



Kenbri Blusschuim Seminar

SCHUIMINZET IN DE PRAKTIJK: EEN BRANDSCENARIO

ir. B.C.M. Bierenbroodspot van Agtmaal
Bianca.vanagtmaal@efectis.com

INHOUD

- ❑ Situatiebeschrijving
- ❑ Brandscenario
- ❑ Blusscenario
- ❑ Ontwikkeling van:
 - Vermogen
 - Rook
- ❑ Invloed van schuiminzet

SITUATIEBESCHRIJVING

- ❑ Olietank in Rotterdams havengebied

- ❑ Brand is ontstaan na blikseminslag
 - Eerst rimbrand, maar als gevolg van een (niet nader verklaarde) explosie is drijvend dak bezweken

- ❑ Specificaties tank:
 - Outdoor Open-Top Floating Roof Tank (PGS 29)
 - ✓ Diameter 90 m
 - ✓ Tankwandhoogte 22 m
 - ✓ Vloeistofniveau 18 m (90478 m³)
 - Gevuld met ruwe aardolie (light crude)
Brent Blend Casnr. 8002-05-9
 - Tankput
 - ✓ 220 x 120 x 5 m (l x b x h)
 - ✓ Bto volume (excl. tank) = 132000 m³

- ❑ Omgeving:
 - Geen gebouwen/objecten op belendende percelen
 - Goede toegang en dicht bij haven



Bron: telegraaf.nl

SITUATIEBESCHRIJVING

❑ Risicofactoren

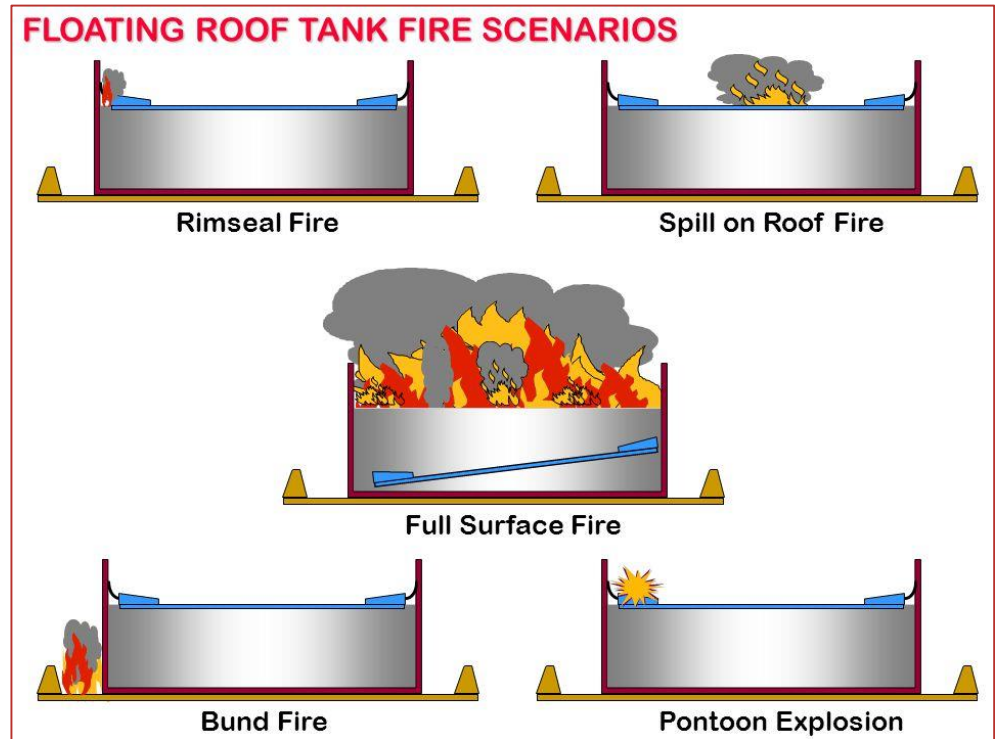
- Wind beïnvloed rookpluim
-> 'drijft' richting nabij gelegen stadsgebieden
- Tankwand wordt extra belast door het gewicht van het leunende dak
-> falende wand kan leiden tot tankputbrand

❑ Kortom, verdere escalatie moet worden voorkomen!

