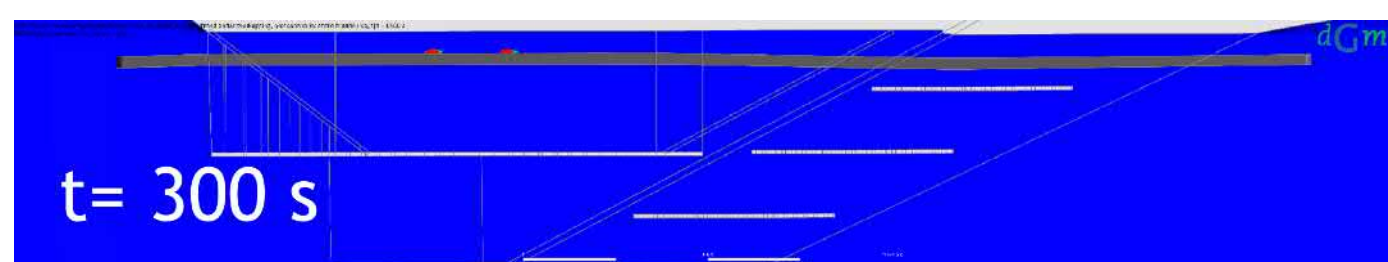
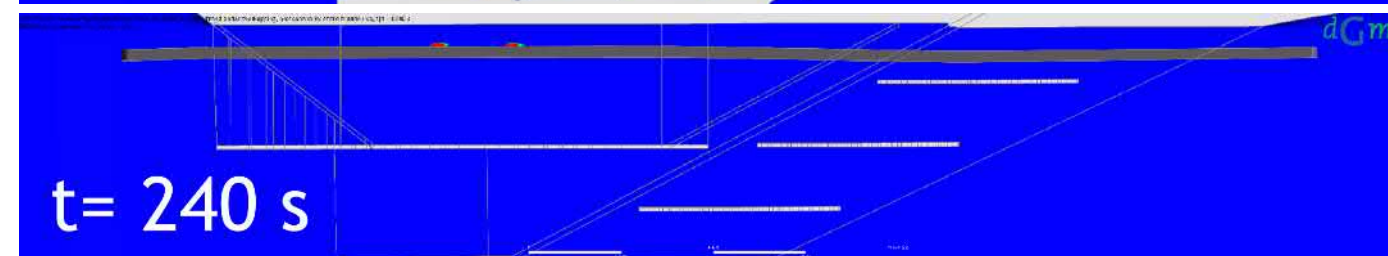
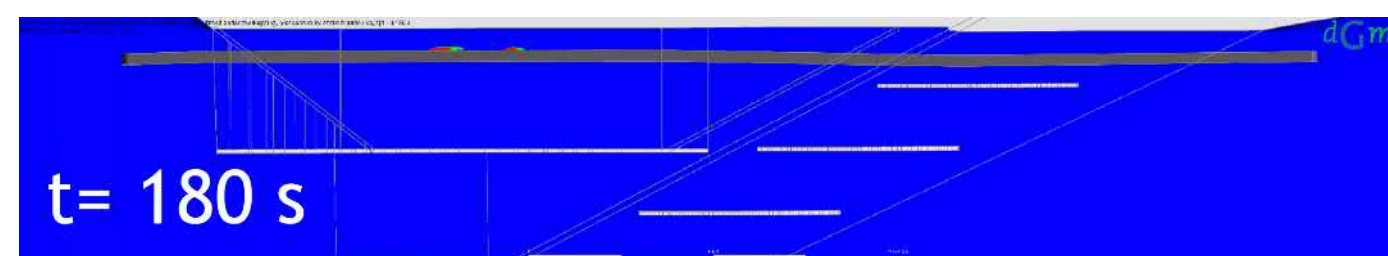
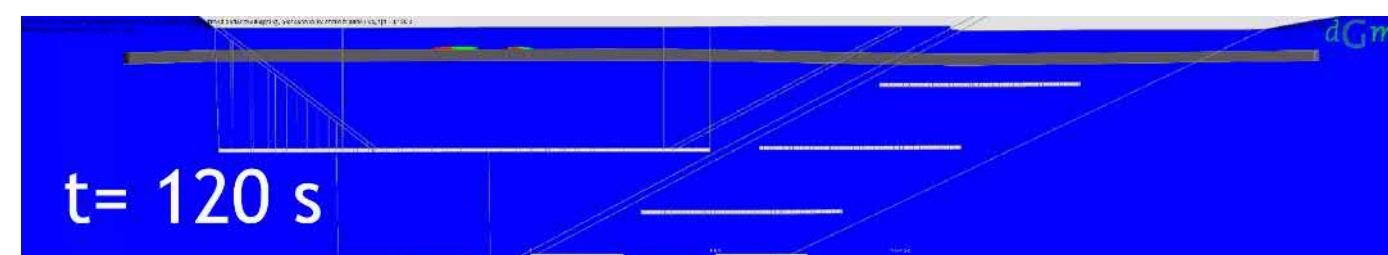
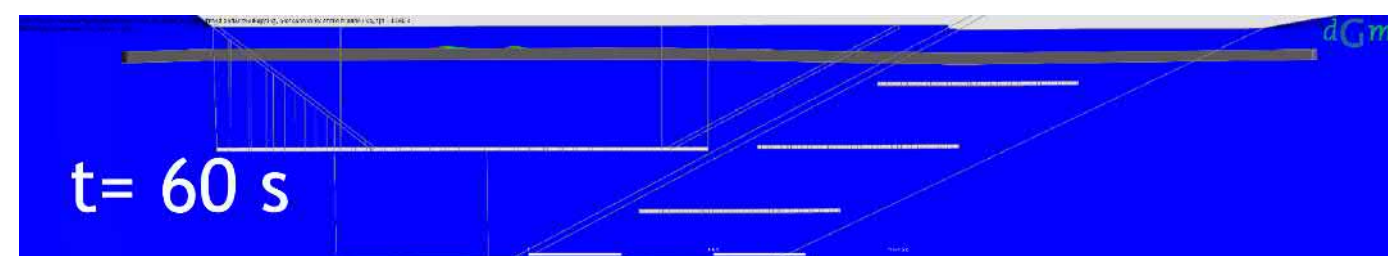
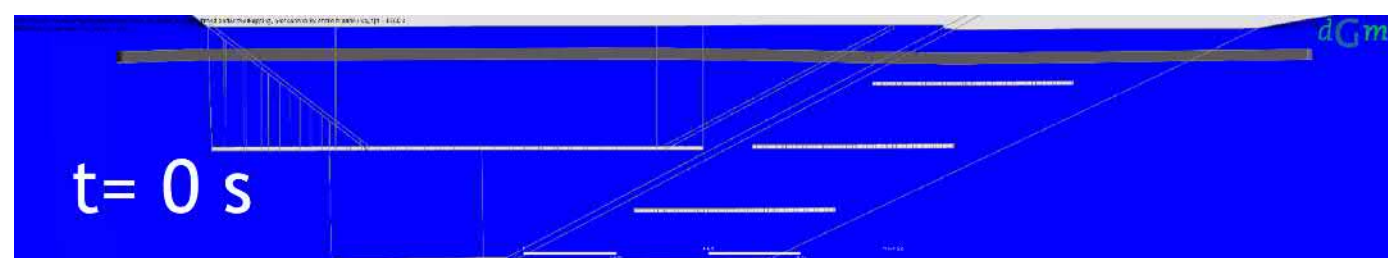


Brandcurve gemiddeld Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,05 \text{ g/g}$

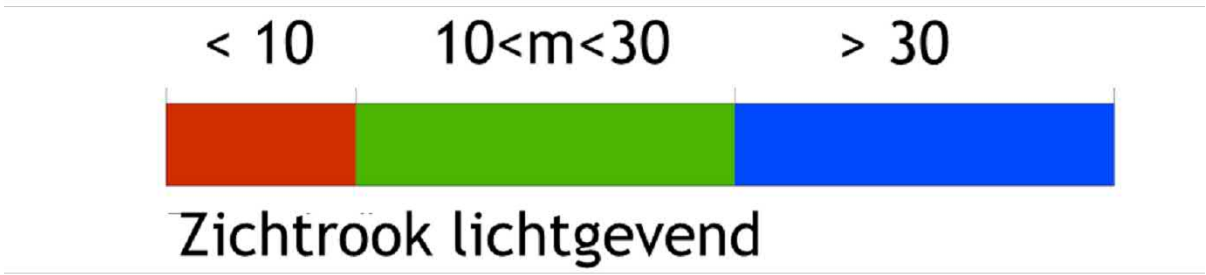
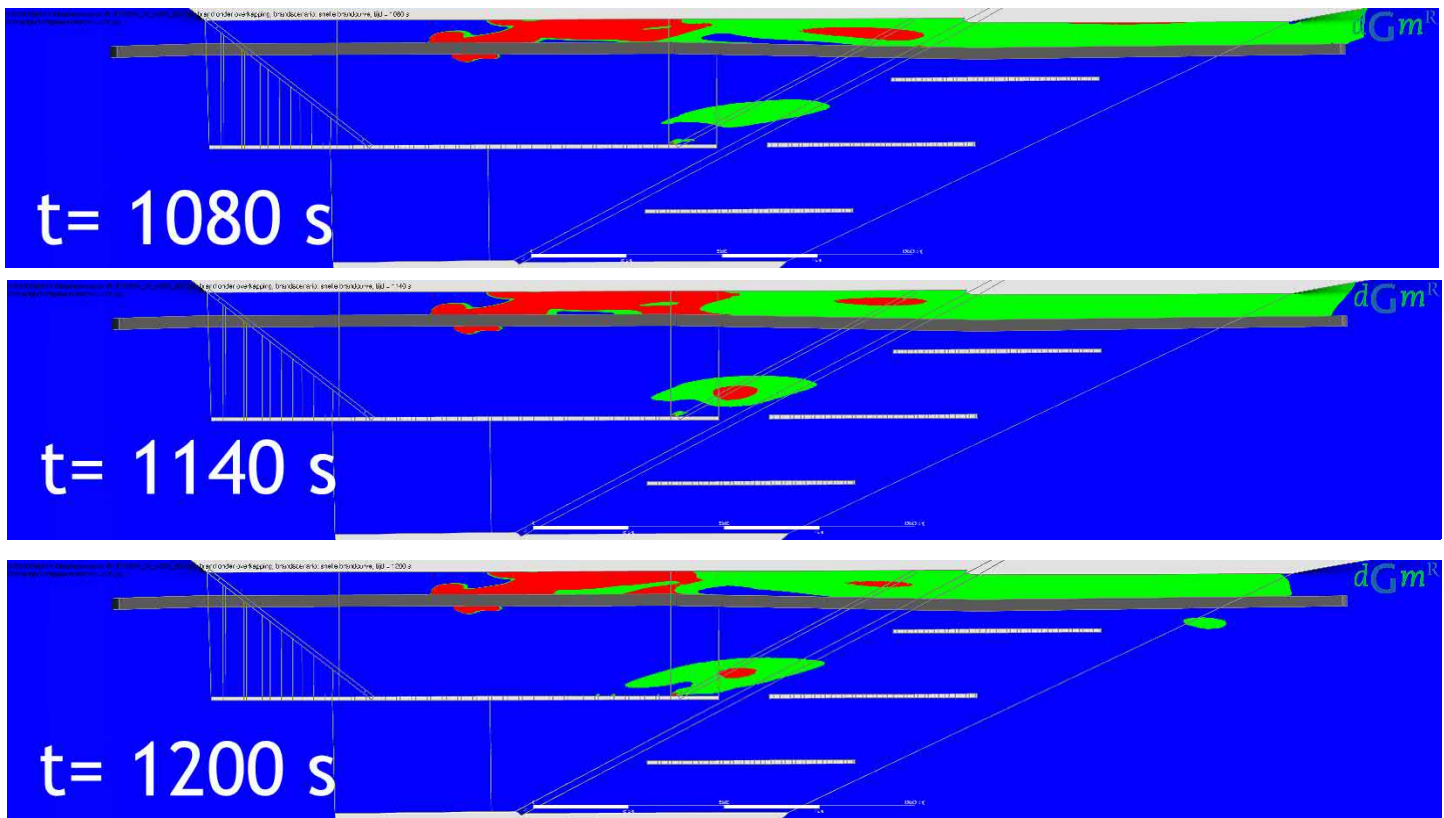
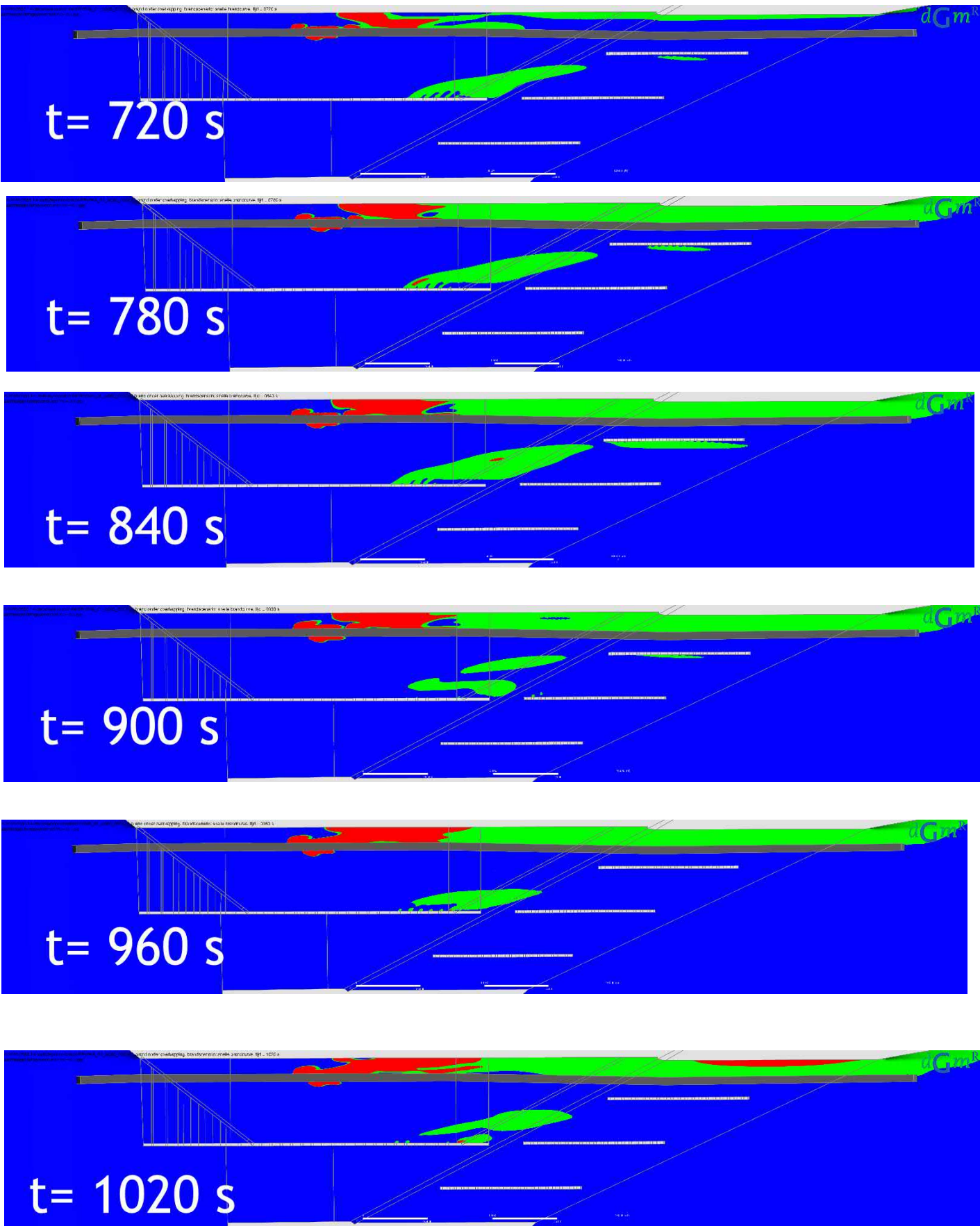


Zichtrook lichtgevend

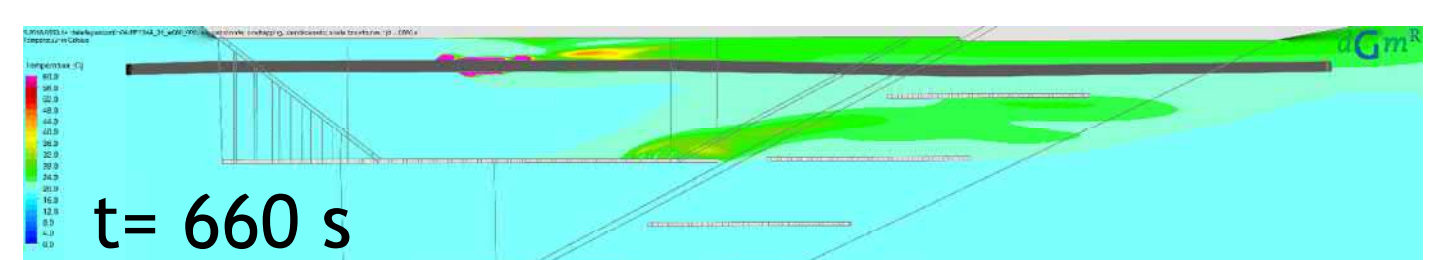
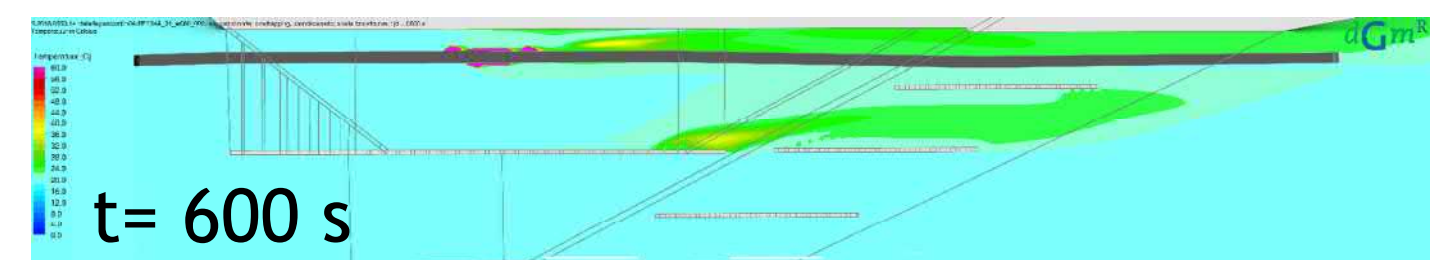
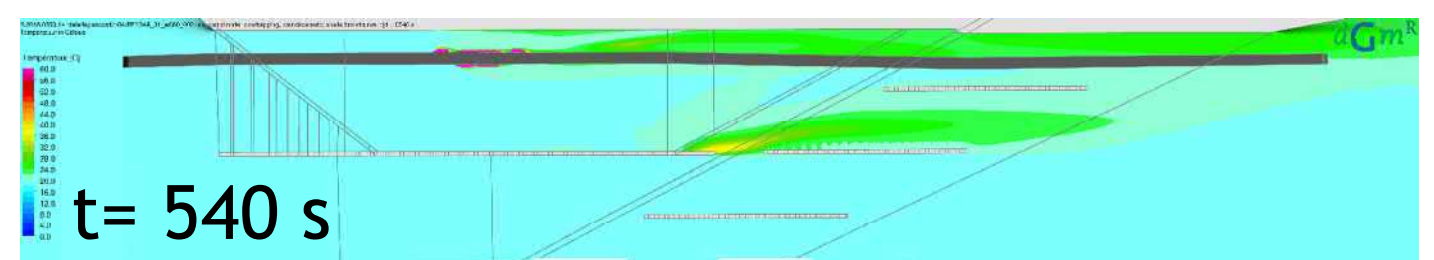
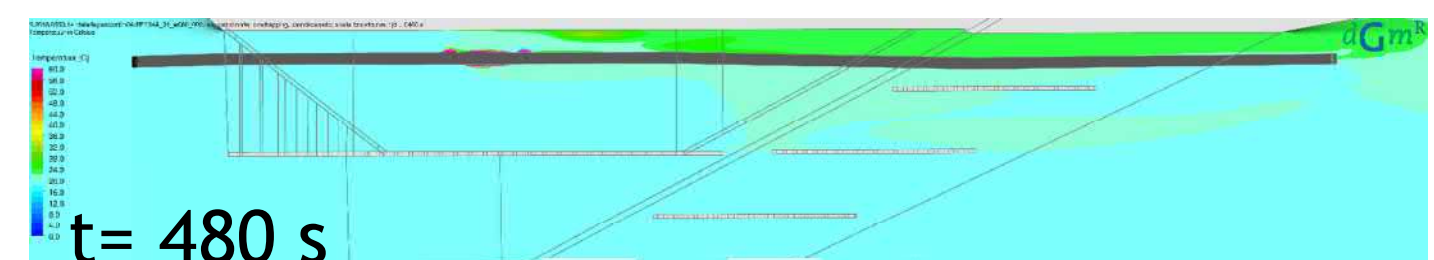
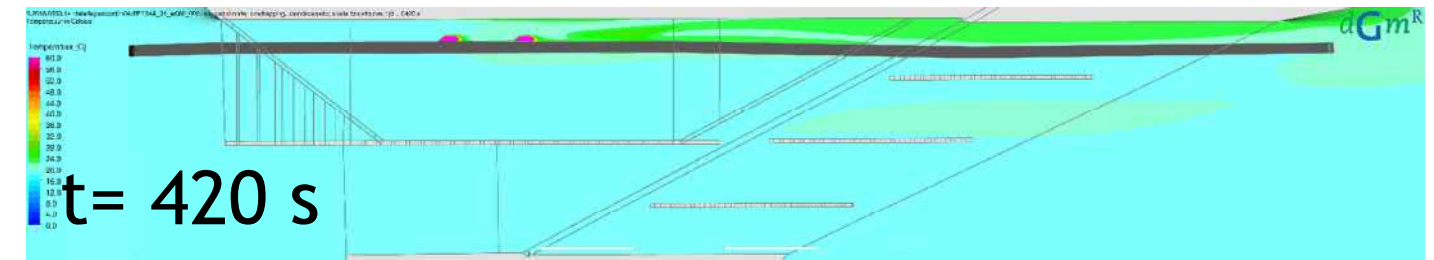
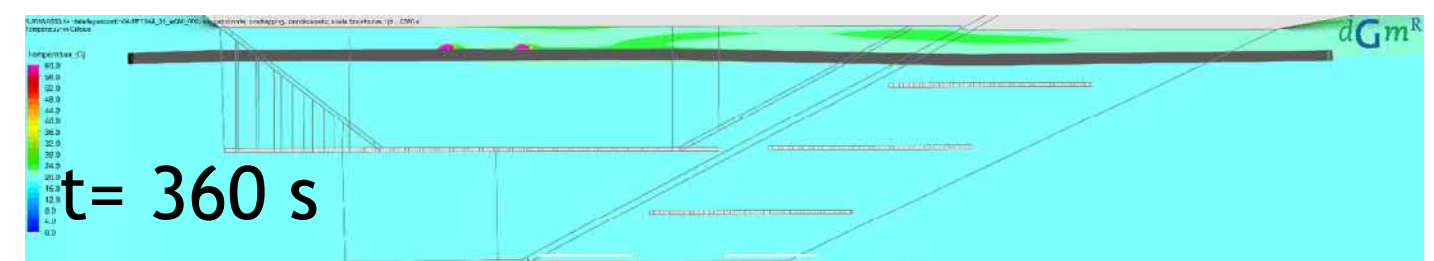
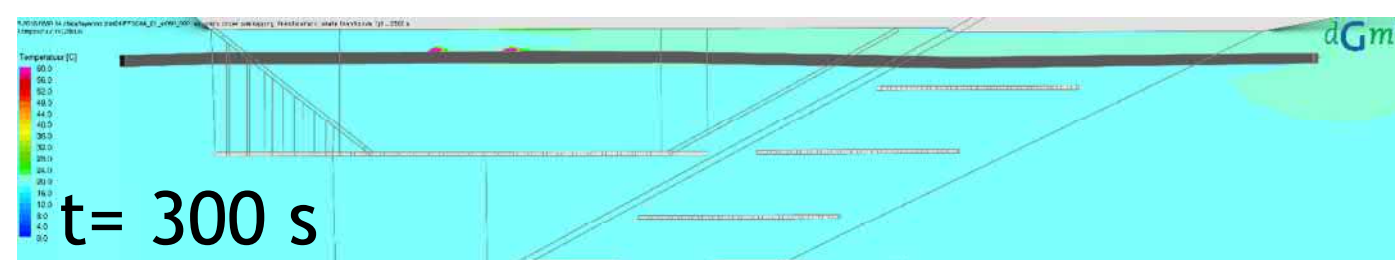
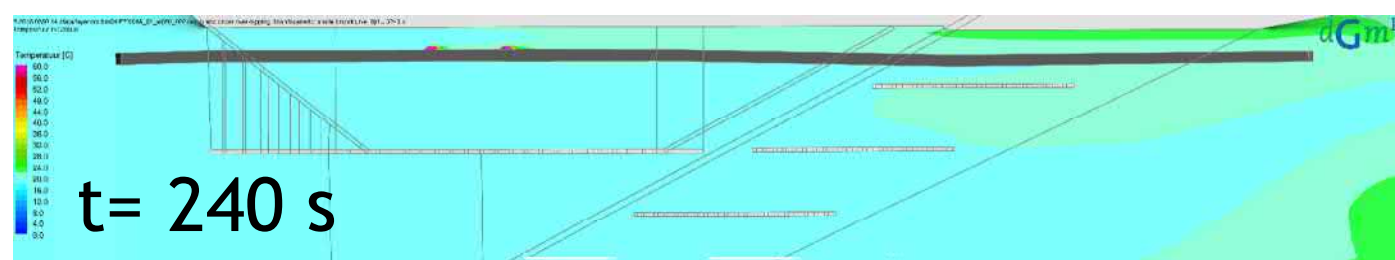
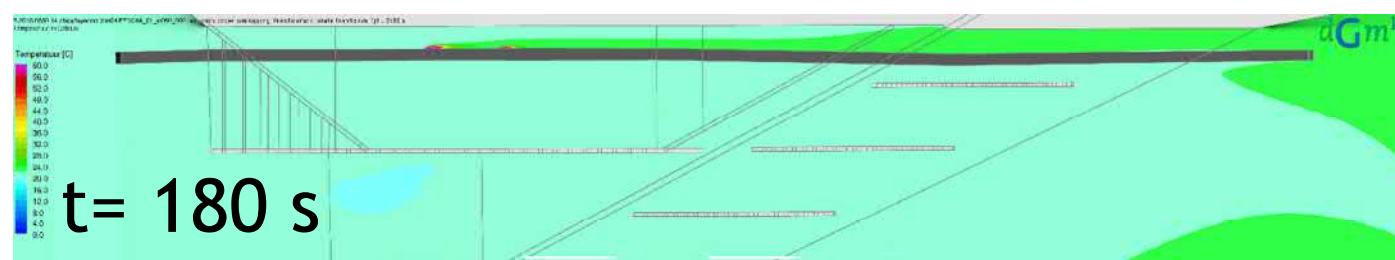
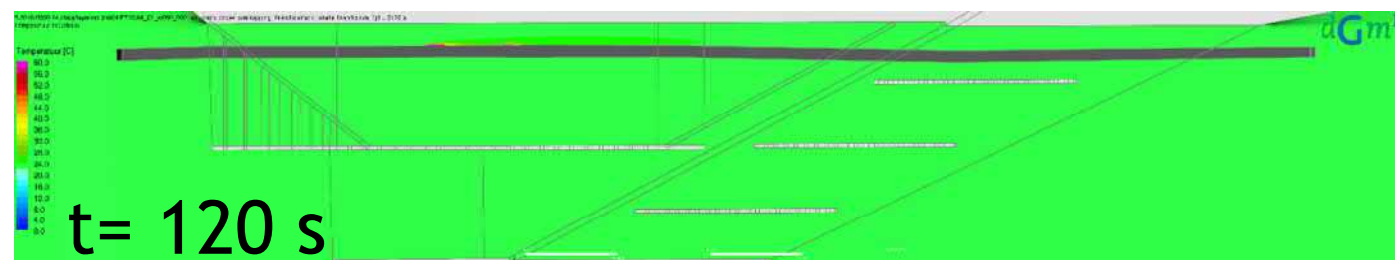
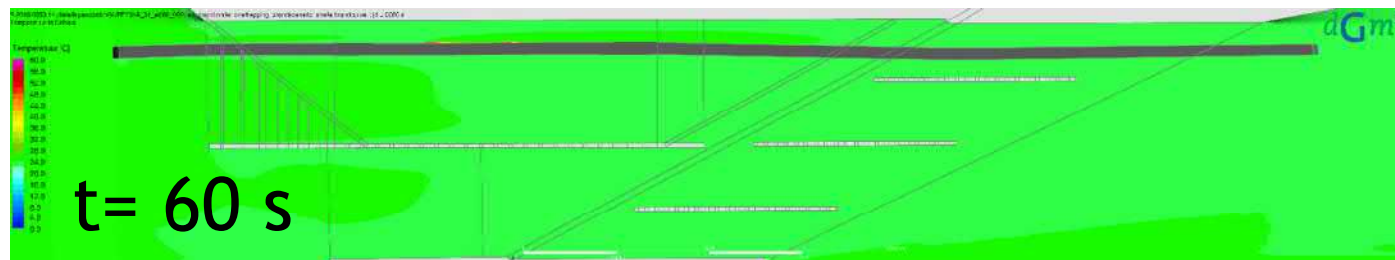
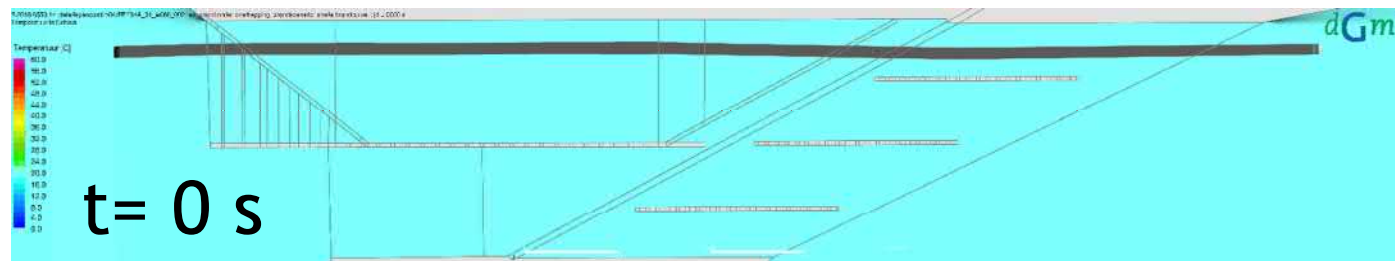
Brandcurve snel Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,1 \text{ g/g}$



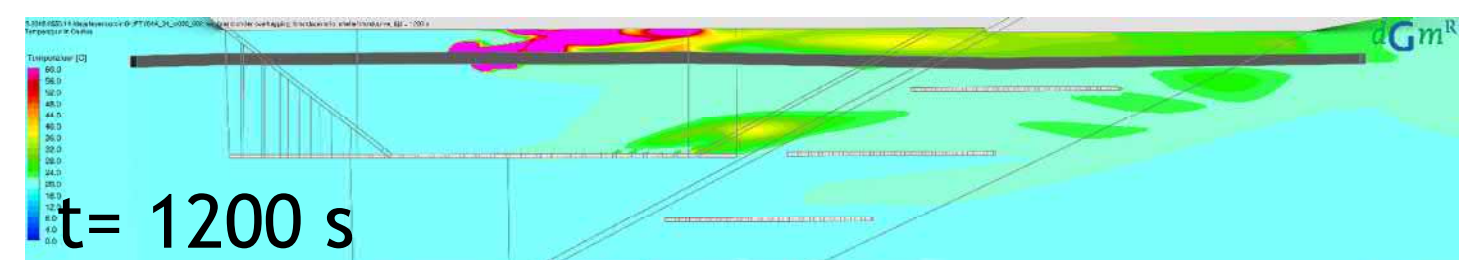
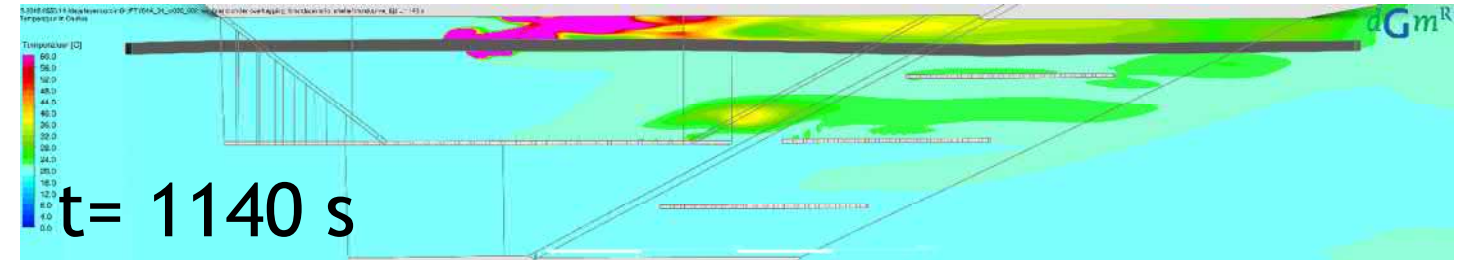
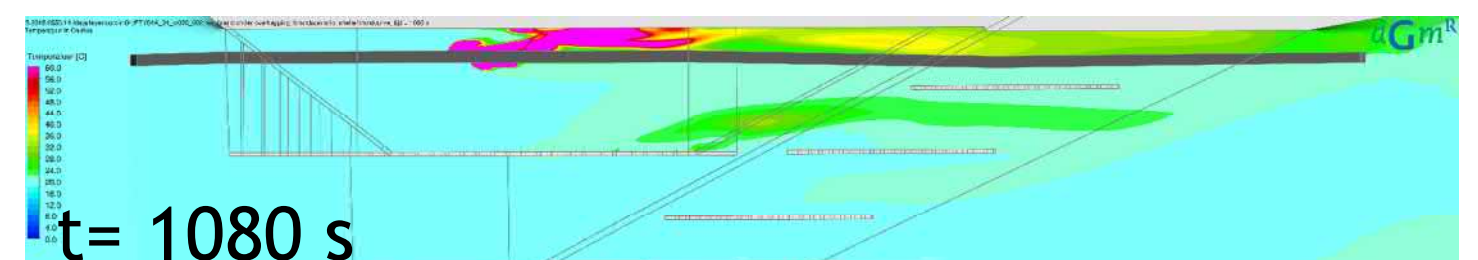
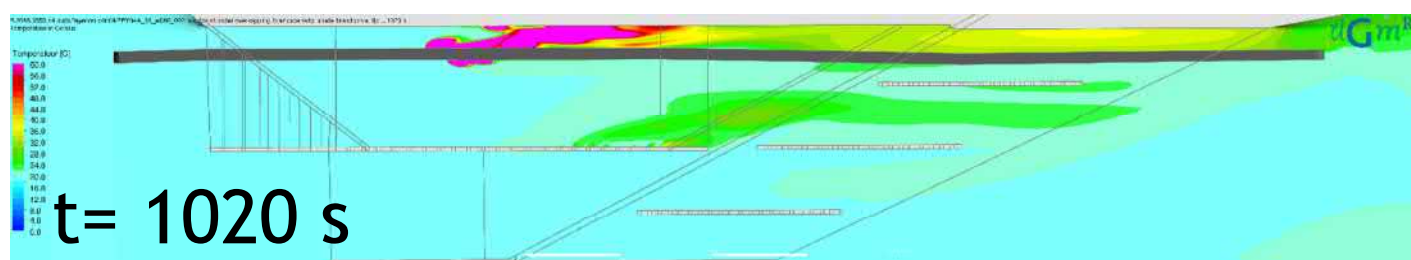
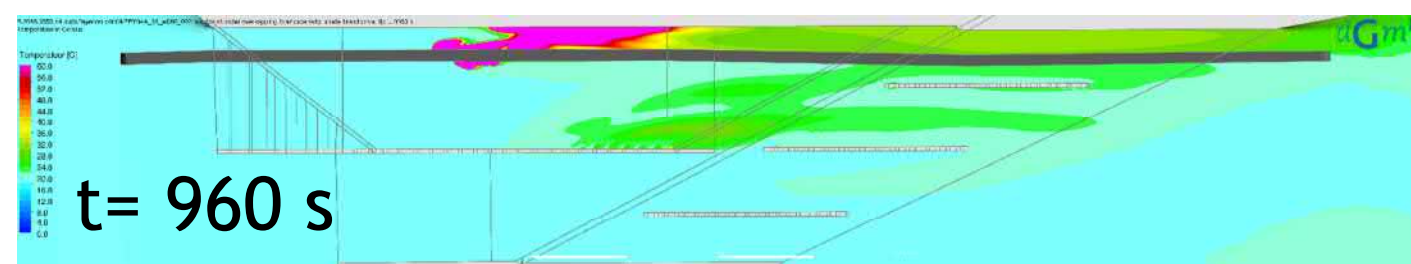
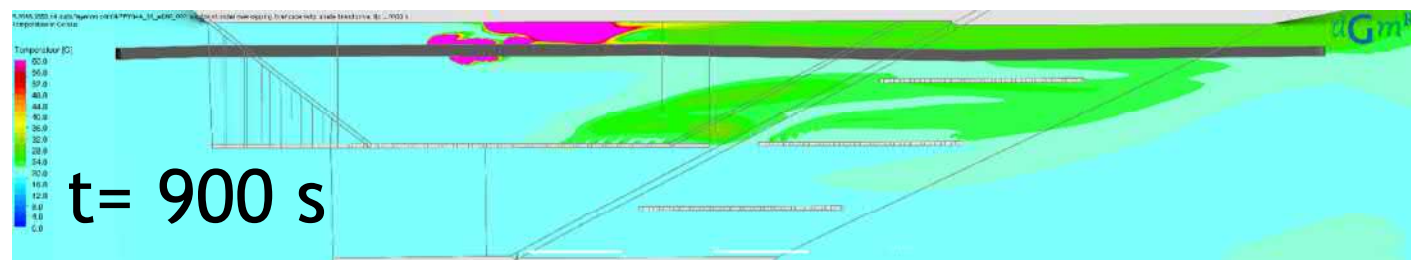
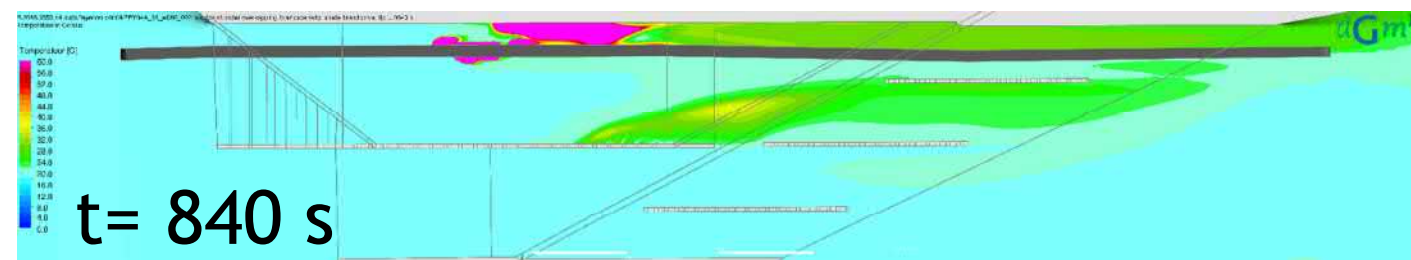
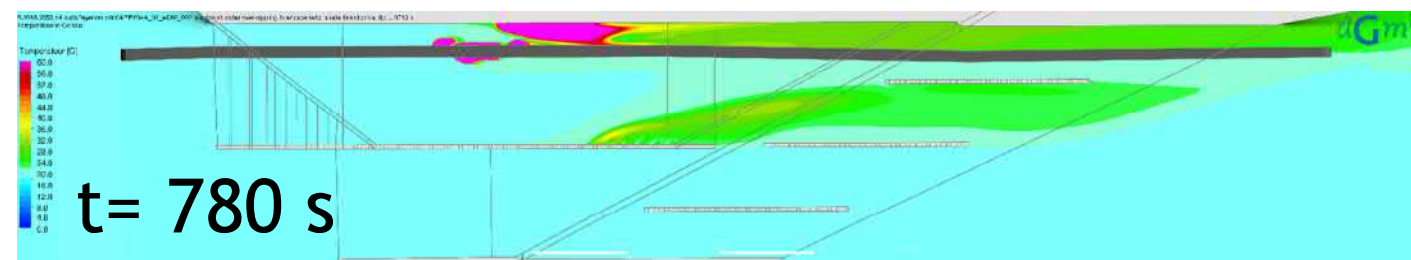
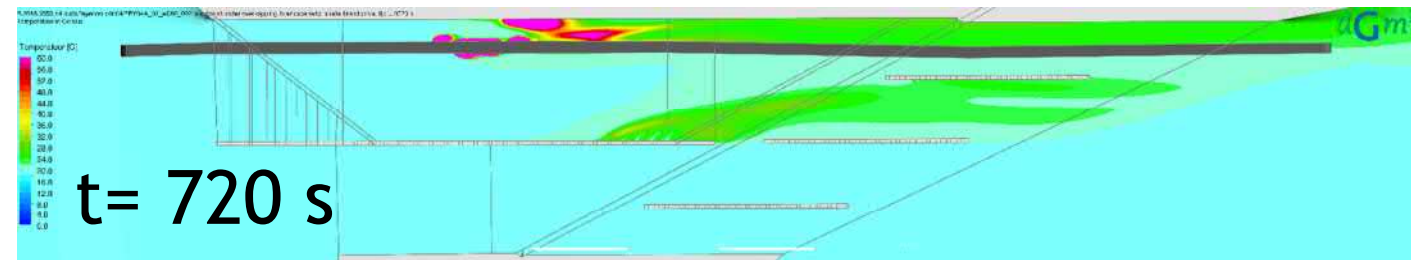
Brandcurve snel Zichtlengte lichtgevend Ys = 0,1 g/g



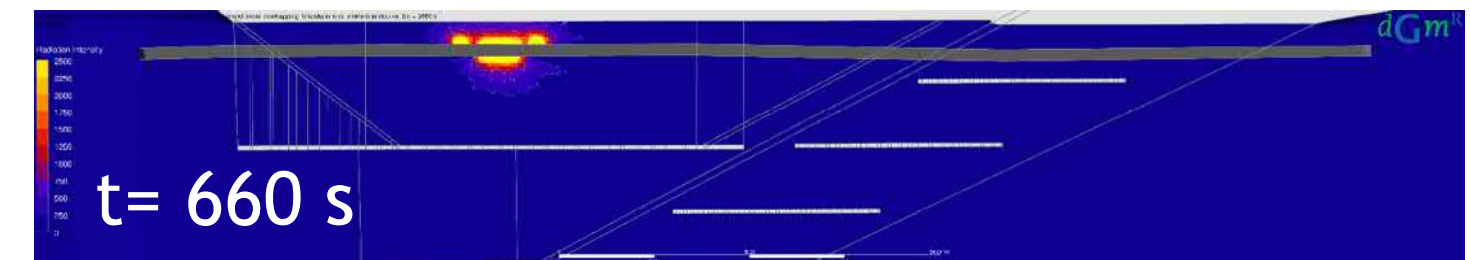
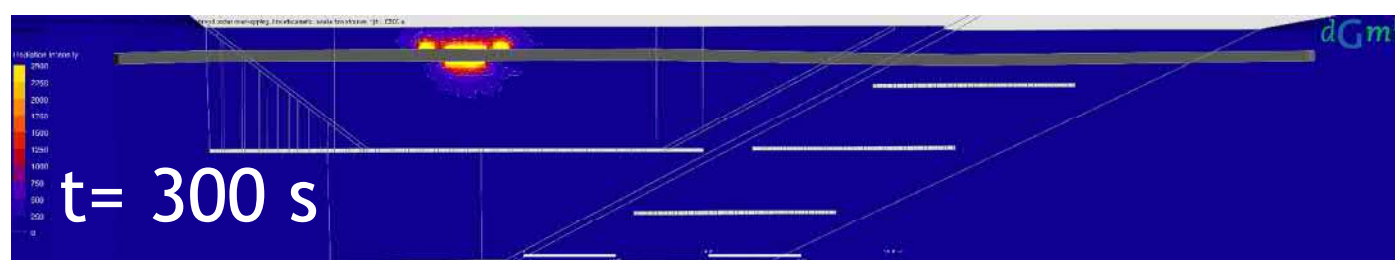
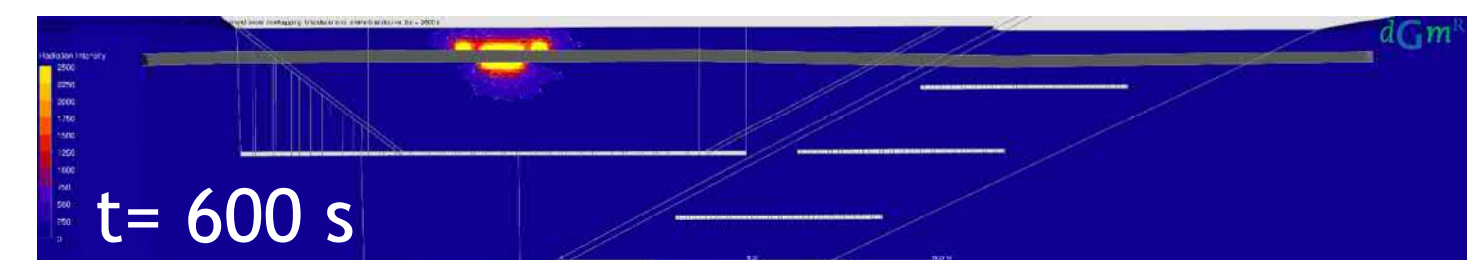
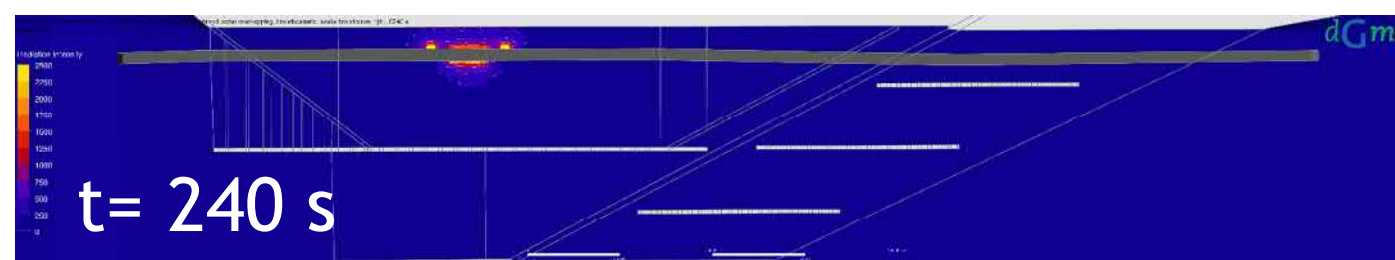
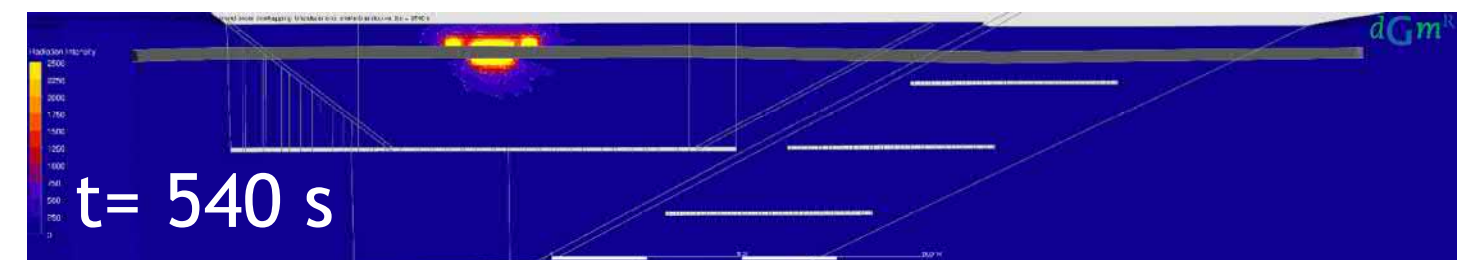
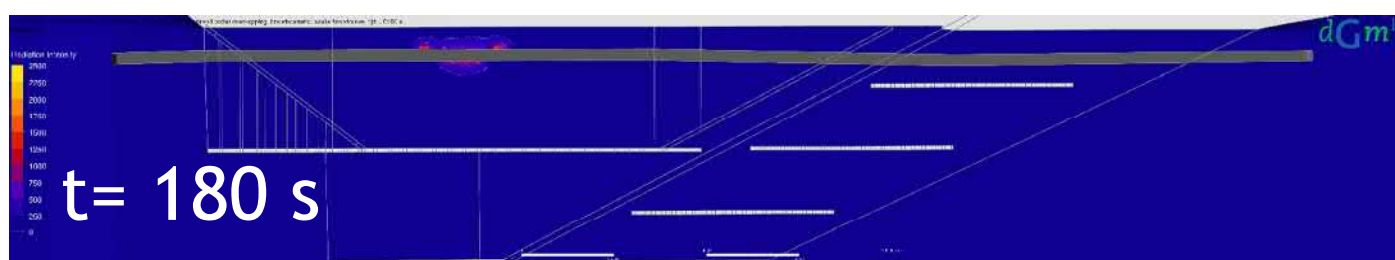
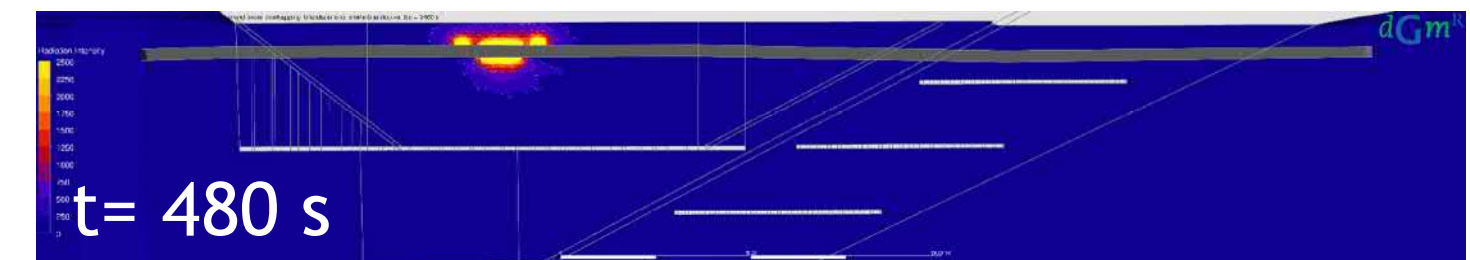
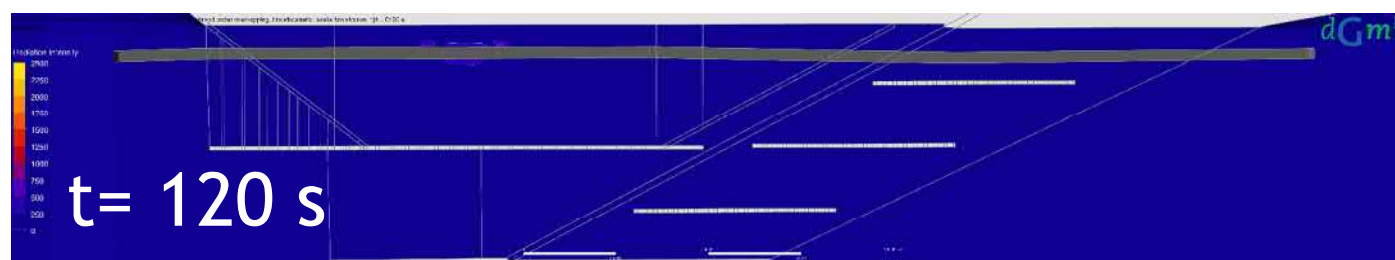
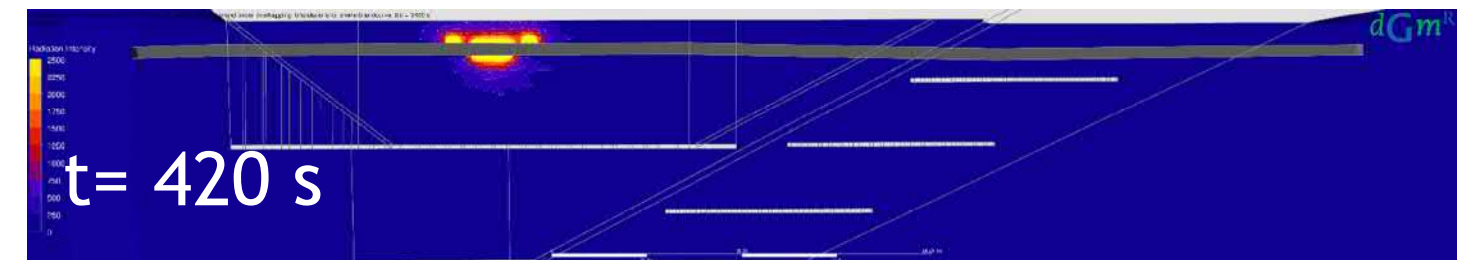
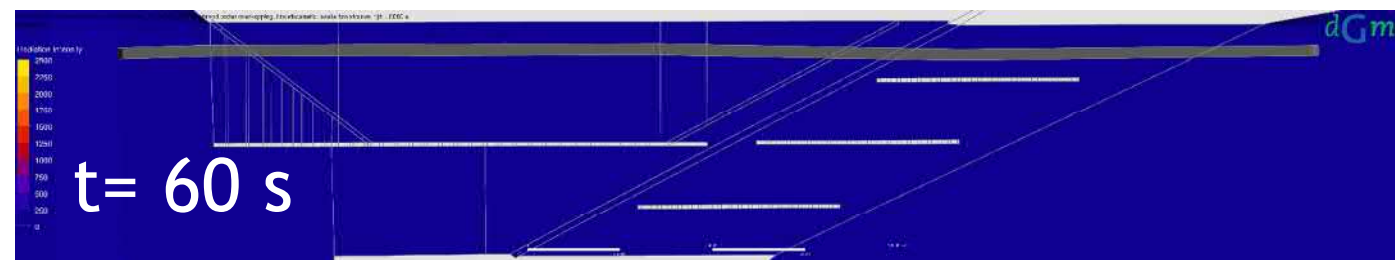
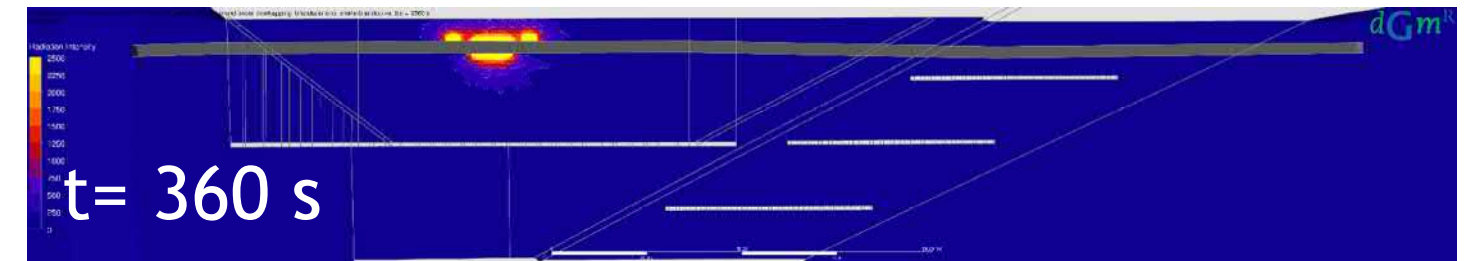
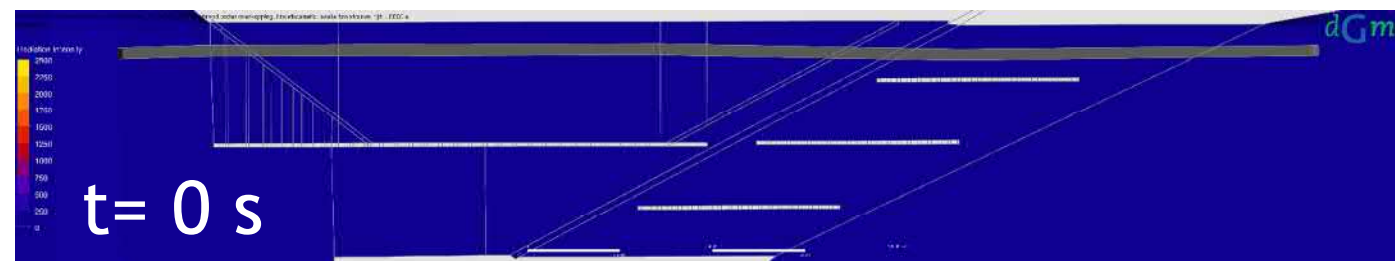
Brandcurve snel Temperatuur



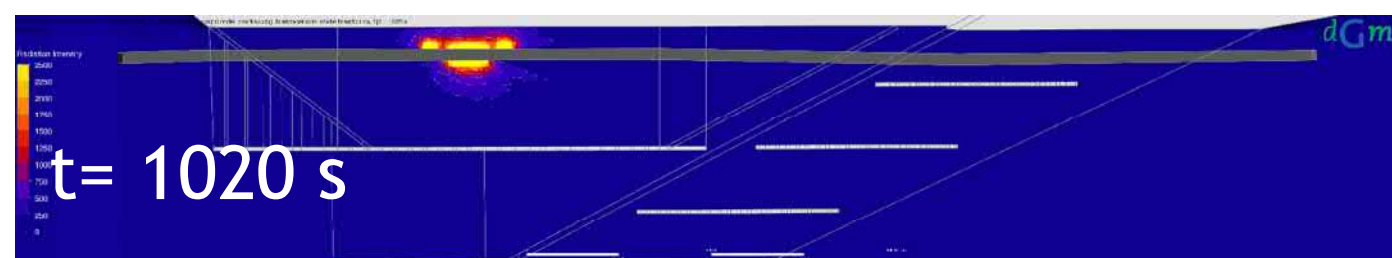
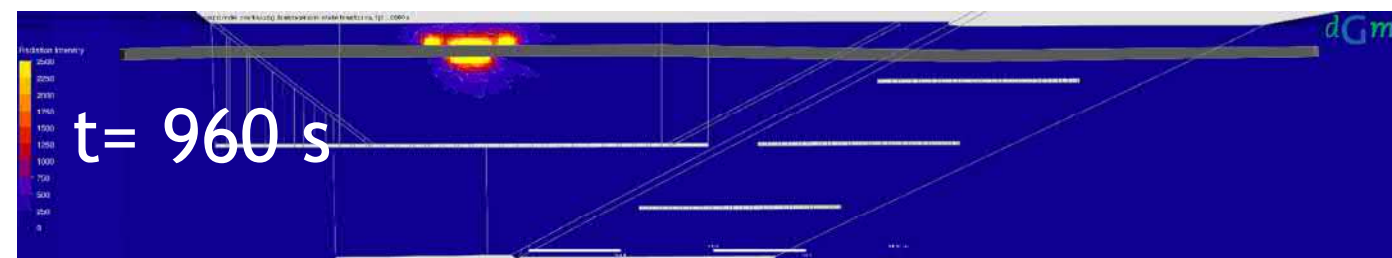
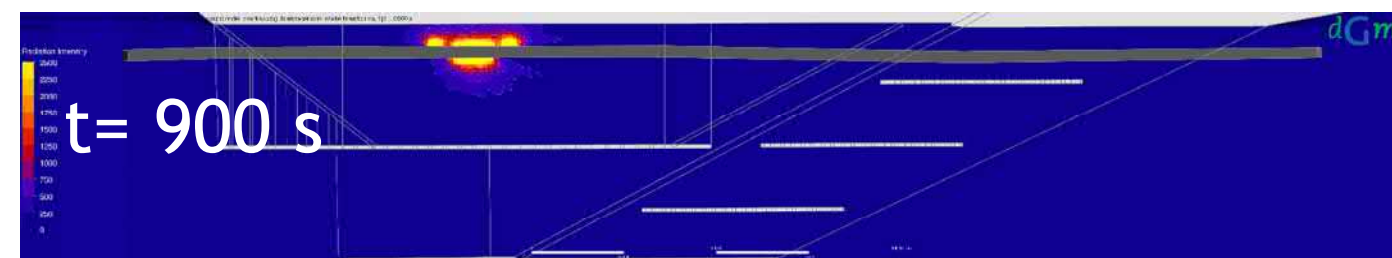
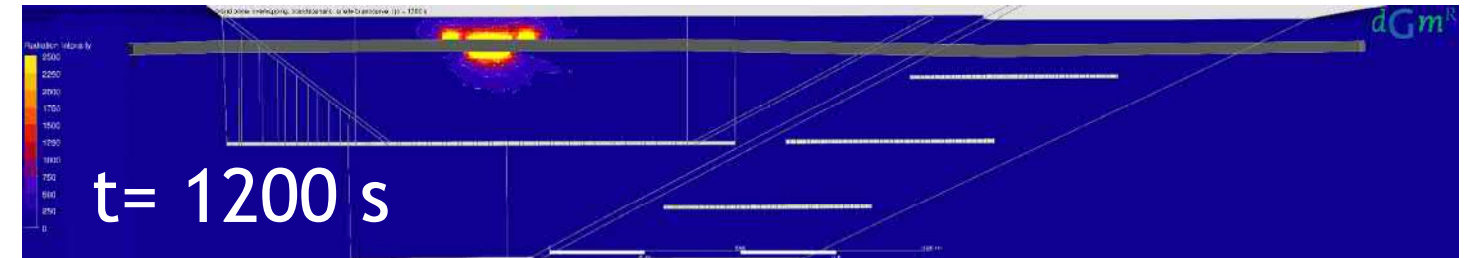
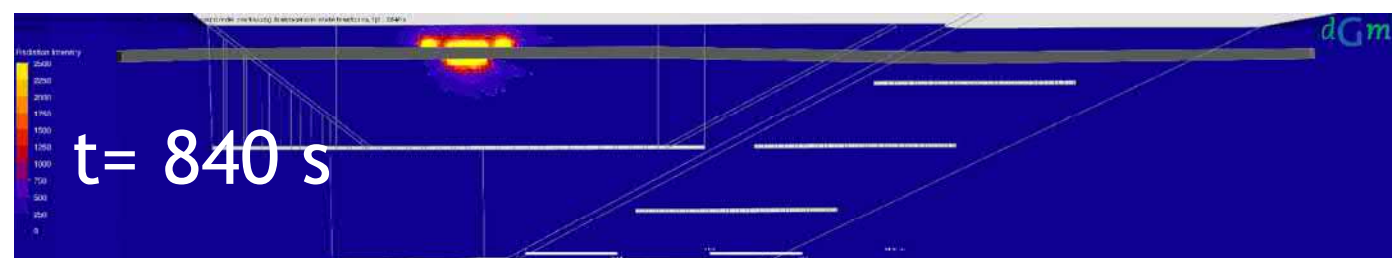
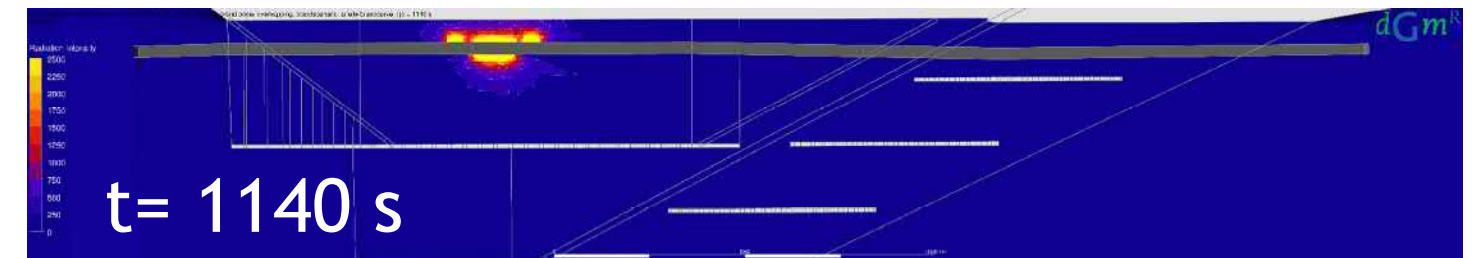
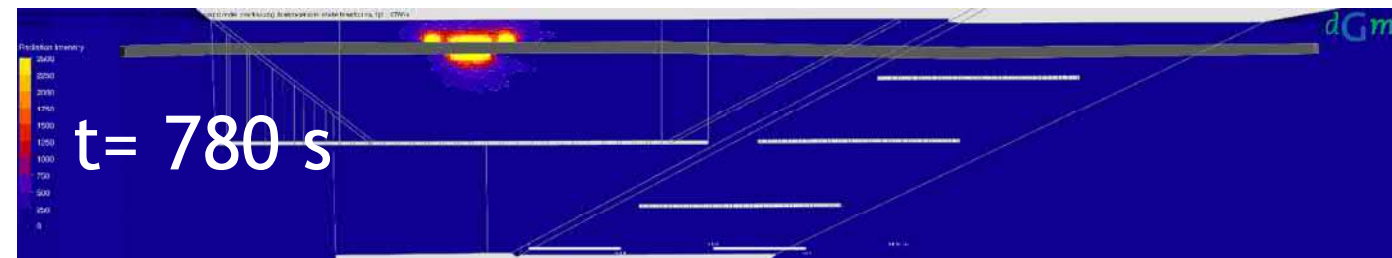
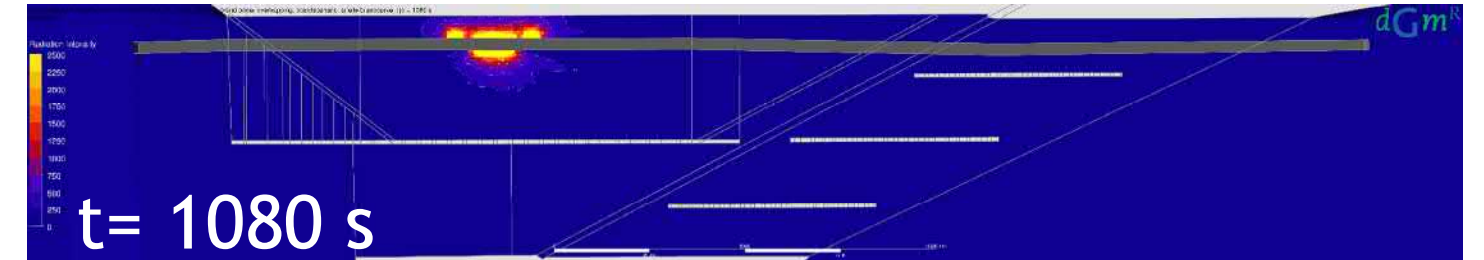
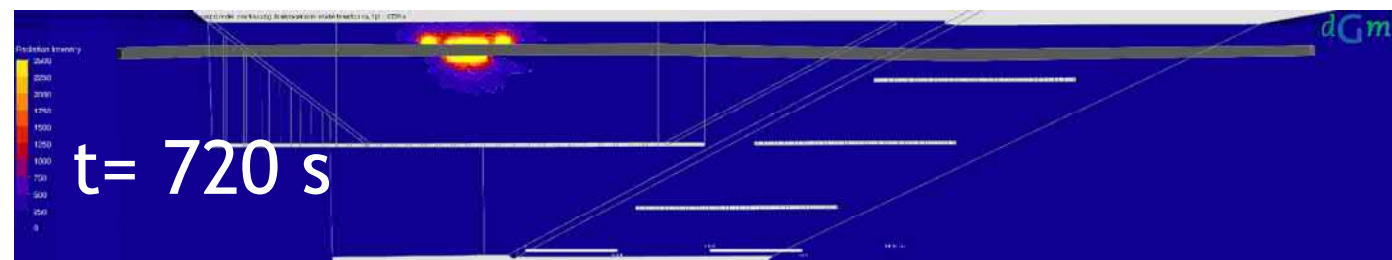
Brandcurve snel Temperatuur



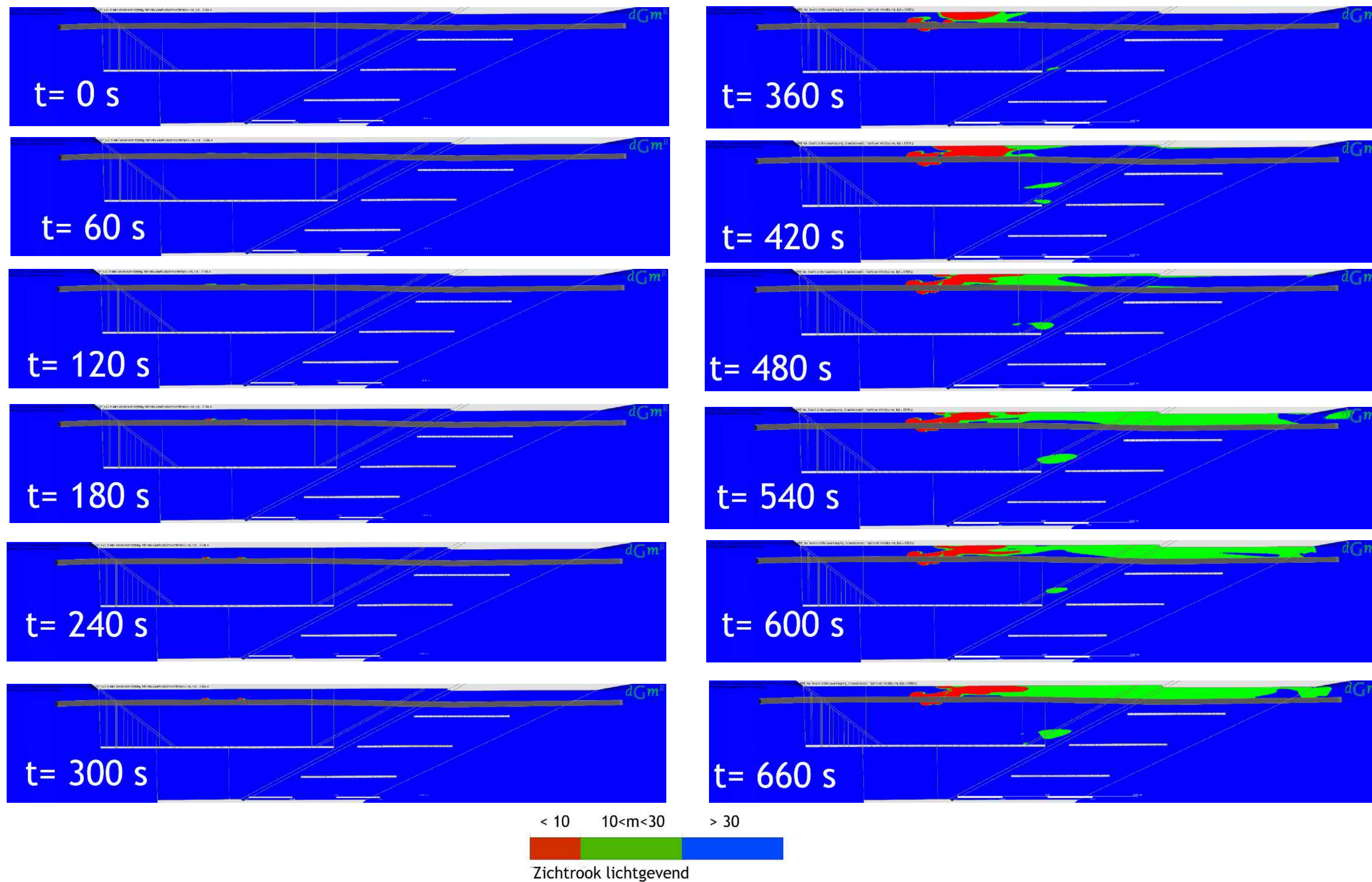
Brandcurve snel Stralingsintensiteit



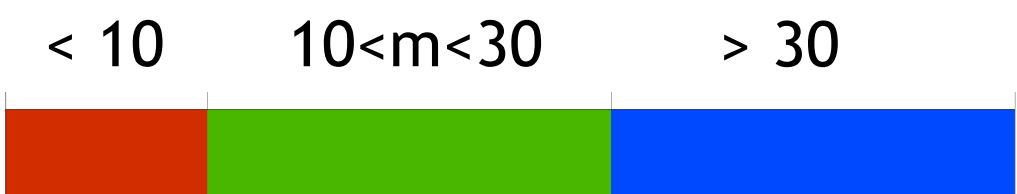
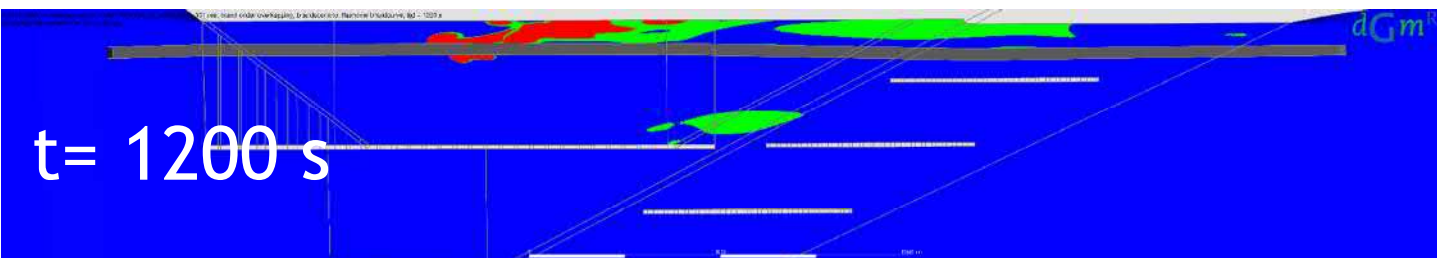
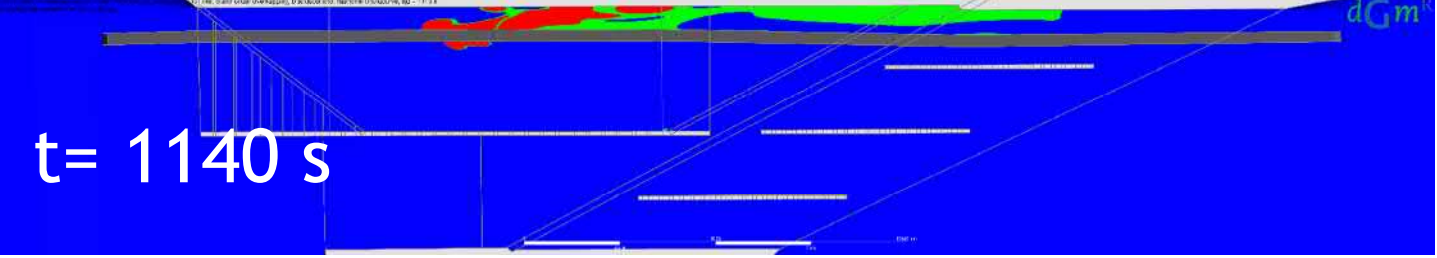
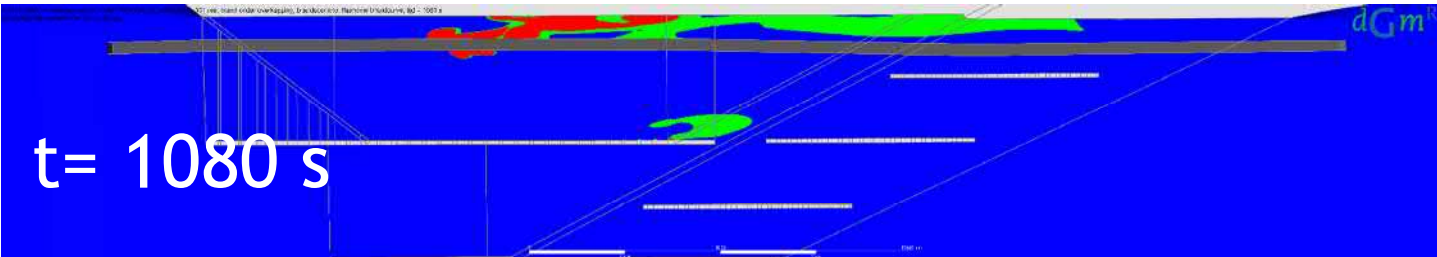
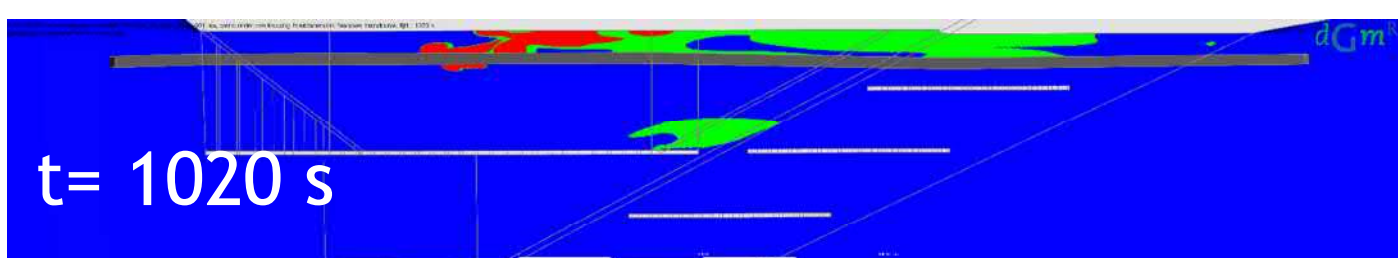
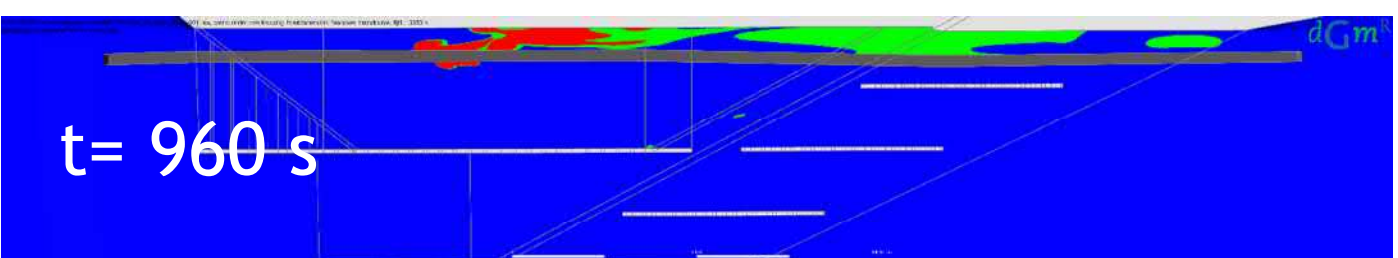
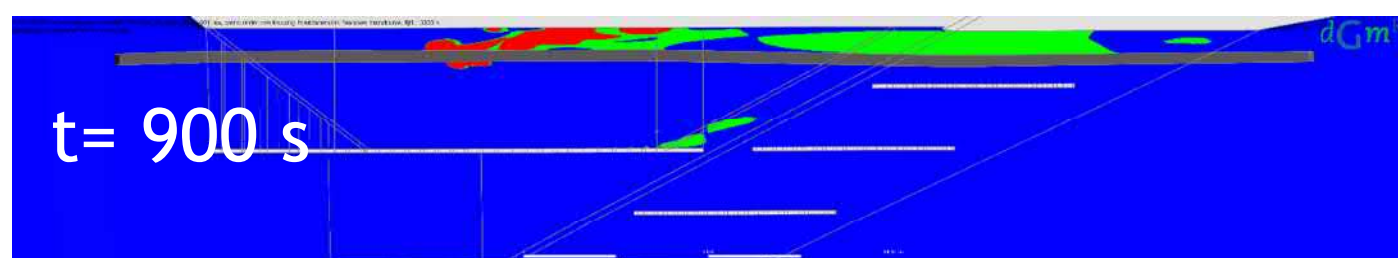
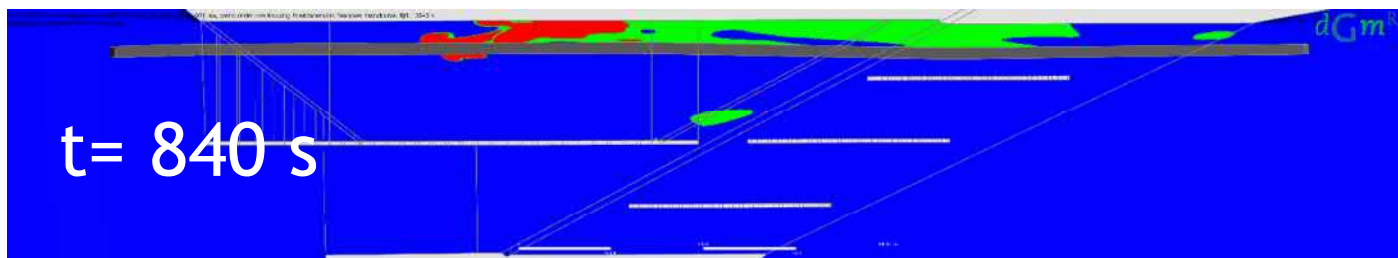
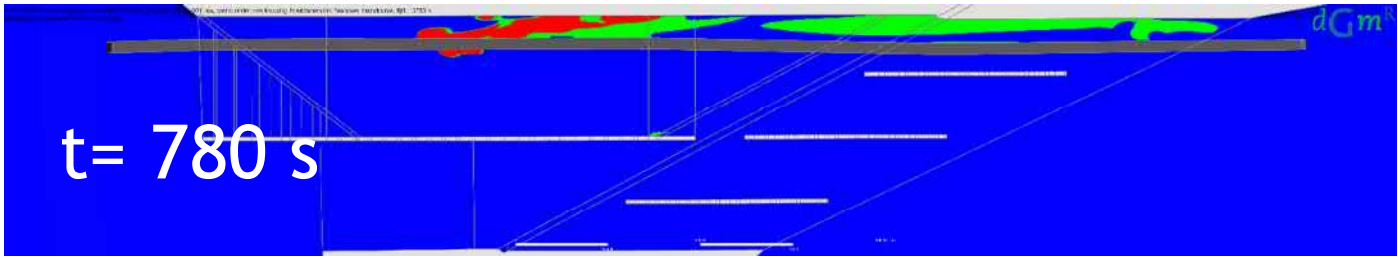
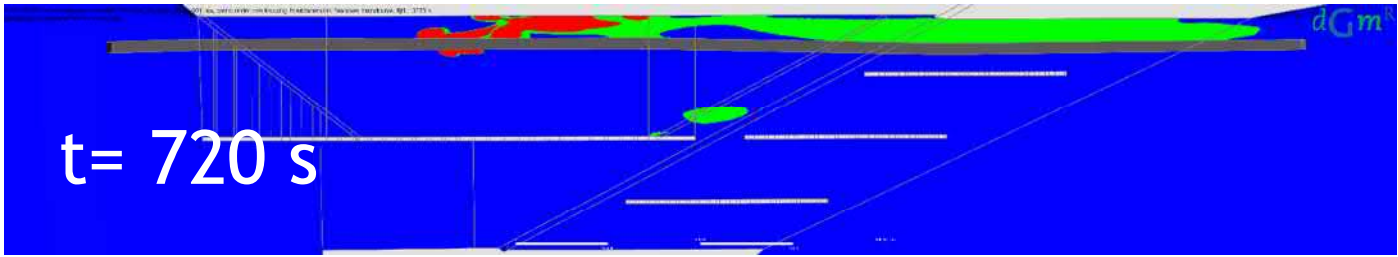
Brandcurve snel Stralingsintensiteit



Brandcurve flashover Zichtlengte lichtgevend $Y_s = 0,05 \text{ g/g}$

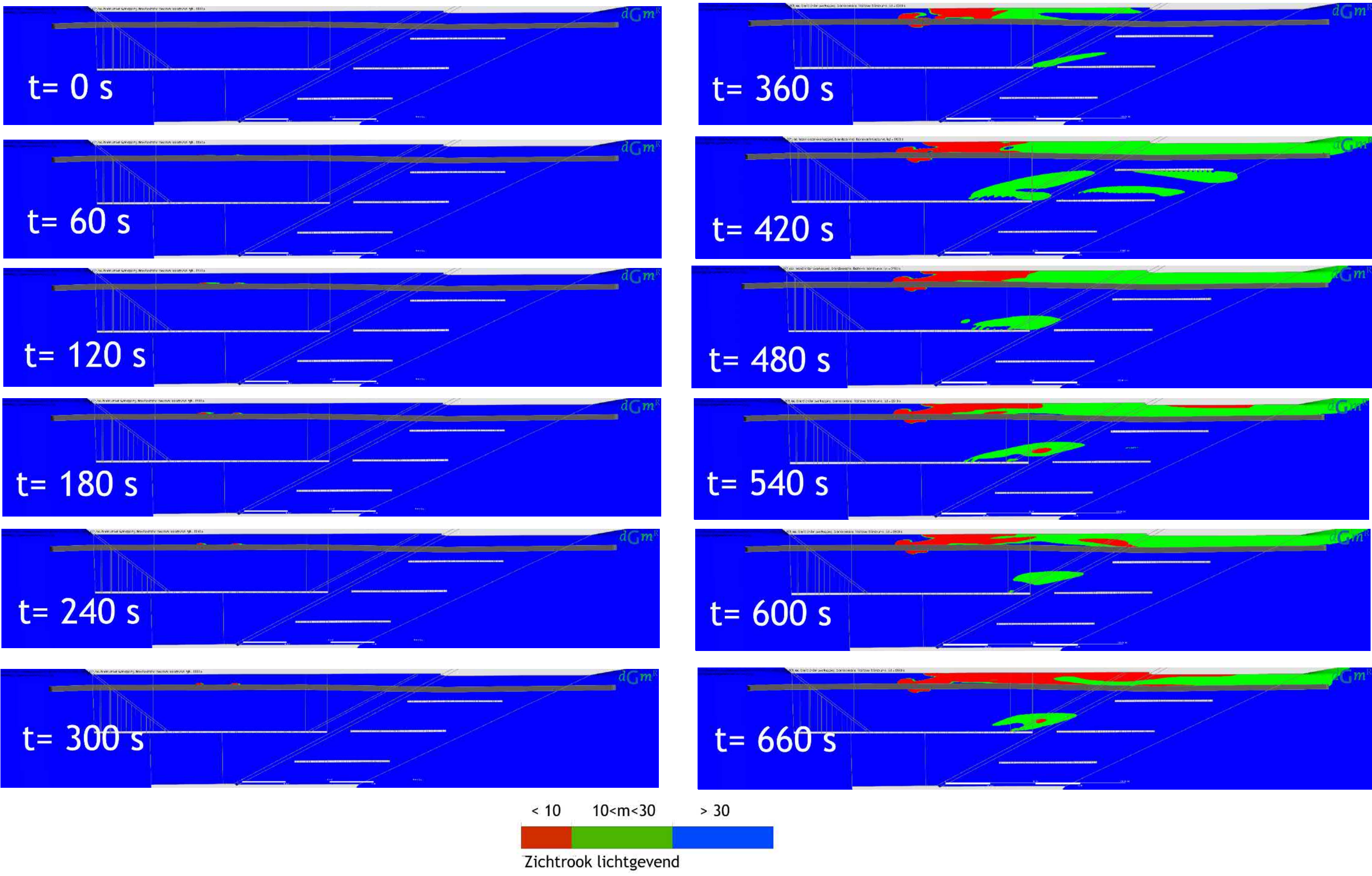


Brandcurve flashover Zichtlengte lichtgevend Ys = 0,05 g/g

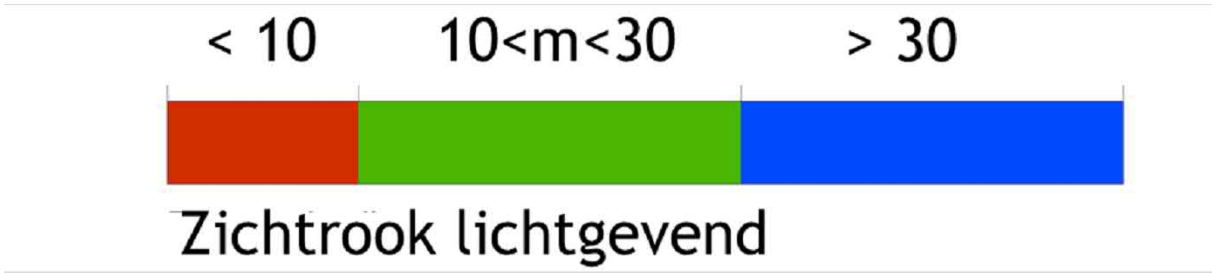
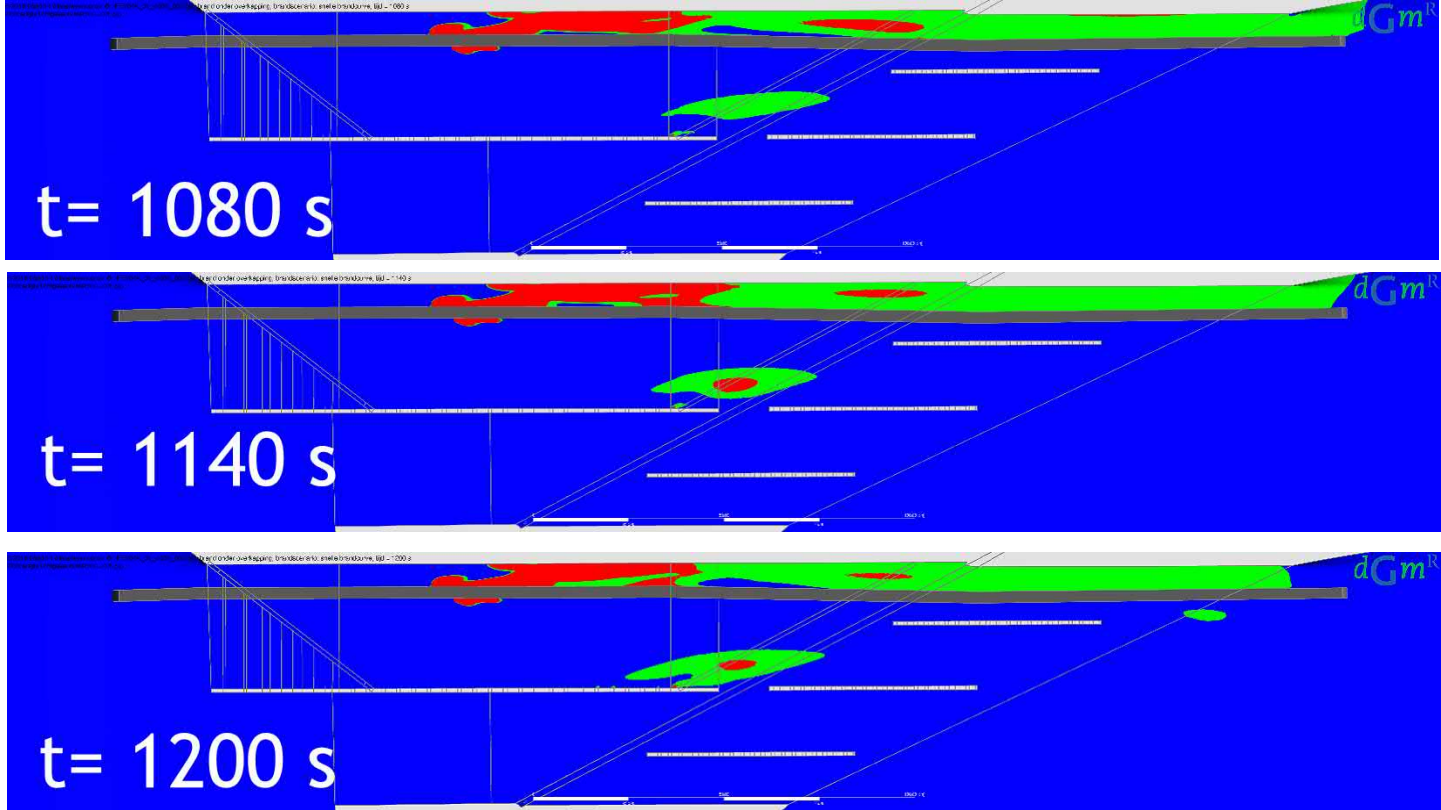
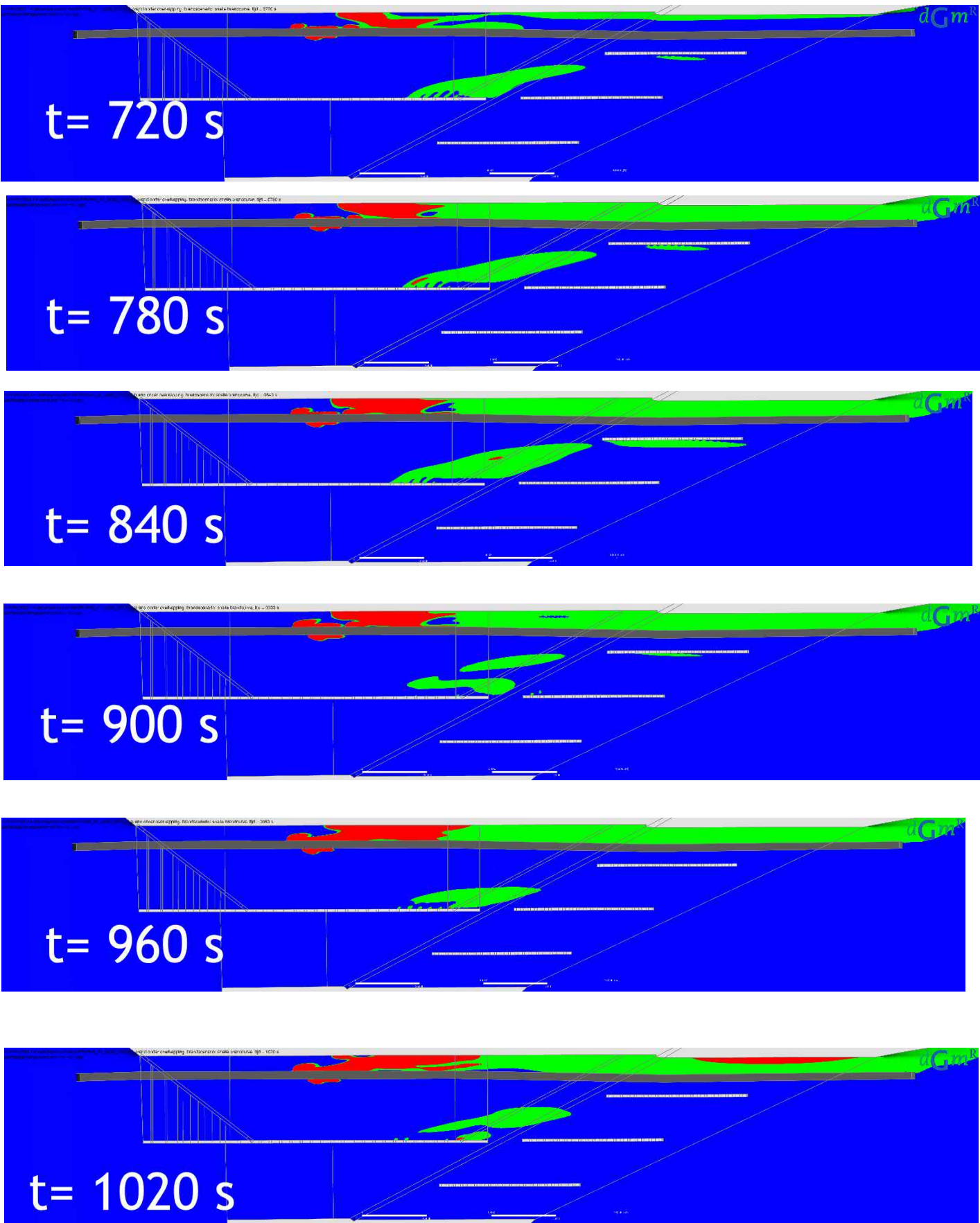


Zichtrook lichtgevend

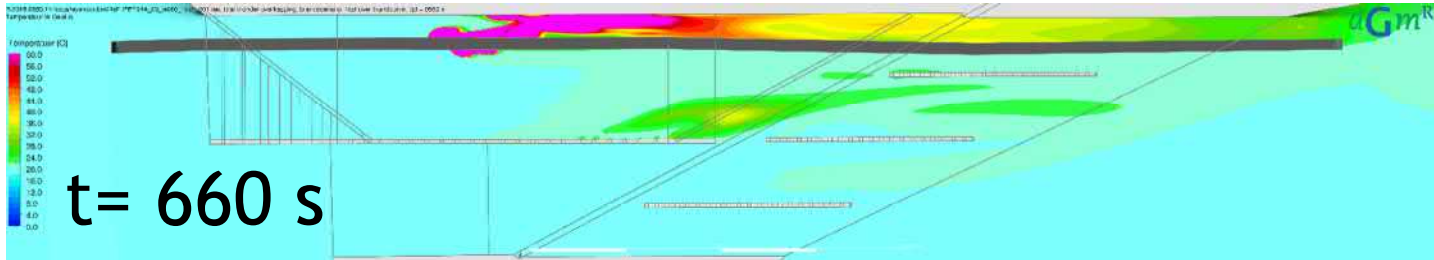
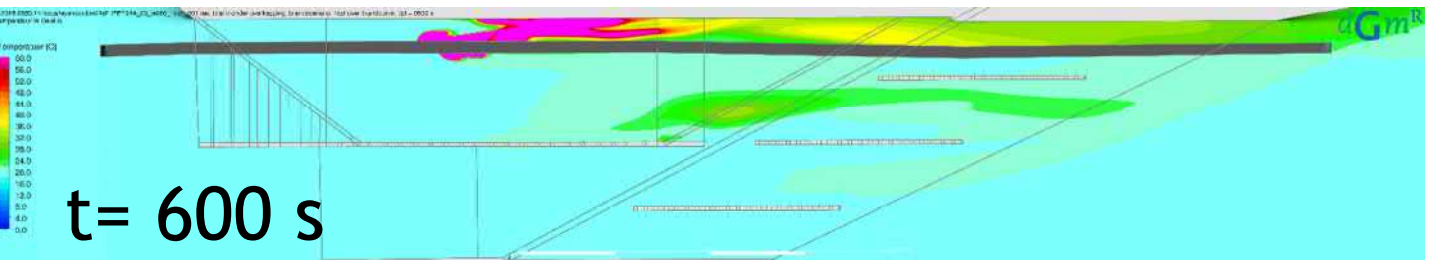
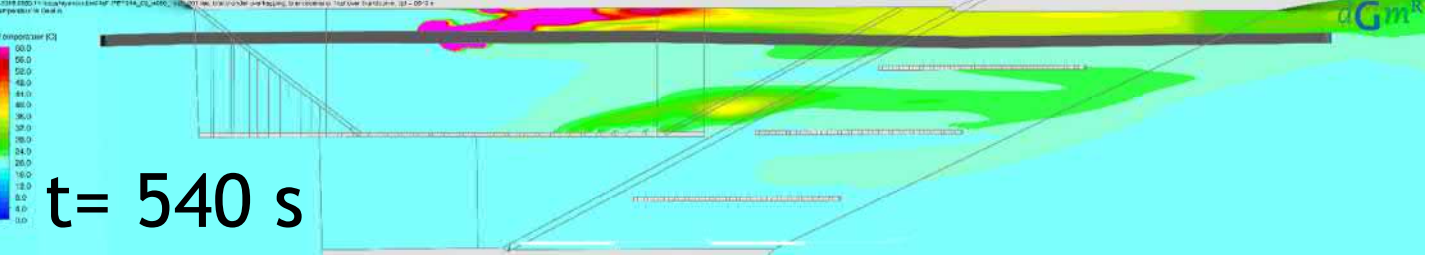
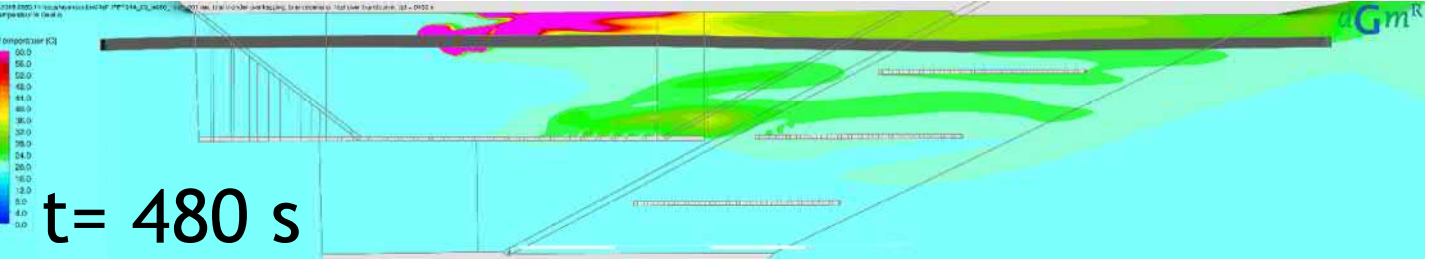
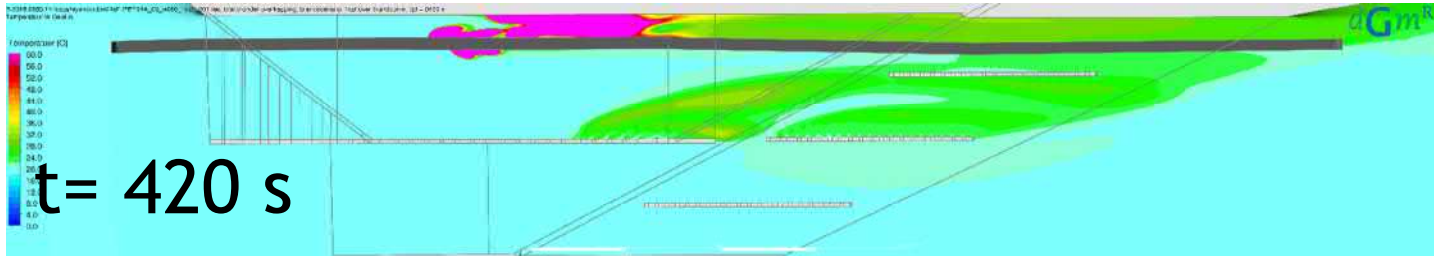
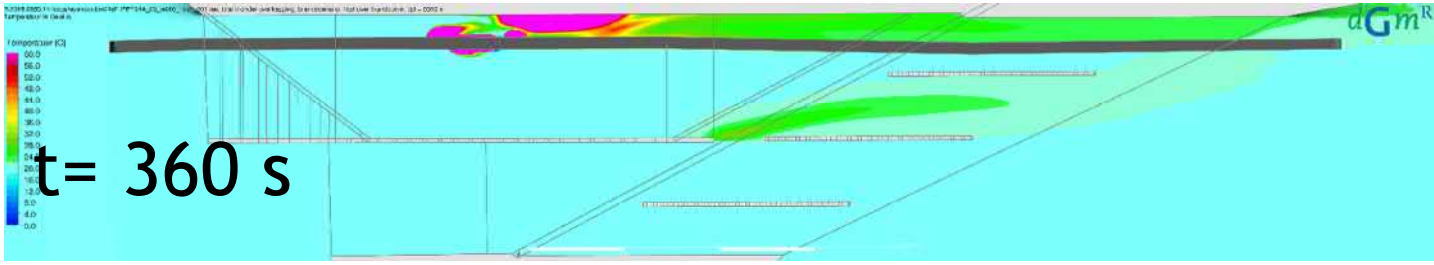
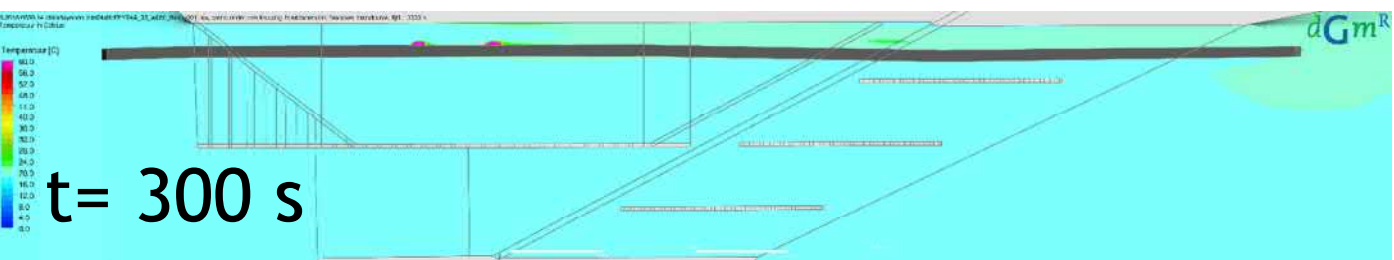
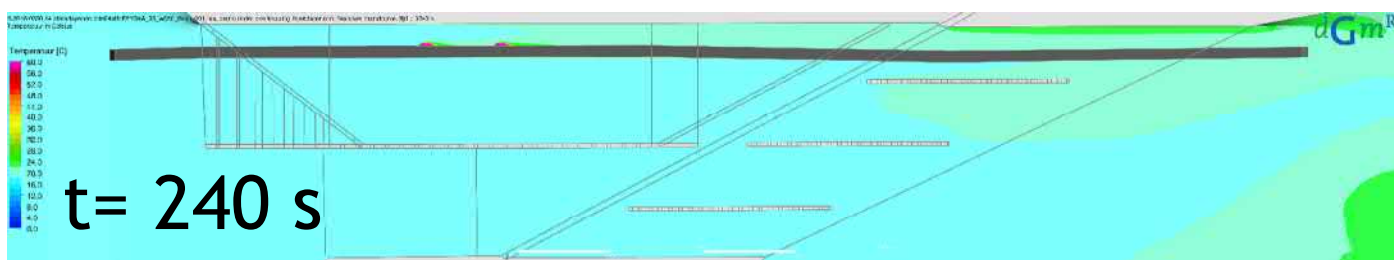
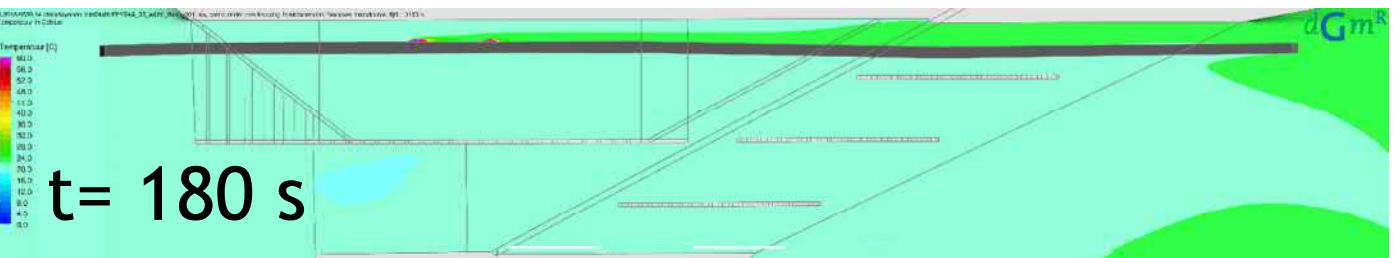
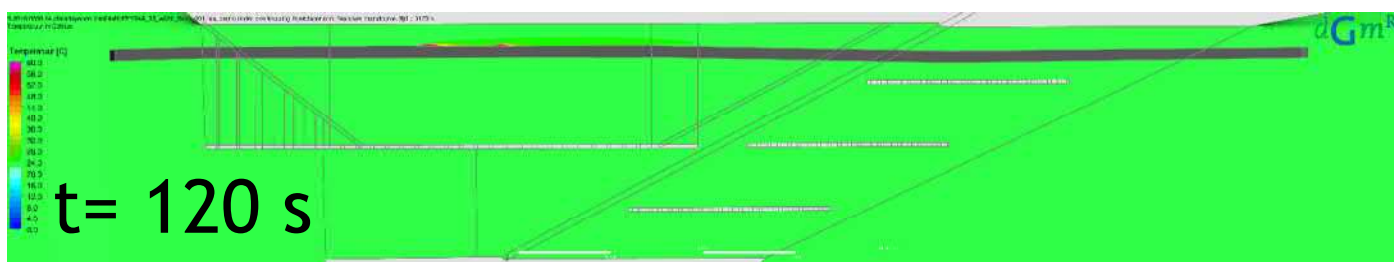
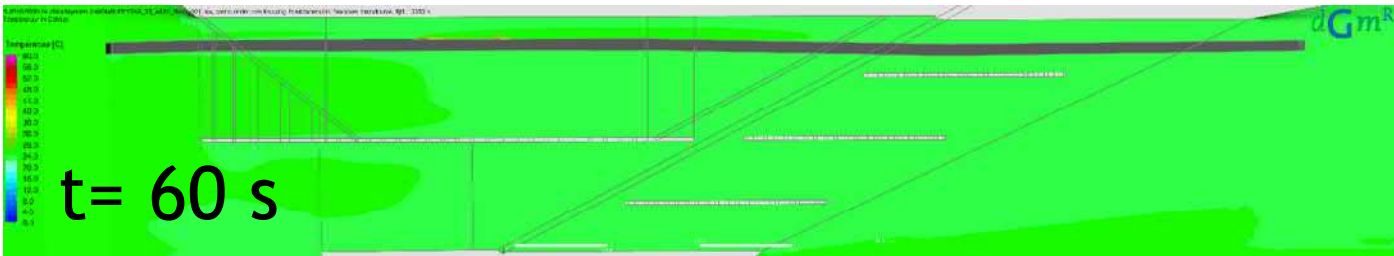
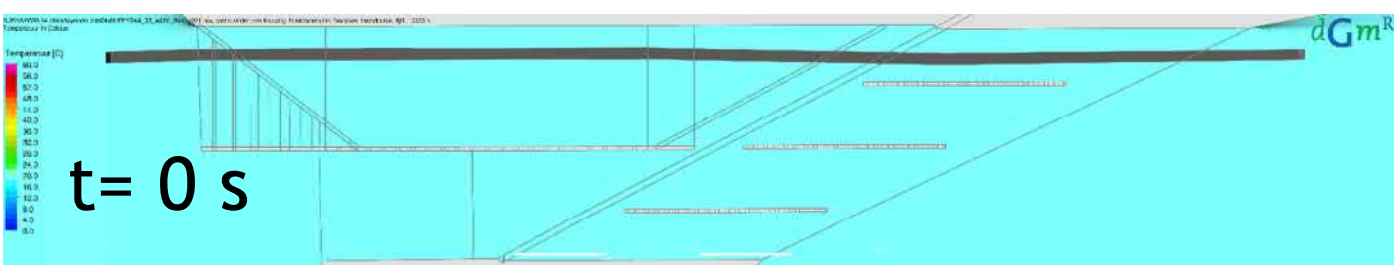
Brandcurve flashover Zichtlengte lichtgevend Ys = 0,1 g/g



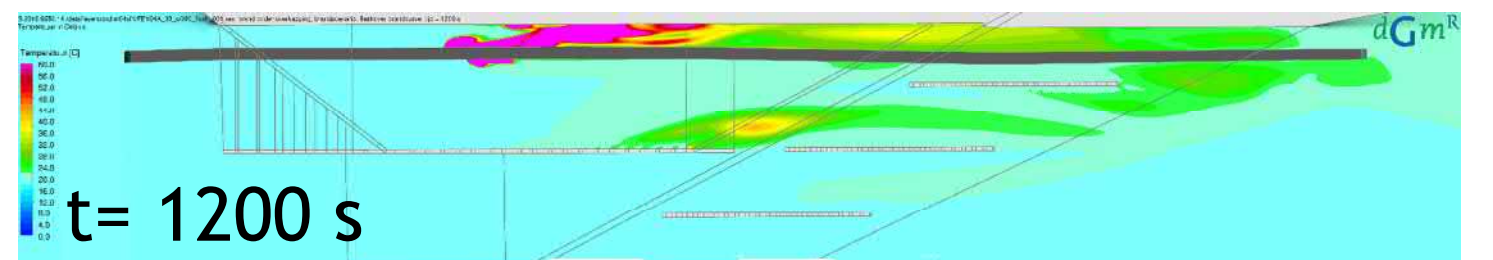
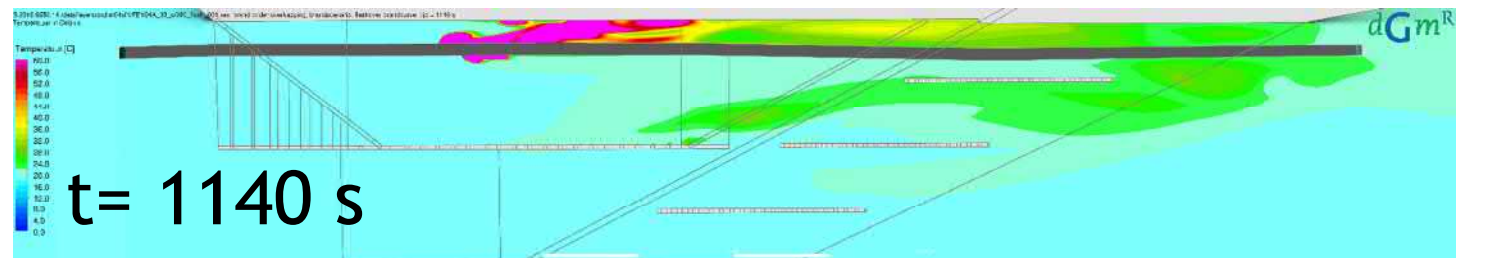
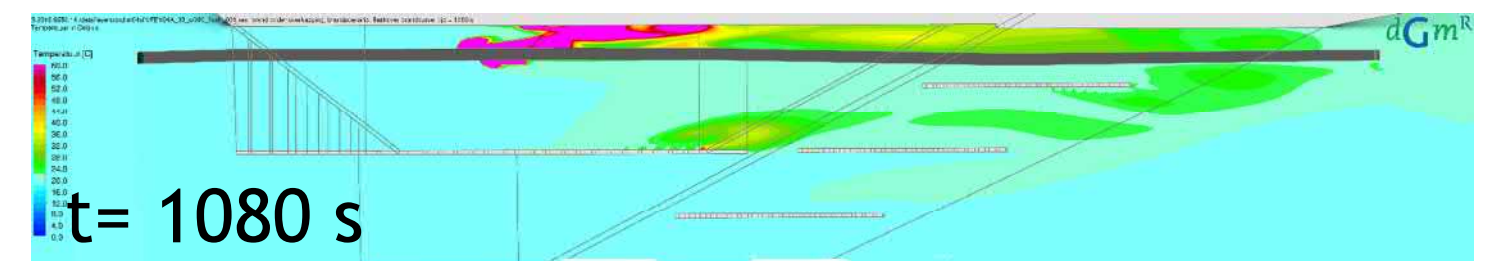
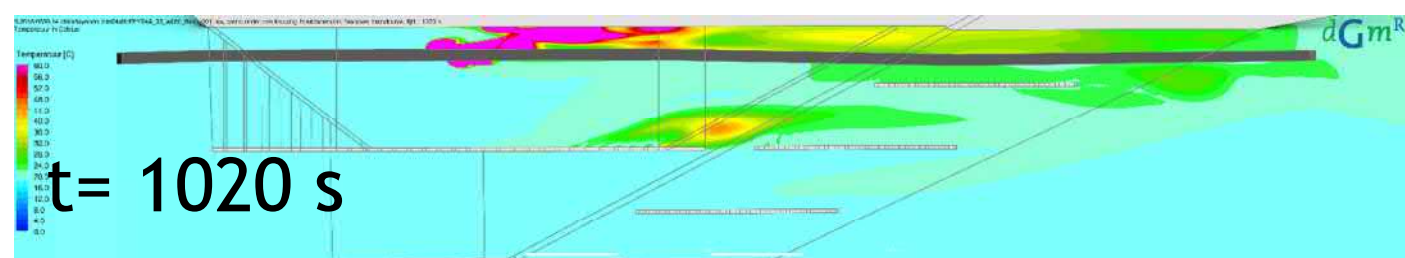
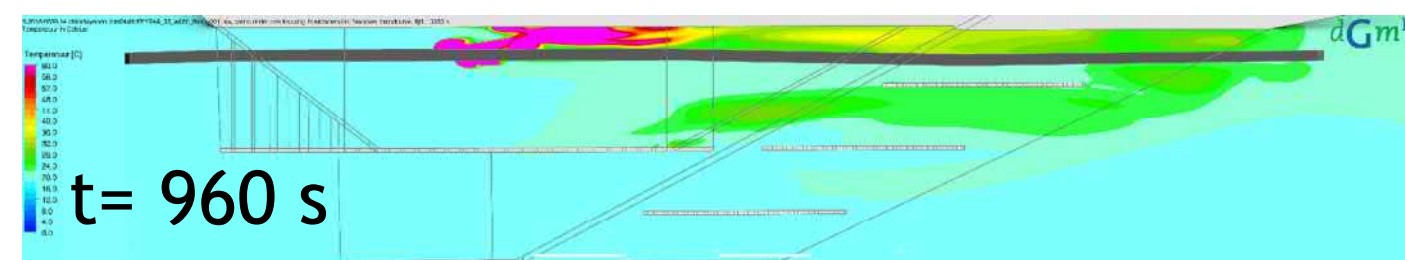
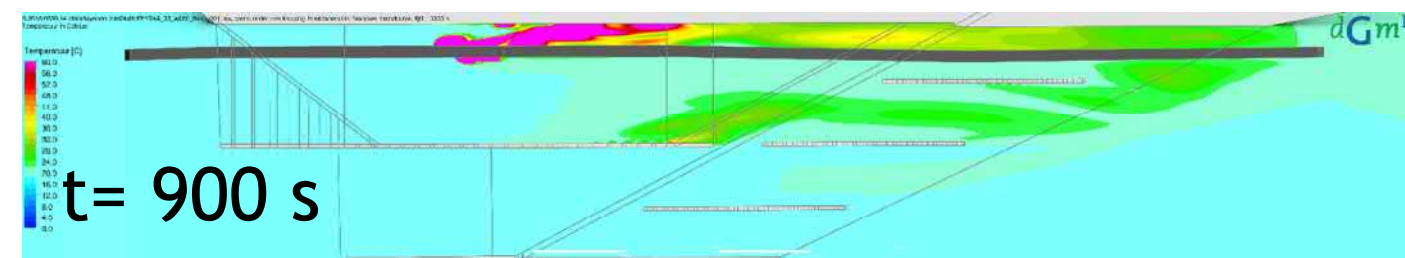
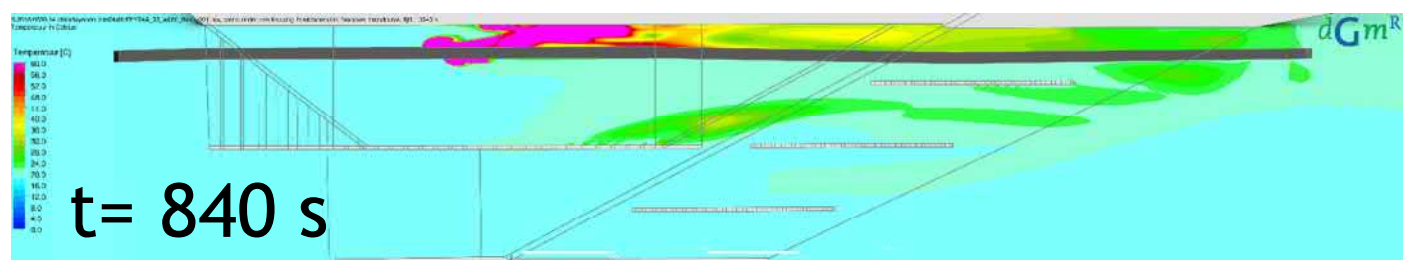
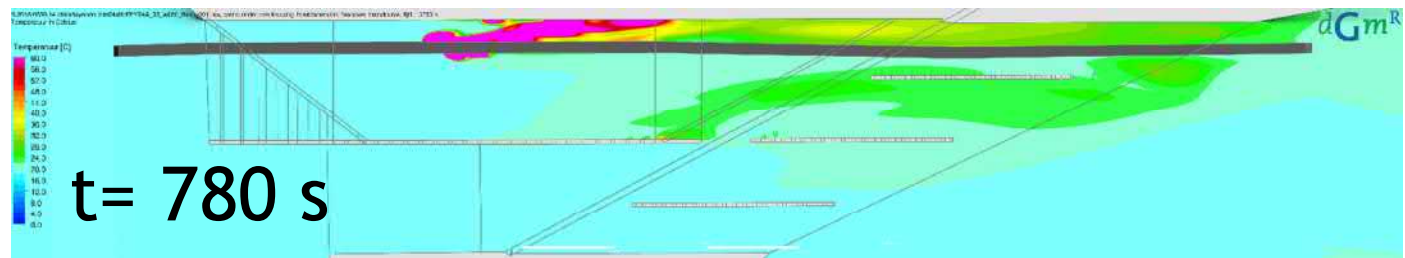
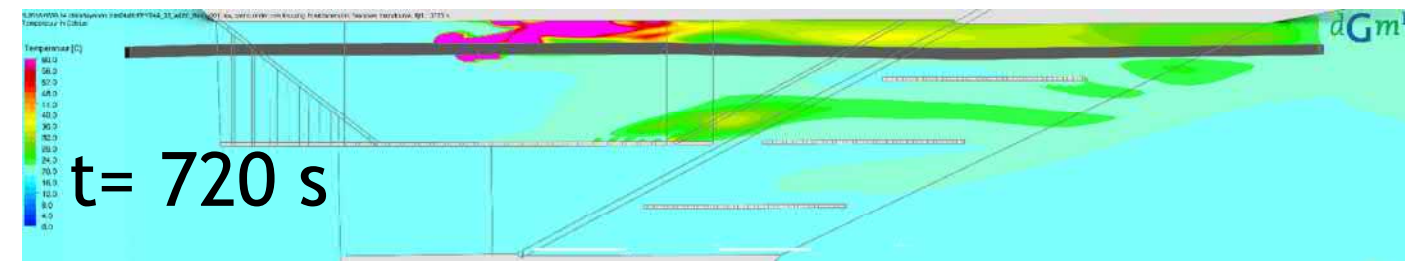
Brandcurve flashover Zichtlengte lichtgevend Ys = 0,1 g/g



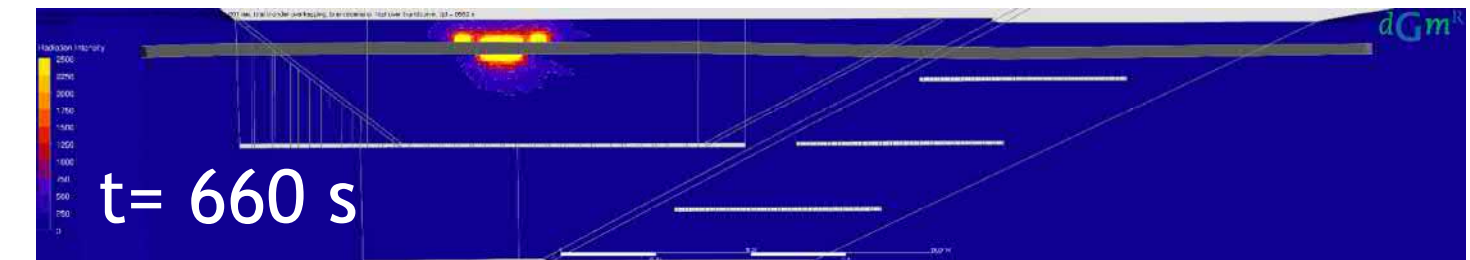
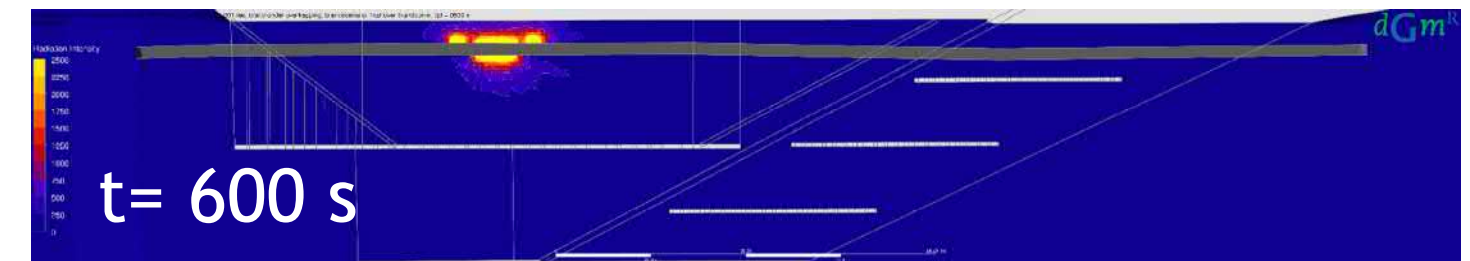
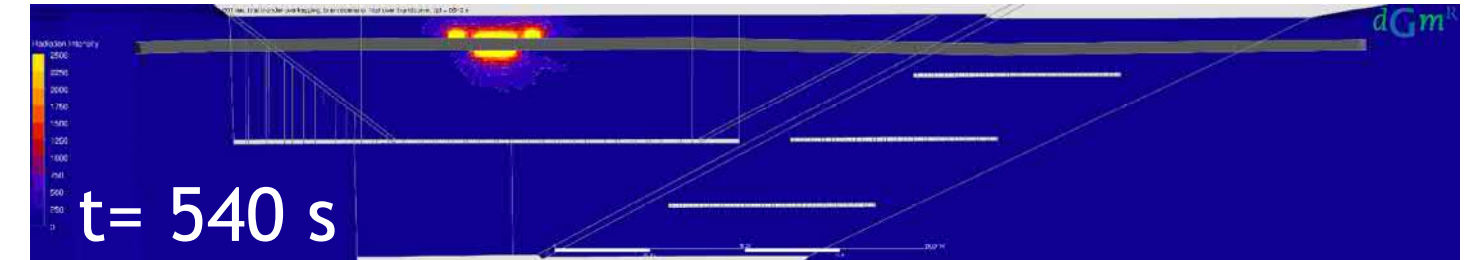
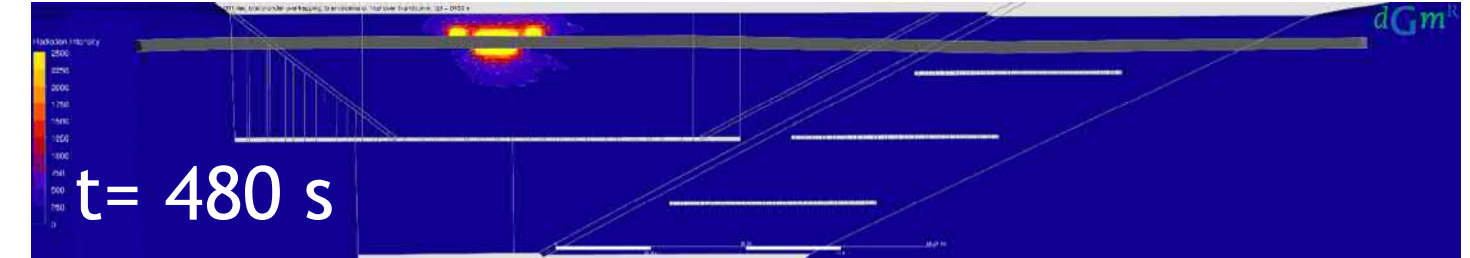
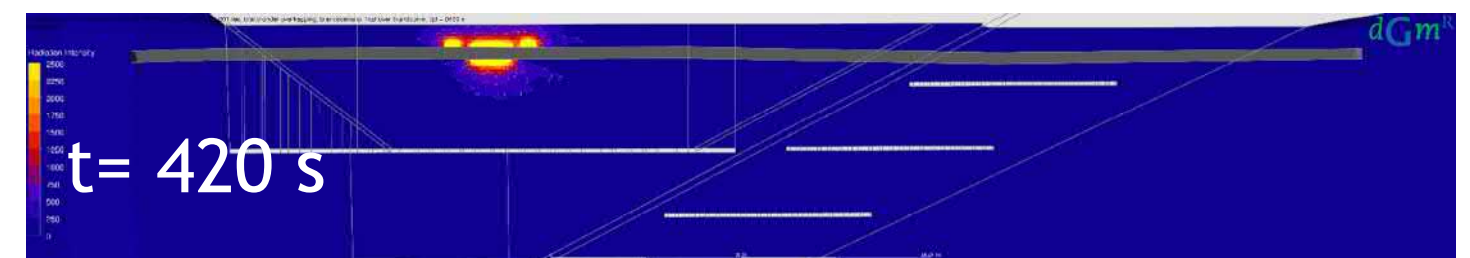
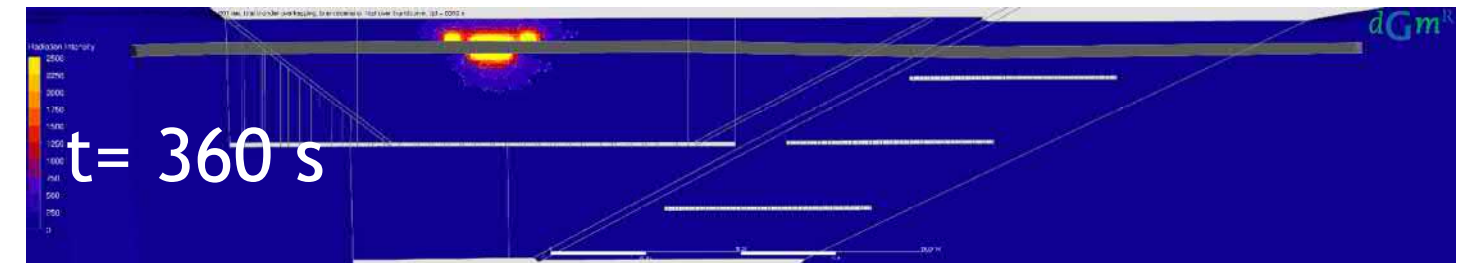
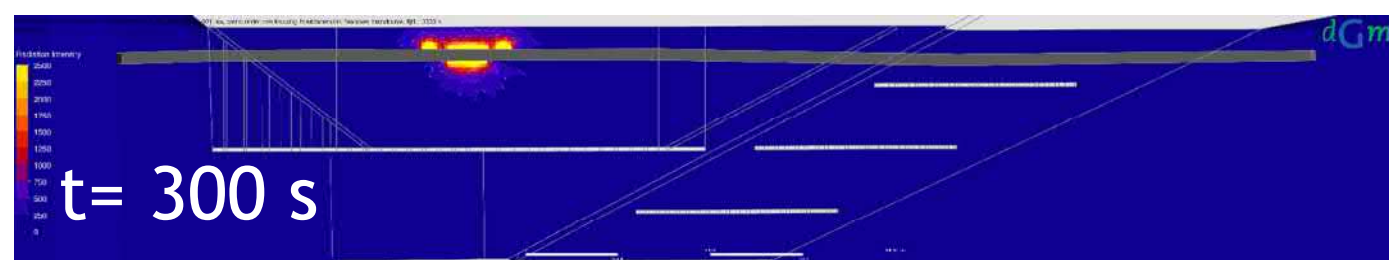
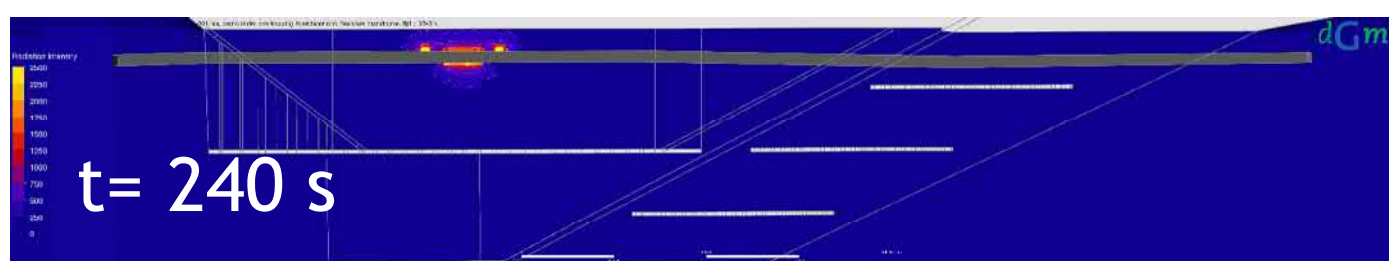
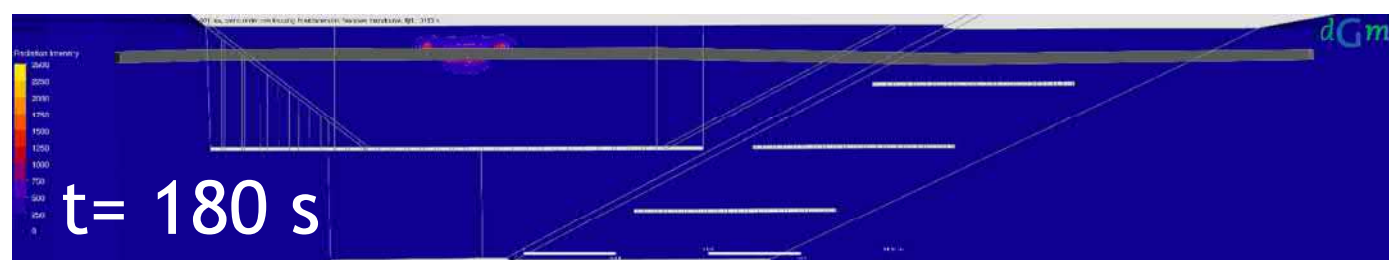
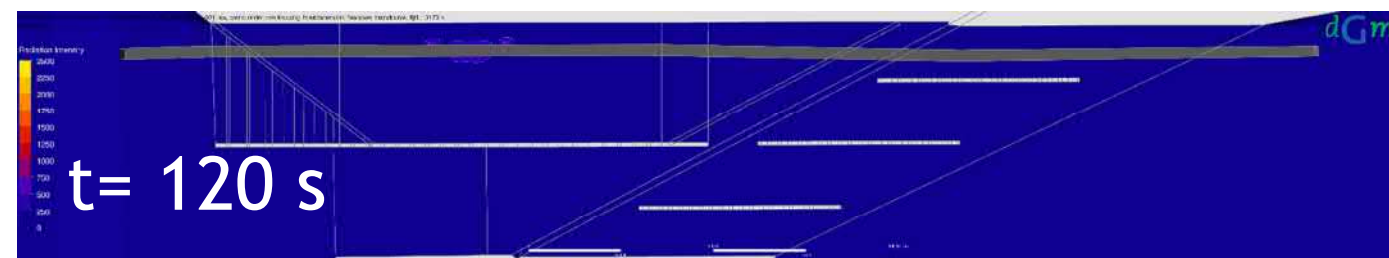
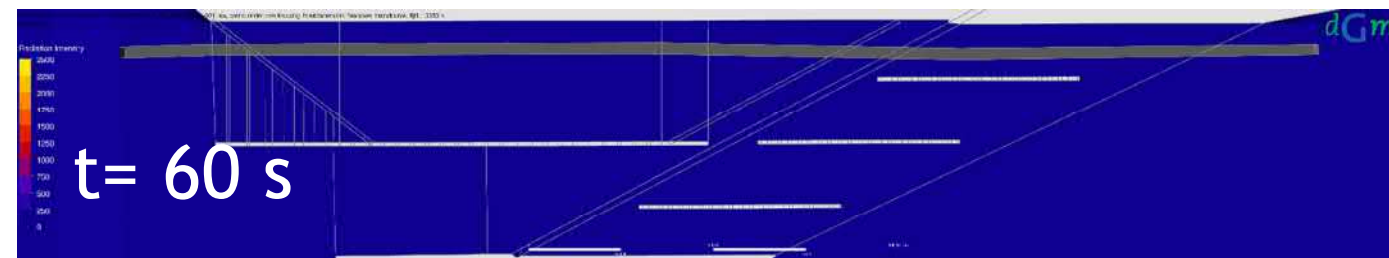
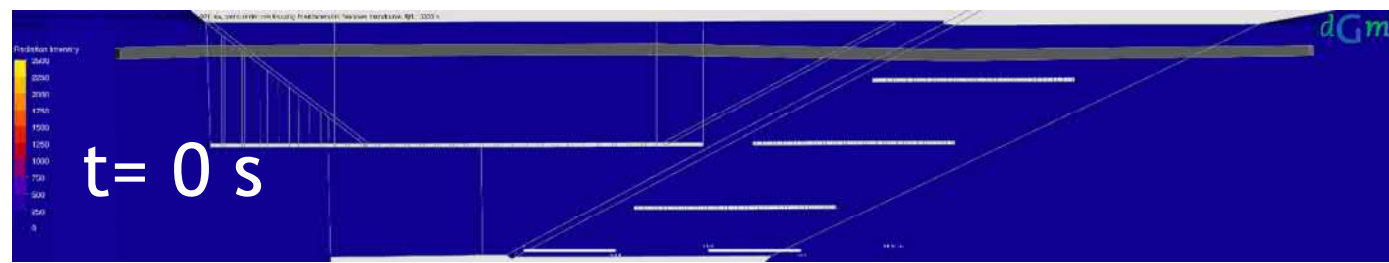
Brandcurve flashover Temperatuur



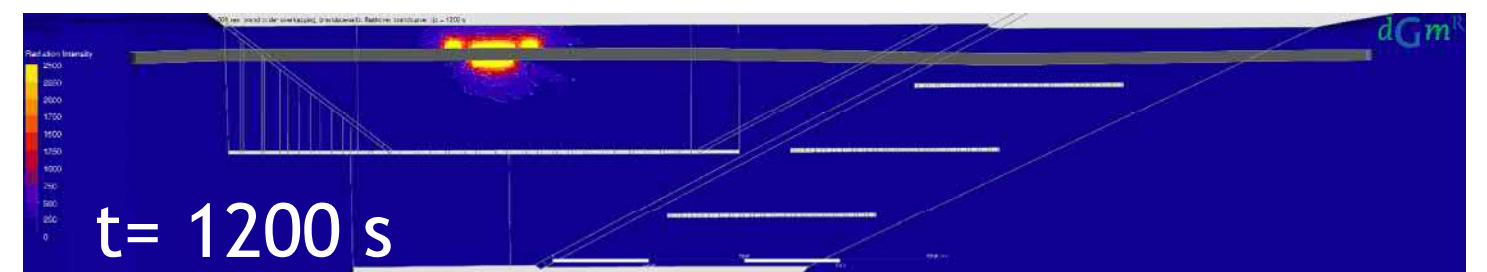
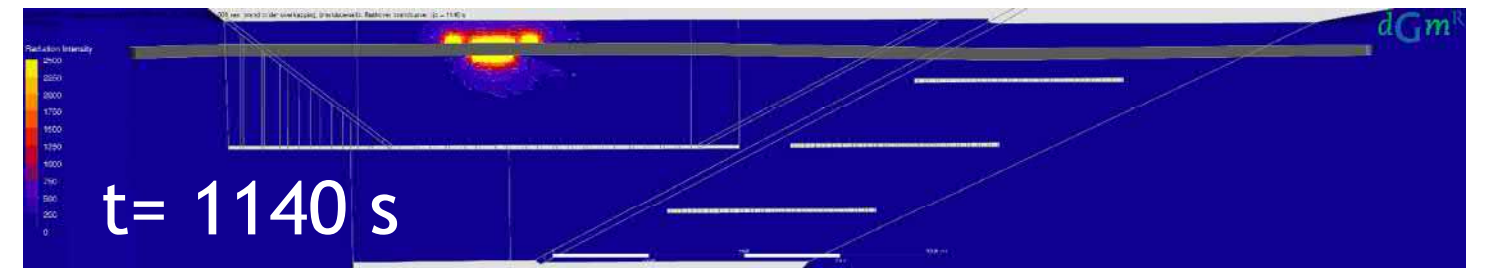
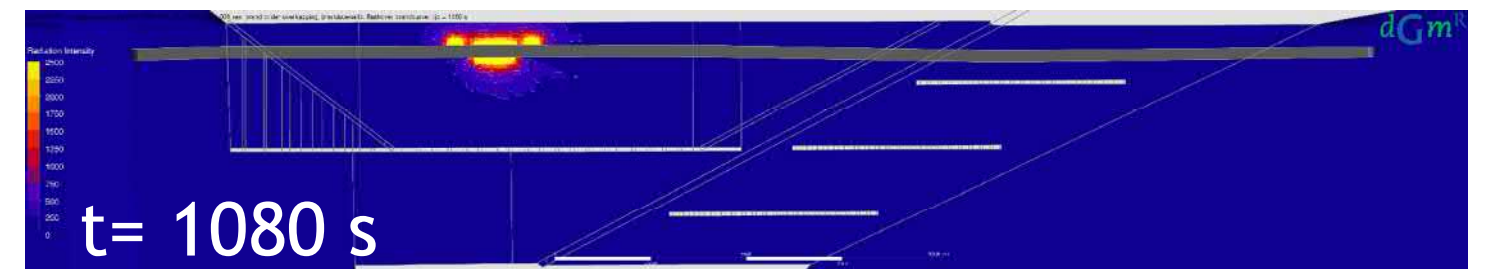
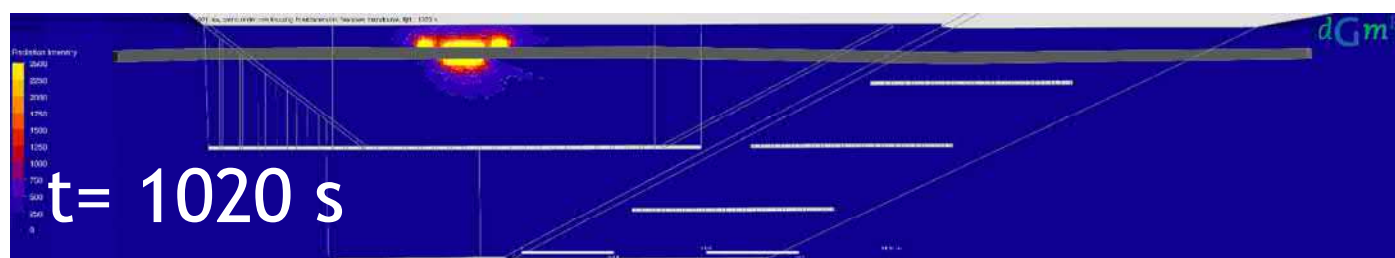
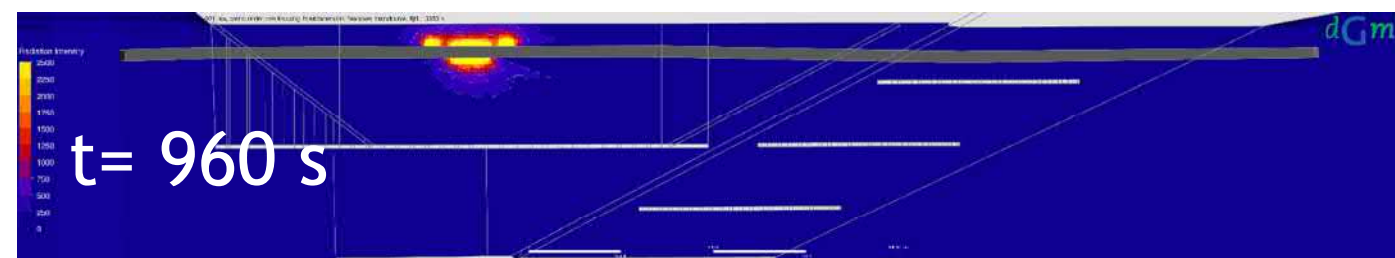
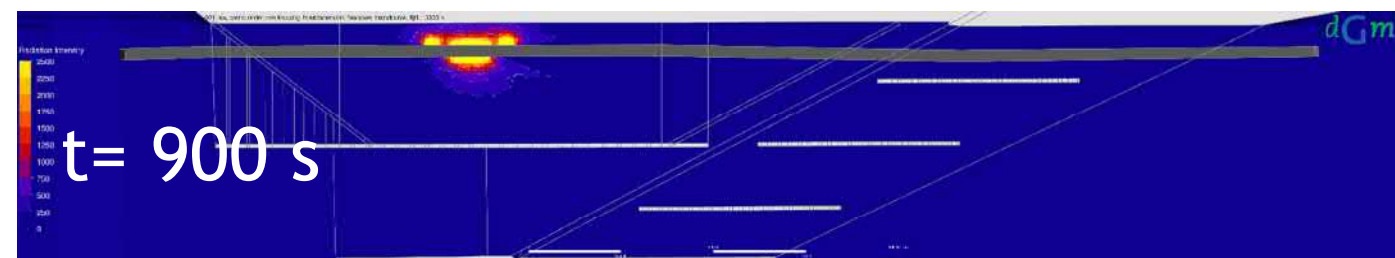
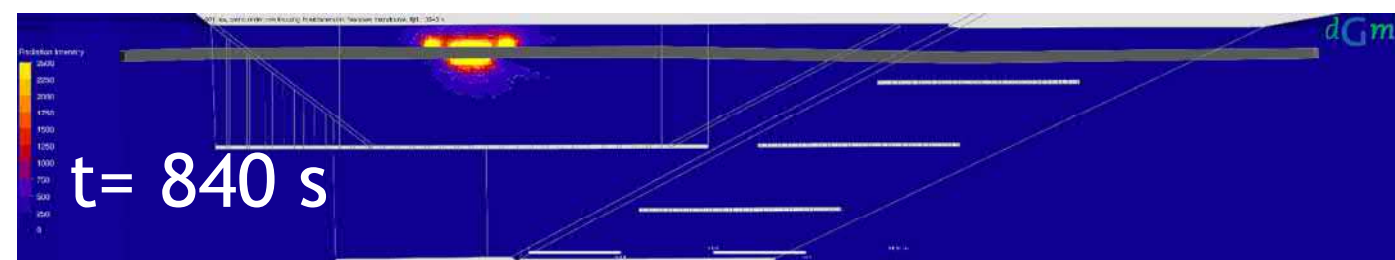
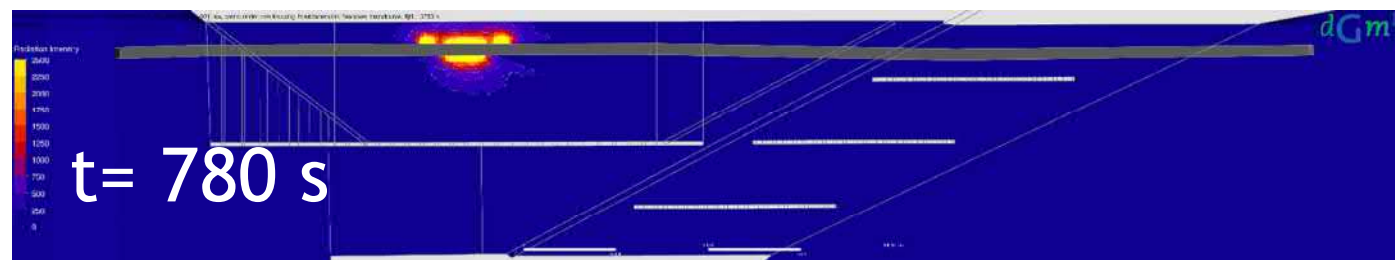
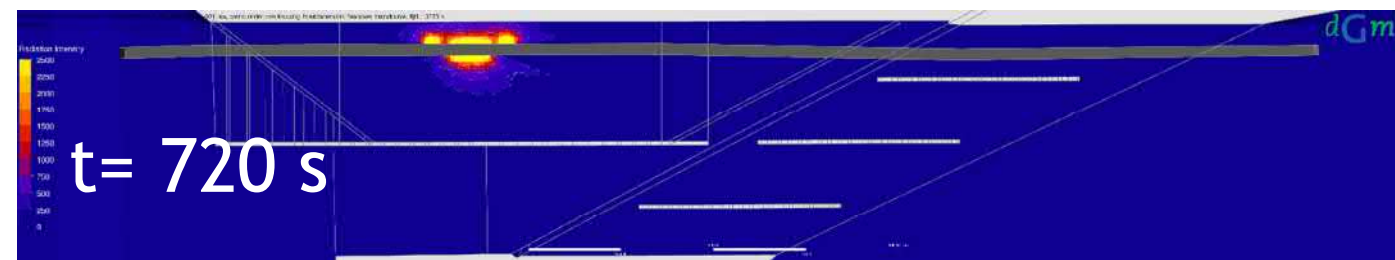
Brandcurve flashover Temperatuur



Brandcurve flashover Stralingsintensiteit

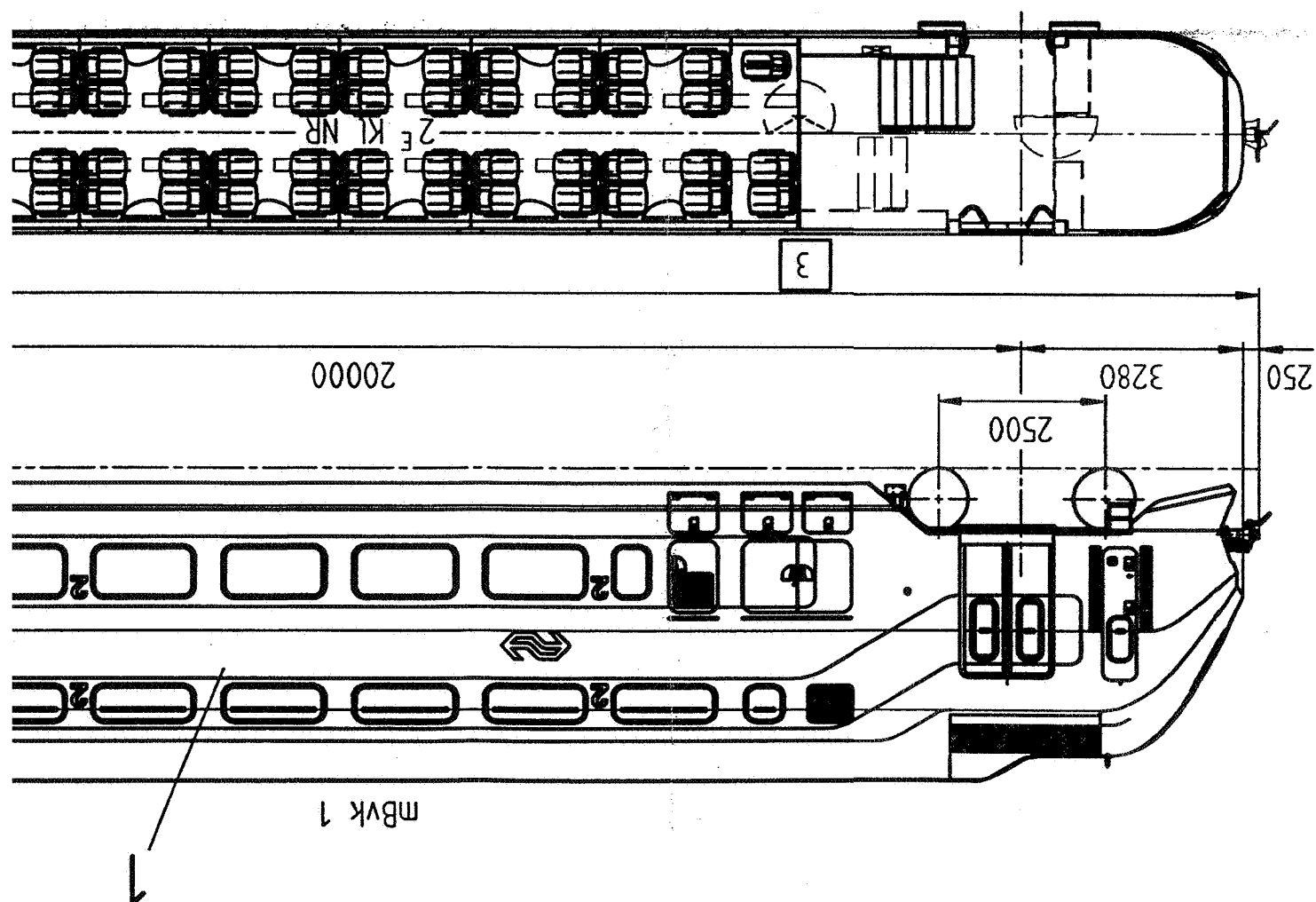
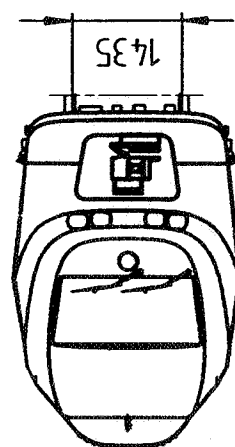


Brandcurve flashover Stralingsintensiteit



Bijlage 8: Gegevens over definiëren vluchtroutes





Ontwerpvoorschrift

*Baan en Bovenbouw
Sporen dwarsprofiel*

*Beherende instantie:
Inhoud verantwoordelijke:
Status:*

*AM Architectuur en Techniek
Manager Civiele Techniek
Definitief*

Datum van kracht: 01-02-2018	Versie: 004	Documentnummer: OVS00056-4.2
--	-----------------------	--

INHOUD

1	Revisiegegevens.....	3
2	Algemeen.....	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Scope	4
2.3	Toepassingsgebied en context	4
2.4	Relatie met de TSI INF CR	4
2.5	Definities en afkortingen.....	4
2.6	Referenties.....	4
2.6.1	Voorschriften en procedures	4
2.6.2	Relatie met andere regelgeving	5
3	Eisen aan dwarsprofiel	6
3.1	Profiel van Vrije Ruimte (PVR) en Rode Meetgebied (RM)	6
3.2	Hart op hart spoorafstanden	6
3.3	Veilige afstanden in verband met drukgolven	7
3.4	Loop- en inspectiepaden, servicepaden en vluchtpaden	8
3.4.1	Overzicht paden afhankelijk van de functie.....	8
3.4.2	Specificaties van de paden	9
3.4.3	Overige systemen en installaties	13
4	Standaard bouwstenen voor samenstellen dwarsprofiel	15
4.1	Uitwerking voorbeelden voor emplacementen	16
4.2	Uitwerking voorbeelden voor de vrijebaan	19
4.3	Uitwerking voorbeelden met geluidsschermen	20
5	Standaard baanprofielen (voorbeelden)	22
5.1	Nieuwbouw (voorbeelden).....	22
5.2	Uitbreidingen (voorbeelden).....	23

1 Revisiegegevens

Datum	Versie	Hoofdstuk/ paragraaf	Wijziging
01-10-2008	002	gehele doc	Toegevoegd de servicepaden en looppaden voor treinpersoneel. Hoofdstuk toegankelijkheid is verplaatst naar OVS Terreinverhardingen. Het gehele document is geactualiseerd.
01-09-2015	003	gehele doc	Afstand hart spoor naar hart bovenleiding portaal in alle figuren aangepast van 2,75 m naar 2,85 m (In de tekst stond reeds de eis 2,85 m) Figuur pad op emplacementen toegevoegd. Figuur servicepad op emplacementen toegevoegd Afstand hart spoor naar servicepad op emplacementen aangepast naar 1,80 m. op verzoek en onder verantwoordelijkheid van V&C en vastgelegd in EDMS-#3543258-v1-Veiligheidsverantwoording_looppaden_servicesporen. AV133.1 gewijzigd in OVS69133-1.
1-02-2018	004	3.4.2 3.4.2 - Tabel 2	Specificatie obstakelbreedte verrijdbare trappen Tegenstrijdigheid in bijschrift van tabel 2 in lijn gebracht met de tabel. Uitleg ten aanzien van maat servicepad voor zware werkzaamheden toegevoegd in voetnoot. Verwijzing naar EDMS-document geschrapt.

2 Algemeen

2.1 Inleiding

In deze OVS worden de eisen met betrekking tot de sporen lay-out vastgelegd in de dwarsrichting van het spoor (hart op hart-afstanden van sporen, afstanden tot objecten). Dit ontwerpvoorschrift maakt deel uit van de bundel Ontwerpvoorschriften Baan en Bovenbouw met ProRail nummer OVS00056. Voor de aanwezige delen zie de Railinfra Catalogus (RIC).

2.2 Scope

In het algemeen wordt bij het ontwerpen van meersporige baanvakken onderscheid gemaakt tussen situaties waarbij een geheel nieuw baanvak wordt aangelegd, of het bestaande baanvak wordt uitgebreid.

Het dwarsprofiel van een meersporig baanvak is afhankelijk van een aantal kaders. In dit voorschrift wordt een opsomming gegeven van deze kaders en hierop een toelichting gegeven. Hierin wordt tevens een overzicht gegeven van de "bouwstenen" die kunnen worden gebruikt als de ruimtelijke vertaling van de kaders. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende snelheidsklassen te weten:

- $V \leq 40 \text{ km/h}$;
- $40 \text{ km/h} < V \leq 140 \text{ km/h}$;
- $140 \text{ km/h} < V \leq 160 \text{ km/h}$;
- $160 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$.

Deze OVS beperkt zich tot snelheden van maximaal 200 km/h.

2.3 Toepassingsgebied en context

Het voorschrift dient te worden gebruikt bij ontwerp van nieuwe, wijziging of uitbreiding van bestaande enkel- en meersporige baanvakken en emplacementen.

2.4 Relatie met de TSI INF CR

Deze OVS is in lijn met de TSI INF CR verordening 1299/2014 (publicatie L356/1) (Technical Specification of Interoperability – Subsystem Infrastructure - Conventional Rail).

2.5 Definities en afkortingen

Zie RLN00162 Begrippen en Afkortingen Baan en Bovenbouw.

Aanvullend geldt:

Obstakellengte	Lengte van een obstakel gemeten evenwijdig aan het spoor.
OBE-bladen	Overzichtsbladen treinbeveiliging

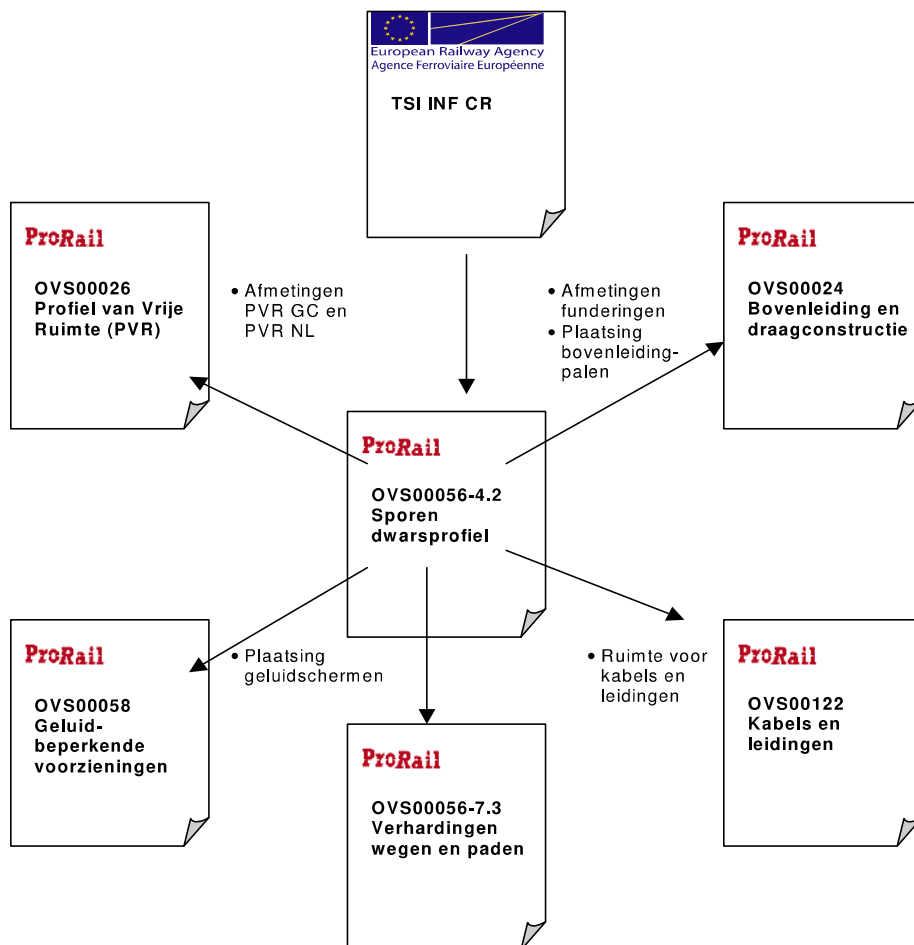
2.6 Referenties

2.6.1 Voorschriften en procedures

Interne documenten waarnaar verwezen wordt zijn te vinden in de Railinfra Catalogus (RIC) van ProRail.

2.6.2 Relatie met andere regelgeving

Deze OVS heeft relaties met andere documenten waarin eisen gesteld worden aan gerelateerde onderwerpen. De belangrijkste relaties zijn weergegeven in onderstaand relatieschema.



Figuur 1: Relatieschema regelgeving.

3 Eisen aan dwarsprofiel

3.1 Profiel van Vrije Ruimte (PVR) en Rode Meetgebied (RM)

Profiel van Vrije Ruimte Bij nieuwbouw moet als Profiel van Vrije ruimte (PVR) PVR GC volgens OVS00026 worden gehanteerd.

Rode Meetgebied Voor het bepalen van locaties van vaste objecten in de directe nabijheid van het spoor dient het Rode Meetgebied (RM) volgens OVS00026 te worden gebruikt.

3.2 Hart op hart spoorafstanden

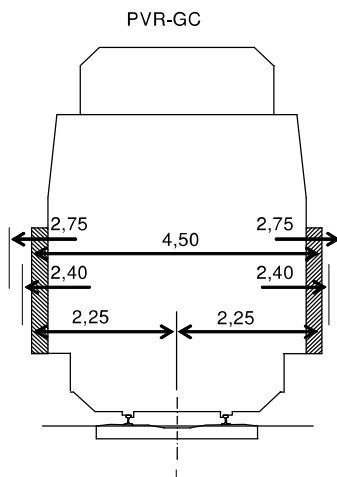
Hart op hart spoorafstand Voor nieuwe sporen is de minimum spoorafstand 4,50 m, uitgaande van PVR GC. Voor (bestaande) sporen is de minimum spoorafstand 4,00 m.

Bij vernieuwing van bestaande sporen (met spoorafstand < 4,00 m) de spoorafstand minimaal op 4,00 m brengen. Gestreefd moet worden naar een spoorafstand van 4,50 m.

3.3 Veilige afstanden in verband met drukgolven

Druk golf zones

Voor de drukgolf zones moeten de afstanden van tabel 1 worden aangehouden. Onder minimale drukgolfzone wordt verstaan de minimaal veilige afstand voor personen t.o.v. hart spoor.

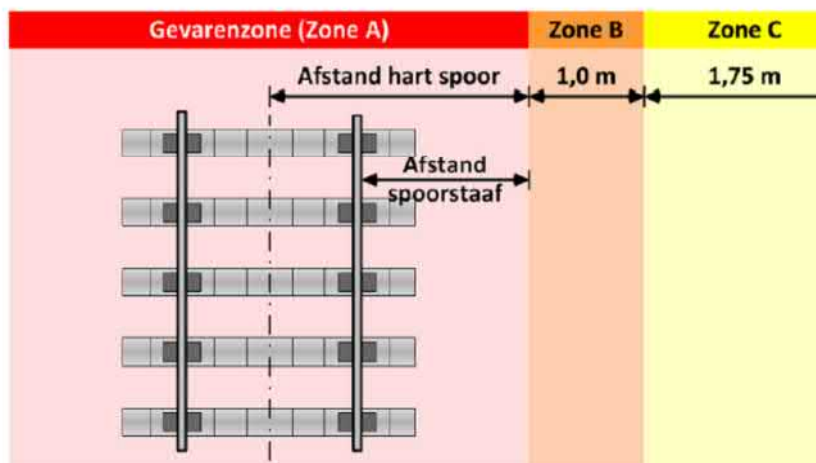


Figuur 2; Afstand hartspoor – drukgolfzone afhankelijk van de snelheid (zie tabel 1).

Tabel 1: Druk golfzones

Snelheid	Veilige opstelafstand personeel t.o.v. hart spoor
0 km/h < v ≤ 140 km/h	2,25*m
140 km/h < v ≤ 160 km/h	2,40 m
160 km/h < v ≤ 200 km/h	2,75 m

* In het VVW versie 3.0 staat vermeld dat de veilige opstelafstand bij v ≤ 40 km/h mag worden verkleind tot 2,00 m



Onderhoudsgevoelige objecten buiten de drukgolf plaatsen, maar in ieder geval buiten PVR/RM. Onderhoudsgevoelige objecten mogen alleen tussen de sporen worden geplaatst als de functie dat vereist.

3.4 Loop- en inspectiepaden, servicepaden en vluchtpaden

Deze paragraaf beschrijft alleen de paden die binnen het dwarsprofiel spoor vallen, voor de overige paden zie OVS00056-7.3.

De afmetingen en uitvoering van de paden is afhankelijk van de functie van het pad. Als een pad meerdere functies heeft, dan de afmetingen kiezen behorend bij de meest kritische functie. Voor de afmetingen van de paden zie tabel 2.

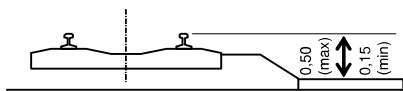
3.4.1 Overzicht paden afhankelijk van de functie

Inspectiepad	Langs elk spoor op de vrijebaan en op een emplacement dient zich een loop- en inspectiepad te bevinden. Deze dient buiten de drukgolfzone te liggen, maar in ieder geval buiten PVR. Loop- en inspectiepaden dienen voor zowel treinpersoneel als aannemers, inspectiebedrijven en onderhoudspersoneel voor railvoertuigen. Een inspectiepad kan samenvallen met een vluchtpad. Op de vrijebaan wordt dit pad tevens gebruikt voor gebruik en aan/afvoer van maaimachines en gereedschap (maximale breedte machines 1,00 m). Functies van het inspectiepad: • Aannemers, inspectiebedrijven en Prorail gebruiken de inspectiepaden om langs de vrijebaan en emplacementen te lopen, dan wel te inspecteren.
Looppad treinpersoneel	Looppad dat alleen gebruikt mag worden door het treinpersoneel. Het pad heeft als doel om het treinpersoneel een mogelijkheid te bieden om bij hun materieel te komen. Functies van het looppad treinpersoneel: • Rijdend personeel gebruikt looppaden om de cabine van opgesteld materieel te bereiken of te verlaten. Vanaf een looppad wordt ook in- en uitgestapt. Vanaf looppaden kan ook de technische controle (24h controle) van het materieel worden uitgevoerd.
Servicepad	Voor het onderhoud en reiniging van (reizigers)materieel op emplacementen kan een servicepad worden aangelegd. Servicepaden mogen uitsluitend worden toegepast langs (opstel)sporen met een maximale snelheid van 40 km/h. De afmetingen zijn afhankelijk van de functie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de volgende functies: • In- en uitstappen door treinpersoneel en schoonmakers • Lichte werkzaamheden, waaronder inwendige reiniging met licht materialen, water vullen, en technische controle. • Zware werkzaamheden, waaronder inwendige reiniging met elektrische machines en service aan toiletinstallaties. Tevens inzet van elektrische servicevoertuigen (met een maximum breedte van 1.20 m), en verrijdbare instapvoorzieningen van servicebedrijven.

Vluchtpad	Langs de buitenste sporen van een baanvak of emplacement dient een doorgaande looproute c.q. vluchtpad aanwezig te zijn ten behoeve van: • Het ontruimen van gestrand materieel. • Het bereiken van een incidentlocatie door hulpverleners (inclusief aan- en afvoer hulpmiddelen met een maximale breedte van 1,00 m) • Het transport van gewonden door hulpverleners middels brancards. Een vluchtpad kan samenvallen met een inspectiepad. Voor vluchtpaden voor reizigers en personeel op kunstwerken en in tunnels zie OVS00030-1. Voor vluchtpaden voor reizigers en personeel bij geluidsschermen zie tabel 2.
Toegangsweg hulpverlening	Toegangswegen voor hulpverleningsdiensten zoals ambulances en brandweer zijn vastgelegd in OVS00056-7.3.

3.4.2 Specificaties van de paden

Markering	Indien een pad binnen de gevarenzone A ligt dan dient er een markering te worden aangebracht: • Markering en/of bebording zodanig aanleggen dat deze voldoende verlicht is. • Bebording mag de looproute op het pad niet hinderen. • Markering mag geen val- en of struikelgevaar opleveren. Dit houdt in dat de markering niet boven het pad mag (gaan) uitsteken Indien mogelijk dient gekozen te worden voor het markeren van de gevarenzone A middels een gele streep van 0,10 m breed. De gele streep bevindt zich volledig binnen de gevarenzone A. Ter verduidelijking dient, indien mogelijk, direct aansluitend aan de markering een bordje worden geplaatst met de tekst: "Let op! Pad binnen PVR". Het bordje dient geheel buiten de gevarenzone A geplaatst te worden. Indien een markering middels een streep niet mogelijk is volstaat het toepassen van bebording.
Hoogte	Op emplacementen dient het loop- en inspectiepad zo veel mogelijk op dwarsliggerniveau te zijn gelegd. Hoogte van het pad moet liggen tussen de 0,15 m en 0,50 m –B.S. Op opstel terreinen gelden de volgende eisen voor de hoogte van het loop en inspectiepad: Looppad : dwarsliggerniveau Licht servicepad : min. dwarsliggerniveau, zo mogelijk BS niveau Zwaar servicepad : BS-niveau



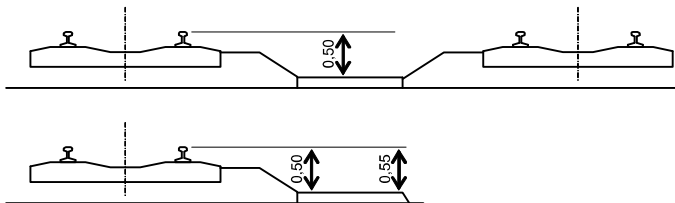
Figuur 3; Hoogte ligging pad op een emplacement

Op de vrije baan dient het pad een hoogte te hebben van 0,50 m –B.S.

Afwatering pad

Het pad dient naar de buitenzijde van de baan af te wateren, en wel zodanig dat het pad aan de buitenzijde 0,05 m lager ligt dan aan de binnenzijde (bij het ballastbed), zie figuur 3.

Indien het inspectiepad tussen sporen in ligt volstaat een vlakke ligging.



Figuur 4; Hoogte ligging pad tussen de sporen en aan de zijkant van de baan

Vrije hoogte boven pad

Boven de paden moet een vrije hoogte zonder obstakels van 2,60 m aanwezig zijn.

Materiaal

Zie OVS00056-7.3 Terrein- en wegverhardingen, zie ook tabel 2.

Breedte

De minimale breedte van de paden is afhankelijk van de eventueel aanwezige vaste obstakels. De obstakels worden ingedeeld naar onderstaande categorieën.

- Obstatellengte maximaal 0,50 m
- Obstatellengte groter dan 0,50 m en kleiner dan 2,50 m
- Obstatels met een tussenafstand minder dan 1,0 meter moeten worden beschouwd als één obstatel
- Bij obstatels met een grotere lengte dan 2,5 m is een versmaling niet toegestaan

Als obstatels worden onder andere gezien: bovenleidingportalen, lichtmasten, seinen en installatiekasten.

Verrijdbare trappen worden onder de volgende voorwaarden gezien als obstatel:

- De maximum obstatelbreedte van verrijdbare trappen is 0,60 m. Dit omdat alleen het deel dat buiten 2,00 m uit HS staat meetelt als obstatel. Verrijdbare trappen hebben een maximum tredebreedte van 0,80 m en een geleider op 1,75 m uit HS.
- Verrijdbare trappen worden maximaal één keer als obstatel meegerekend. Immers, als twee tegenover elkaar geplaatste trappen een blokkade vormen dan kan één trap verreden worden om de blokkade op te heffen.

Afmetingen paden

Zie voor de afmetingen en categorie verharding van de paden tabel 2. De gespecificeerde padbreedte is hierbij de afstand tussen de uiterste

randen aan weerszijden van de verharding. De industrieplaten aan weerszijden van een verholen goot worden als verharding meegerekend. De gespecificeerde padbreedte bij obstakels is de breedste afstand tussen de uiterste rand van de verharding en het obstakel.

Tabel 2. Afmetingen en verharding paden (maten in meters)

Functie	Afstand zijkant pad uit hart spoor	Padbreedte				Verharding volgens OVS00056- 7.3
		Standaard	Obstakel L<0,50	Obstakel 0,50<L<2,50	Obstakel L>2,50	
Inspectiepad spoorwegpersoneel bij sporen met snelheid ≤ 40 km/h (emplacementsen)	2,00	0,80				Cat. 1
Inspectiepad spoorwegpersoneel bij sporen met snelheid > 40 km/h (emplacementsen en vrijebaan)	Afhankelijk van snelheid 2,25 – 2,75	1,00				Cat. 1
Looppad voor treinpersoneel en technische controle materieel. (emplacement)	1,80	1,40	1,20	1,20	1,40	Cat. 1
		Uitgangspunt: Spoor aan weerszijden van het pad. Bij eenzijdig spoor: verminderen met 0,20 m. Minimum padbreedte bij bestaande sporenlay-out: 0,80 m.				
Servicepad voor lichte werkzaamheden Onderhoudspersoneel werkend voor vervoerder (emplacement)	1,80	1,90	1,60	1,90	1,90	Cat. 6
		Uitgangspunt: Spoor aan weerszijden van het pad. Bij eenzijdig spoor: verminderen met 0,20m. Minimum padbreedte bij bestaande sporenlay-out: 1,00 m.				
Servicepad voor zware werkzaamheden van onderhoudspersoneel werkend voor vervoerder met toegang met elektrische servicevoertuigen (emplacement)	1,50**	2,60 / 3,00*	2,20	2,60 / 3,00*	2,60 / 3,00*	Cat. 6
		Uitgangspunt: Spoor aan weerszijden van het pad. Bij eenzijdig spoor: verminderen met 0,50 m. Geldt ook voor bestaande sporenlay-out.				
Vluchtpad voor reizigers, hulpverleners en treinpersoneel (vrije baan)	2,25	1,20	1,00	1,20	1,20	Cat. 1
		Uitgangspunt: Alleen langs buitenste sporen van vrije baan en emplacement een vluchtpad. Bij een enkelsporig baanvak volstaat een vluchtpad aan een zijde van de spoorbaan. Minimale padbreedte bij bestaande sporen lay-out is 0.85 m.				

* 2,60 m bij eenrichting, 3,00 m bij keren/twee richtingsverkeer van elektrische servicevoertuigen.

** 1,50 m vanaf hart spoor is de afstand waarop de verharding ten behoeve van de verholengoot begint, conform OVS00056-7.3.

Gevarenzone bij servicepad Indien een pad van min. 0,80 m buiten de gevaarzone (conform VVW) fysiek mogelijk is moet er een markering worden aangebracht die het einde van de gevaarzone markeert (2,00 m uit hart spoor). Indien een pad van min. 0,80 m buiten de gevaarzone (conform VVW) fysiek niet mogelijk is moet er een aanduiding worden aangebracht waarop vermeld is dat het pad niet veilig toegankelijk is bij rijdende treinen conform NVW/VVW.

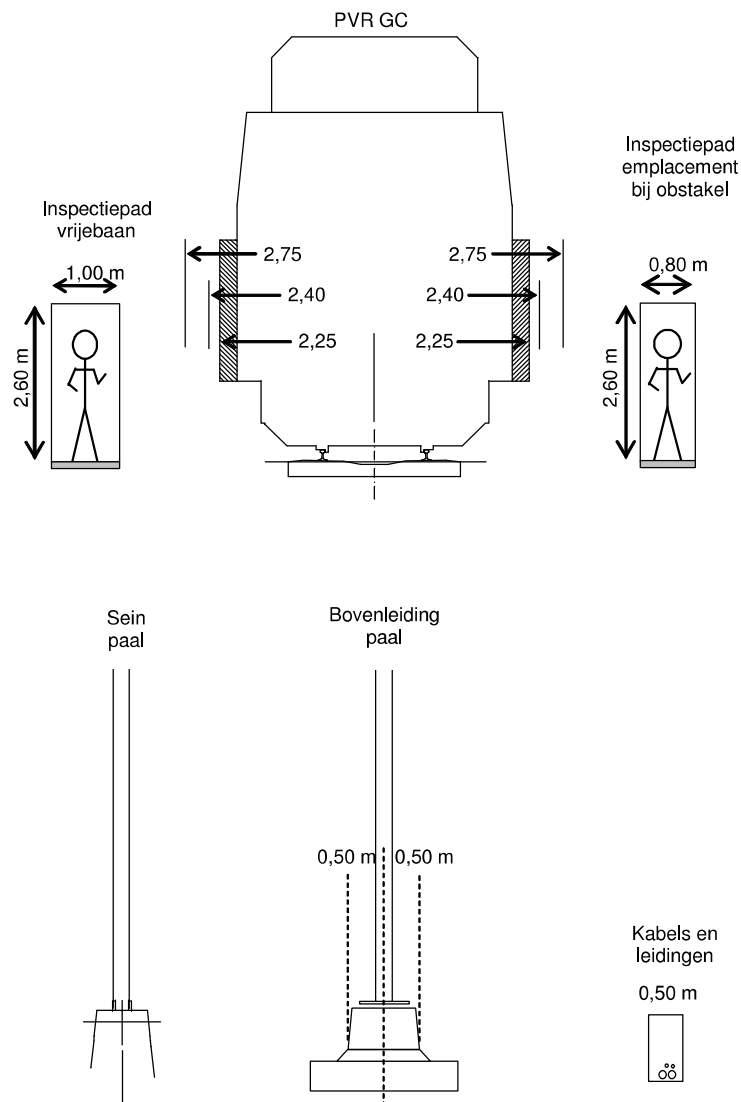
3.4.3 Overige systemen en installaties

Bovenleiding	Voor een bovenleidingpaal moet in het dwarsprofiel een breedte van 1,00 m worden aangehouden (kop fundering, voetplaat paal). De bovenleidingpaal dient aan de zijde van het inspectiepad geplaatst te worden. Afstand hart spoor – hart bovenleidingpaal: 2,85 m, zie verder OVS00024 Bovenleiding en Draagconstructie. De minimale maat hart spoor – binnenkant/voorkant bovenleidingpaal is 2,50 meter. Bij krappe bogen ($R < 250$ m) geldt een aangepast PVR, zie OVS00026.
Kunstwerken	Zie OVS00030 Kunstwerk.
Geluidsschermen	Indien er geluidsschermen worden toegepast dan moet de plaatsing hiervan voldoen aan OVS00058.
Seinen	Bij het bepalen van de spoorafstanden moet rekening worden gehouden met de plaatsing van de seinen volgens de OBE-bladen. Hierbij moet rekening worden gehouden met lijnbedrijf of richtingsbedrijf. De seinpalen worden aan de zijde van het inspectiepad geplaatst. Afstand hart spoor – hart seinpaal: minimaal 2,78 m (ook in bogen). Seinpalen kunnen ook tussen de sporen staan. De plaats en afmeting van de achtergrondplaat van het sein ten opzichte van het PVR of RM bepalen de positie van palen. Voor de bepaling van de afstanden tussen hart spoor en sein wordt verwezen naar de OVS69133-1.
Kasten	Kasten ten behoeve van seinen, overwegen of wisselverwarming op 3,00 m buiten PVR plaatsen. Indien dit niet mogelijk is kan ervoor gekozen worden de kasten direct buiten het inspectiepad te plaatsen, waarbij een buisleuning tussen kasten en inspectiepad geplaatst dient te worden. Zo mogelijk zijn de kasten toegankelijk per auto. Op emplacementen worden kasten aan de buitenzijde van de emplacementen geplaatst. Kasten worden alleen in die situaties tussen de sporen geplaatst indien er geen wijzigingen in spoorligging noodzakelijk zijn om ruimte te maken, wanneer ze ten behoeve van werkzaamheden bereikt kunnen worden zonder sporen buiten dienst te hoeven nemen, of wanneer de functie van de kasten dat noodzakelijk maakt. De draairichting van deuren van kasten van het spoor af. De toegang tot kasten <u>niet</u> aan de spoorzijde, tenzij afgeschermd met een buisleuning.

Kabelvoorzieningen	Ten behoeve van kabelsleuven dient de extra baanbreedte van 0,50 m aan de buitenzijde van de inspectiepaden gebruikt te worden. De diepte waarmee rekening moet worden gehouden bedraagt 1,00 m onder maaiveld. Kabelkokers kunnen worden geïntegreerd in het inspectiepad. Op emplacementen en stations kabels, zowel in langs- als in dwarsrichting, in kabelkokers leggen. Op de vrijebaan moet het kabelbed minimaal 4,25 m uit hartspoor liggen bij nieuwbouw (voor bestaand spoor geldt een afstand van minimaal 3,50 m uit hartspoor). Kabelkokers die een emplacement kruisen op een of meerdere plaatsen concentreren, zo nodig speciale onderdoorgangen maken.
Groenvoorzieningen	Zie OVS00056-7.4.
Perrons	Wanneer bij perrons de doorgaande sporen niet perronvrij kunnen worden aangelegd, dan moeten afhankelijk van de maximale passeersnelheid maatregelen ter bescherming van reizigers worden toegepast. Voor de te nemen maatregelen, bepaling van de afstanden tussen hart spoor en de perrons en de aan te brengen markeringen, wordt verwezen naar OVS00067 Perrons.
Zichtlijnen	Kasten, relaishuizen en andere grote obstakels niet binnen de zichtlijnen plaatsen bij overwegen en in de binnenzijde van bogen, zie OVS00030.
Smeerinstallaties	Indien in een smeerinstallatie is voorzien, dient ruimte beschikbaar te worden gesteld voor het plaatsen van de installatie met de kasten. Deze kasten en ook de overige obstakels worden op 3,00 m buiten PVR geplaatst.
Overwegen	Bij overwegen en kunstwerken de padoplopen van thermisch verzinkte stalen oplooproosters met een breedte van 1,00 m aanbrengen en kantkeringen plaatsen.

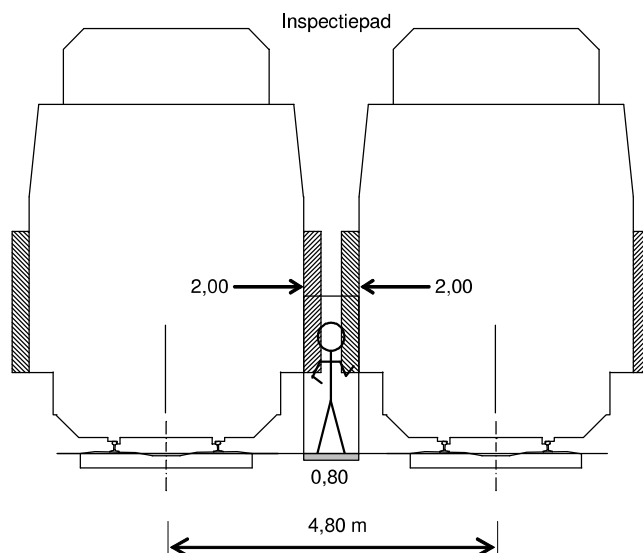
4 Standaard bouwstenen voor samenstellen dwarsprofiel

De standaard bouwstenen zoals weergegeven in figuur 5 kunnen worden gebruikt voor het bepalen van een meersporg ruintereserveringsprofiel.



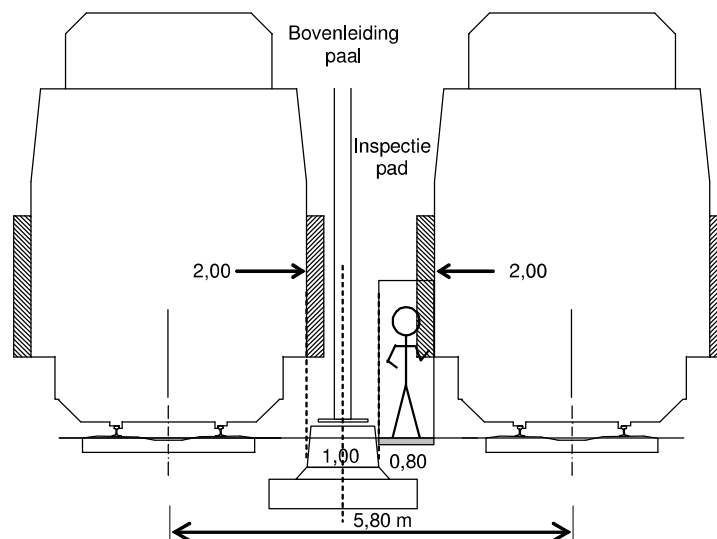
Figuur 5; Standaard bouwstenen dwarsprofiel vrijebaan (voorbeelden)

4.1 Uitwerking voorbeelden voor emplacementen

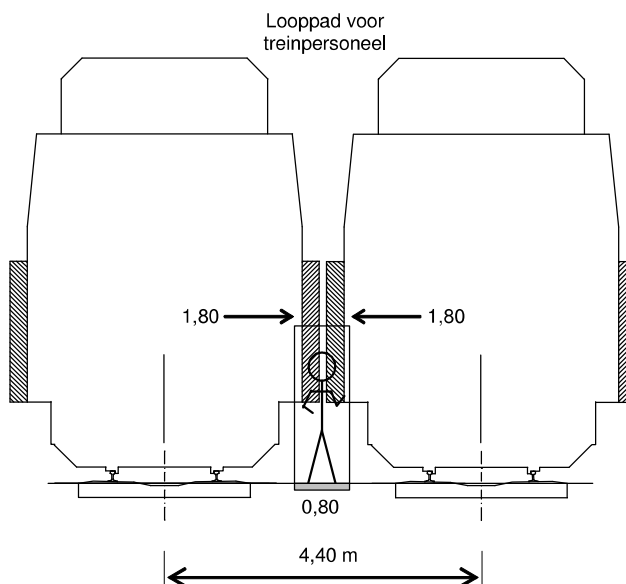


Figuur 6; Spoorafstand op emplacement ≤ 40 km/h met inspectiepad tussen de sporen (de ruimtereservering in het PVR mag worden gebruikt).

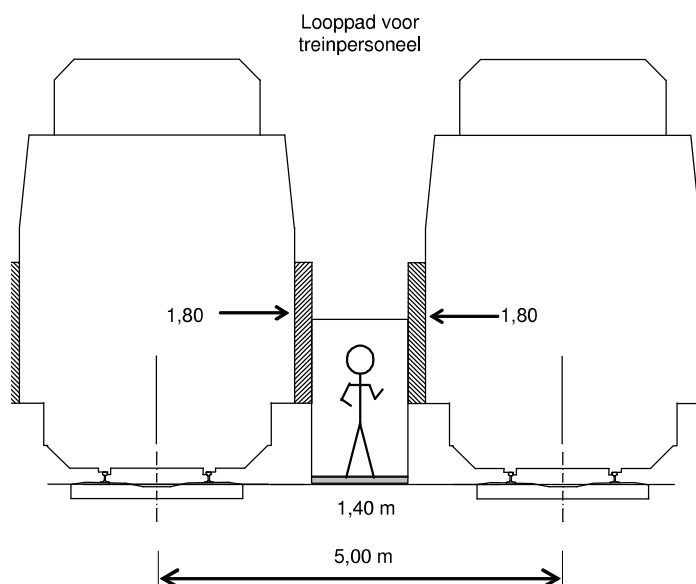
(Let op: Borden plaatsen met tekst: looppad binnen PVR)



Figuur 7; Spoorafstand op emplacement ≤ 40 km/h met bovenleidingpaal en inspectiepad tussen de sporen.

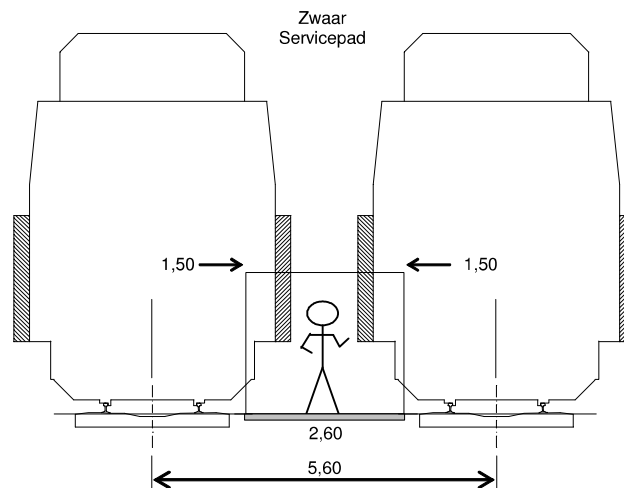


Figuur 8; Spoorafstand op bestaand emplacement ≤ 40 km/h met tussen de sporen een looppad voor treinpersoneel (de ruimtereservering in het PVR mag worden gebruikt).¹



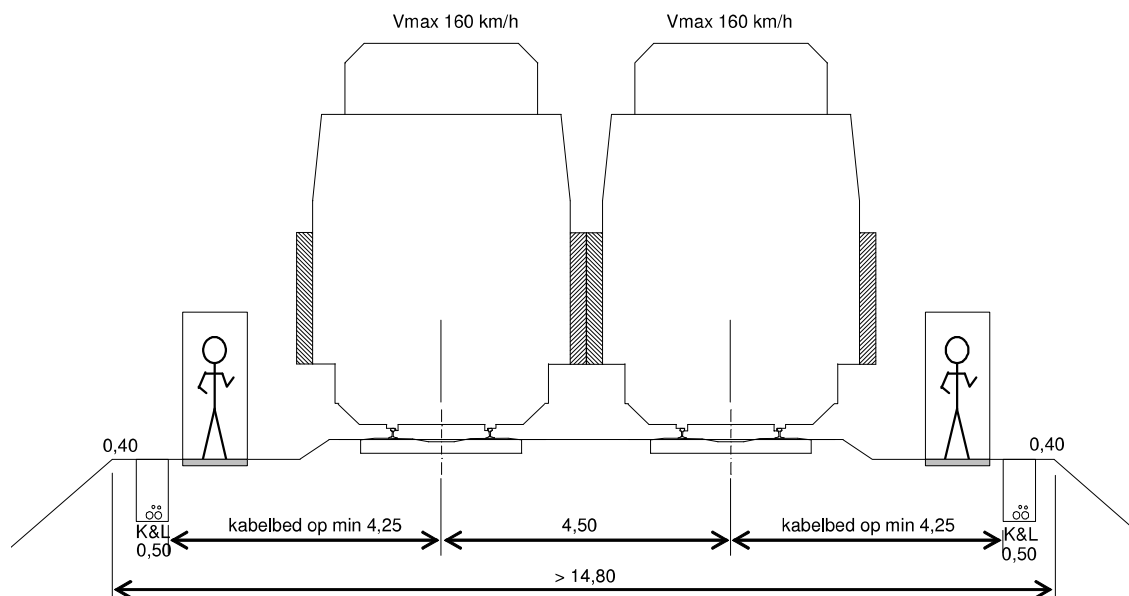
Figuur 9; Spoorafstand bij nieuw te bouwen emplacementen en bij wijziging van de sporenlay-out op bestaande emplacementen ≤ 40 km/h met tussen de sporen een looppad voor treinpersoneel (de ruimtereservering in het PVR mag worden gebruikt).¹

¹ Afstand hart spoor naar servicepad op emplacementen aangepast naar 1,80 m, op verzoek en onder verantwoordelijkheid van V&C en vastgelegd in EDMS-#3543258-v1-Veiligheidsverantwoording_looppaden_servicesporen.

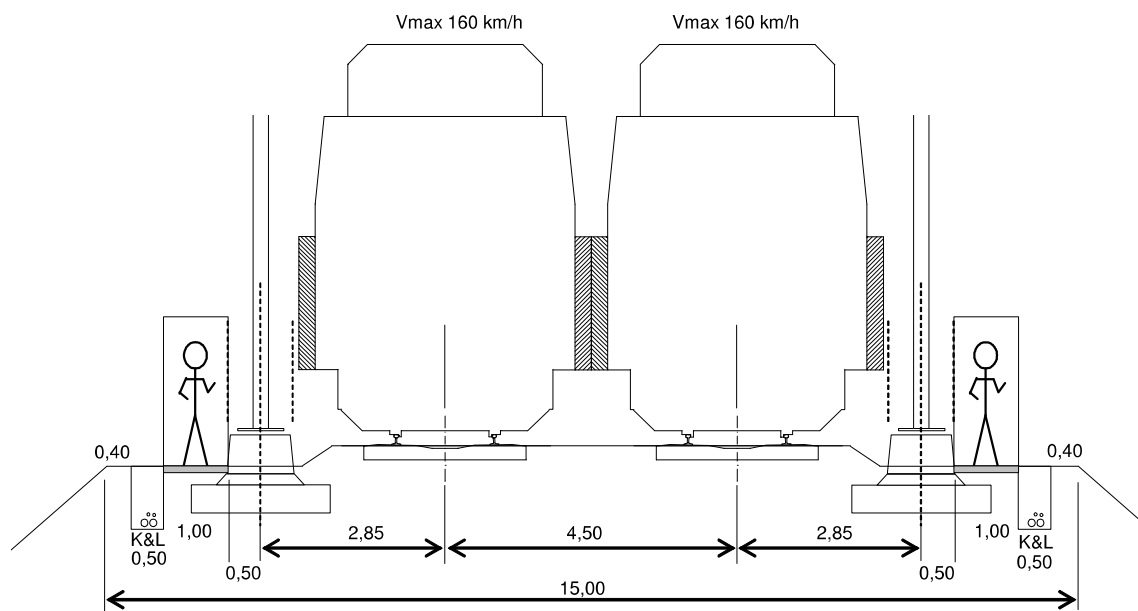


*Figuur 10; Spoorafstand op bestaande en nieuw te bouwen emplacementen $\leq 40\text{km/h}$ met zwaar servicepad voor onderhoud en reinigen reizigersmaterieel met behulp van elektrische servicevoertuigen tussen de sporen zonder mogelijkheid voor keren/tweerichtingsverkeer.
 Let op: Aanbrengen van gele lijn op grens gevarenzone A en plaatsen borden PVR vrij lopen*

4.2 Uitwerking voorbeelden voor de vrijebaan



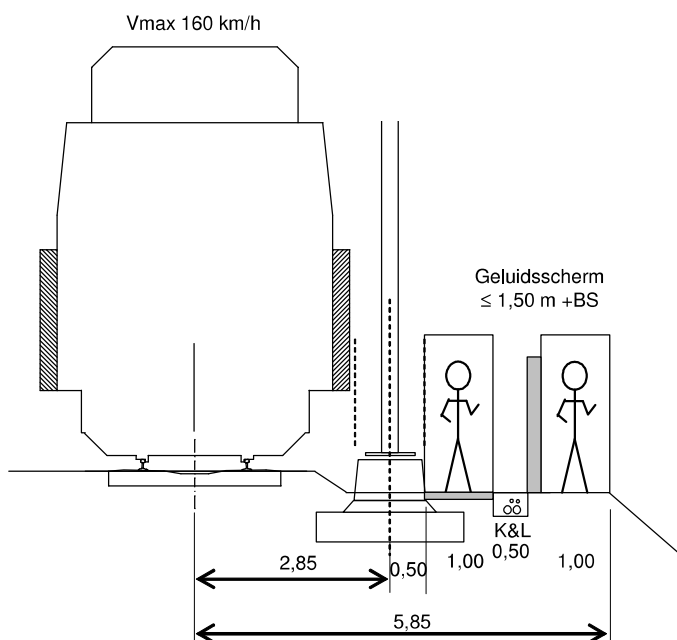
Figuur 11; Opbouw spoorbaan op de vrije baan bij een ontwerpsnelheid van maximaal 160 km/h (tussen de bovenleidingpalen in).



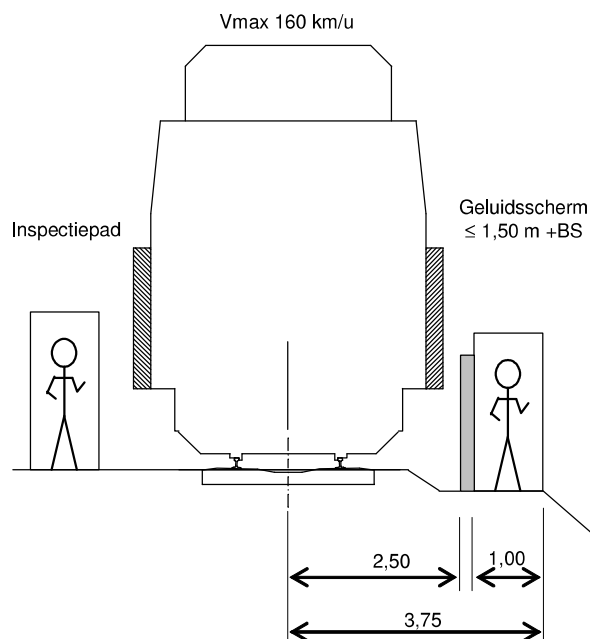
Figuur 12; Opbouw spoorbaan op de vrijebaai bij een ontwerpsnelheid maximaal 160 km/h, ter plaatse van de bovenleidingpalen.

4.3 Uitwerking voorbeelden met geluidsschermen

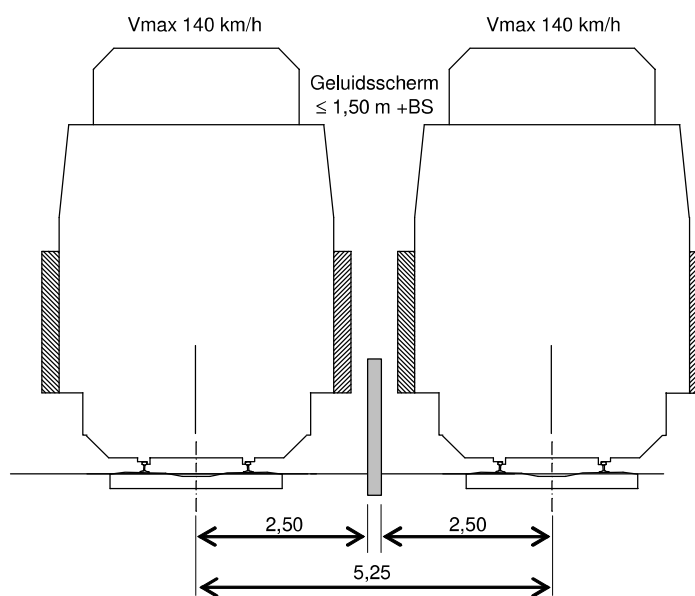
Van een aantal situaties is een visuele uitwerking gegeven in onderstaande figuren.
Voor de plaatsing van geluidsschermen is OVS00058 altijd maatgevend.



Figuur 13; Afstand hartspoor – kruin aardebaan op de vrijebaan bij een ontwerpsnelheid van 160 km/h met bovenleidingpaal en geluidsscherm.



Figuur 14; Afstand hartspoor – kruin aardebaan op de vrijebaan bij een ontwerpsnelheid van 160 km/h met geluidsscherm.

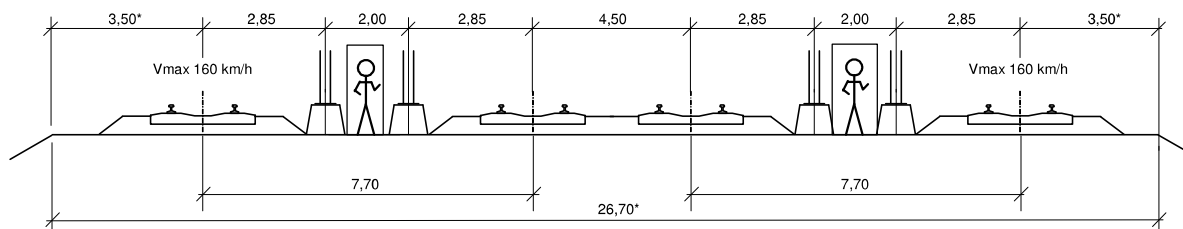


Figuur 15; Situatie op de vrijebaan bij een ontwerpsnelheid van 140 km/h met tussenliggend geluidsscherm, geen tussenliggend pad.

5 Standaard baanprofielen (voorbeelden)

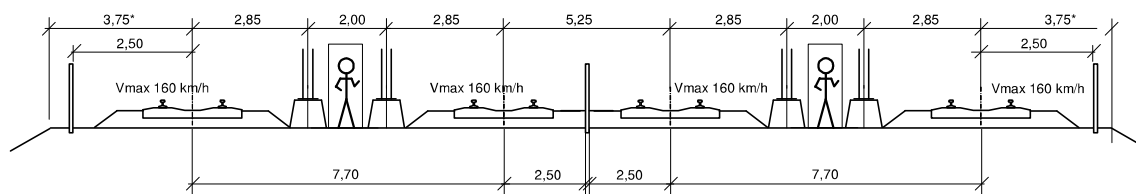
5.1 Nieuwbouw (voorbeelden)

Voor mogelijkheden van nieuwbouw situaties zie de figuren. 16, 17 en 18.



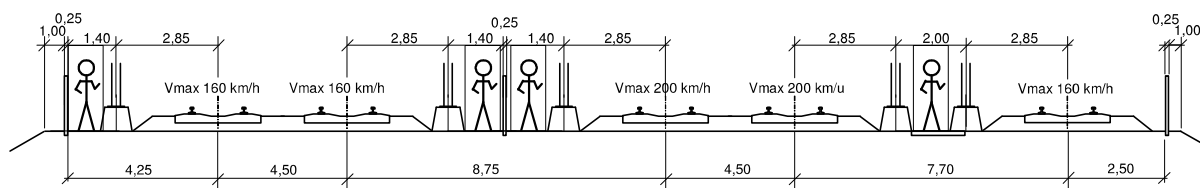
Figuur 16; Nieuwbouw met 4 sporen.

*maat is afhankelijk of er wel of geen kabelbed is en hoe hoog de aardebaan ter plaatse ligt.



Figuur 17; Nieuwbouw met 4 sporen met lage geluidsschermen aan de buitenzijde en in het midden (Hierbij is geen rekening gehouden met de plaats van de seinen).

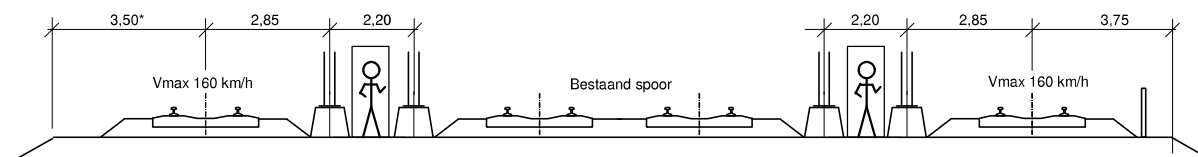
*maat is afhankelijk of er wel of geen kabelbed is en hoe hoog de aardebaan ter plaatse ligt.



Figuur 18; 5-sporig baanvak (Hierbij is geen rekening gehouden met de plaats van de seinen).

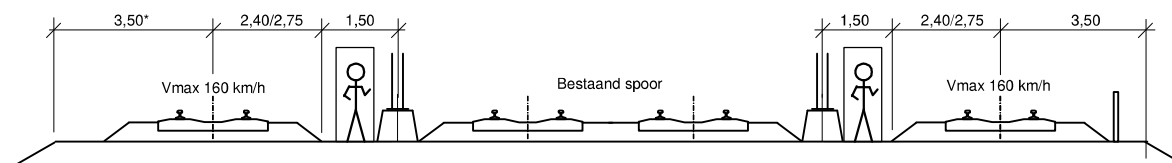
5.2 Uitbreidingen (voorbeelden)

Voor mogelijkheden van uitbreidingen van de bestaande situaties zie de figuren 19, 20 en 21.



Figuur 19; Symmetrische uitbreiding met de bovenleidingpalen in één lijn.

**maat is afhankelijk of er wel of geen kabelbed is en hoe hoog de aardebaan ter plaatse ligt.*

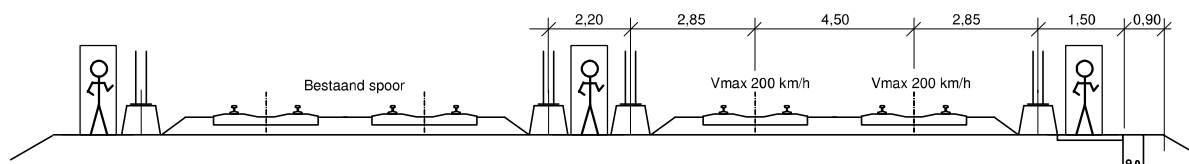


Figuur 20; Symmetrische uitbreiding met een bovenleidingpaal aan elke zijde.

**maat is afhankelijk of er wel of geen kabelbed is en hoe hoog de aardebaan ter plaatse ligt.*

De afstand tussen hart spoor en inspectiepad bedraagt bij snelheden groter dan 160 km/h 2,75 m, bij snelheden tussen 140 en 160 km/h 2,40 m.

Deze situatie ontstaat ook wanneer een symmetrische uitbreiding wordt gerealiseerd met twee bovenleidingpalen aan elke zijde die niet naast, maar (schuin) achter elkaar staan!



Figuur 21; Asymmetrische uitbreiding