BRANDSCENARIO

□ Full surface tankbrand

- Start scenario = vanaf moment dat sprake is van full surface brand
 - ✓ Voorbrandtijd vanaf blikseminslag wordt niet meegeteld
- Afbrandsnelheid 5 mm/min (300 mm/h)
- Goed geventileerde brand
 - ✓ Toevoer van zuurstof t.p.v. middelpunt brand waarschijnlijk 'beperkt'



Bron: LASTfire

BLUSSCENARIO

□ Gezamenlijke brandweer:

- Krijgt spoedig na blikseminslag de melding 'rimbrand';
- Snel ter plaatse
- Explosie vindt plaats op moment dat GB semi-stationaire systemen wilde gaan voeden, maar één van de foam chamber is bezweken bij de explosie!

□ Er wordt opgeschaald naar inzet van 'Industriële Brandbestrijdingspool' (IBP)

- De logistieke operatie verloopt routineus, binnen enkele uren staan in stelling:
 - ✓ Twee grote IBP-monitoren
 - ✓ SVM-voorraden en
 - ✓ Pompsystemen
- Tijdstip van mobilisatie wordt gelijk gesteld aan tijdstip ontstaan full surface tankbrand



De twee blusunits van de IBP.

Bron: gezamenlijke-brandweer.nl

BLUSSCENARIO

□ Middelen & materieel

- Aan water en pompcapaciteit geen gebrek
- Debiet per IBP-monitor: 2.250 m³/h
 - ✓ Totaal debiet 4.500 m³/h (75.000 l/min)
- SVM eigenschappen:
 - ✓ Rating 1A conform EN 1568-3 en resultaat LASTfire 'good-good-good'
- Bijmenging 3,2% (32 liter SVM per m³ premix)
- Effectief debiet 70% (30% gaat verloren aan o.a. verdamping en verwaaiing)

- Gemiddeld expansievoud 5
- Gemiddelde draintijd 10 min



□ Twee typen schuimen, A en B met de volgende 'testresultaten' voor EN 1568-3:

EN1568-3 TESTRESULTATEN		Schuimtype A		Schuimtype B	
		Clock time [mm:ss]	Performance time [mm:ss]	Clock time [mm:ss]	Performance time [mm:ss]
Ignite fire	T0	0:00		0:00	
Start application	T1	2:00		2:00	
(= pre-burn time)					
90% knock down	T2	2:58	0:58	3:59	1:59
100% knock out	T3	3:06	1:06	4:33	2:33
Stop application	T4	5:00		5:00	

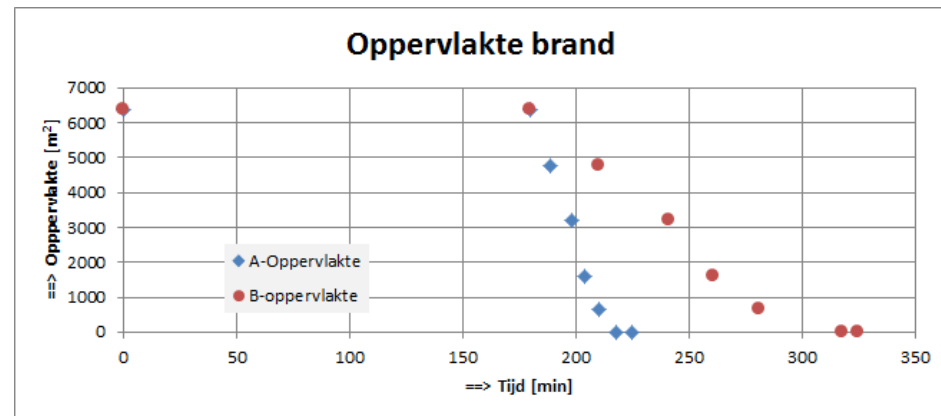
BLUSSCENARIO - SCHUIMINZET

□ Aanvang inzet IBP: 3 uur na aanvang full surface tankbrand (T_1)

- 90% knock down (T_2) na:
 - 30 minuten applicatie voor schuim A
 - 101 minuten applicatie voor schuim B
- 100% knock out (T_3) na:
 - 38 minuten applicatie voor schuim A
 - 138 minuten applicatie voor schuim B
- Einde schuimapplicatie (T_4) na:
 - 45 minuten voor schuim A
 - 145 minuten voor schuim B
- Naschuimen, gedurende enkele uren, 6 x 1 minuut met 1 IBP-monitor
 - ✓ I.v.m. drainage schuim en kans op herontbranding

□ Aanname voor ‘beschuimen oppervlak’:

- Na 30% van tijd tussen T1 en T2
-> brand ca. 75% oppervlak tank
- Na 60% van tijd tussen T1 en T2
-> brand ca. 50% oppervlak tank
- Na 80% van tijd tussen T1 en T2
-> brand ca. 25% oppervlak tank



ONTWIKKELING VAN BRANDVERMOGEN

Theoretisch kader

- Voor goed geventileerde omstandigheden:
 - Vermogen is evenredig met de 'mass burning rate'

 - De mass burning rate is afhankelijk van de oppervlakte, afbrandsnelheid en dichtheid,

 - Over de tijd wordt de oppervlakte van de brand kleiner, omdat het schuim steeds meer oppervlak afdekt
 - De afbrandsnelheid is voor een diameter > 1 meter nagenoeg constant (voor kleinere diameters niet!) -> voor de eenvoud wordt de afbrandsnelheid hier dus constant gehouden op 5 mm/min,
 - **Eveneens wordt aangenomen dat de dichtheid van de vloeistof nagenoeg gelijk blijft,**

 - Dit betekent dat het vermogen evenredig is met de oppervlakte van de brand

ONTWIKKELING VAN BRANDVERMOGEN

Ontwikkeling van brandvermogen

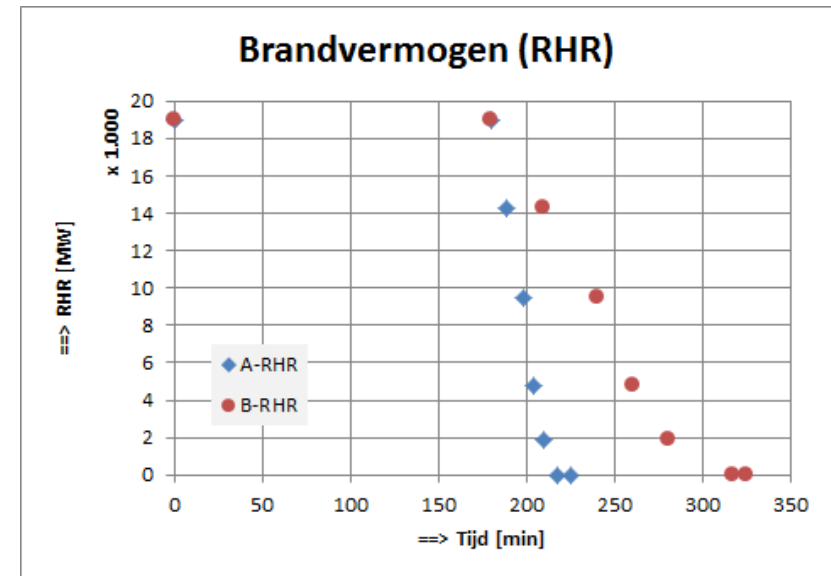
- Afbrandsnelheid is 5 mm/min ($8.3 \cdot 10^{-5}$ m/s)

- Verloop vloeistof niveau:

	Schuim A	Schuim B
Aanvang brand =	18 m	18 m
Aanvang schuiminzet =	17,1 m	17,1 m
90% knock down =	17 m	16,6 m
100% knock out =	16,9 m	16,4 m

- Verbrandingsenergie ca. 42 kJ/g.
- Specifieke dichtheid ca. 850 kg/m³
- Fuel mass burning rate per unit area = 0.071 kg/m²s
- Ontwikkeling van vermogen:
 - RHR Aanvang brand = $15 \cdot 10^3$ MW
 - RHR Aanvang schuiminzet = 1500 MW
 - RHR 90% knock down/ 100% knock out = verwaarloosbaar (volledig afgedekt)

-> afhankelijk van oppervlak, dus direct afhankelijk van hoe snel schuim over oppervlak verspreid
-> ook schade/gevaar door warmtestraling (near-field) (niet beschouwd)



ONTWIKKELING VAN ROOK

Theoretisch kader

- ❑ Crude oil is een samenstelling van diverse koolwaterstoffen, exacte chemische samenstelling onbekend, aanname over 'basis' elementen:
 - 85% Koolstof (C)
 - 15% Waterstof (H)
 - Zuurstof, Stikstof en Zwavel verwaarloosbare hoeveelheid
 - > representatieve 'koolwaterstof' is $\text{CH}_{0,18}$

- ❑ Voor 'ideale' omstandigheden is generatie van rookproducten evenredig met de 'mass loss rate' (die weer evenredig is met de oppervlakte van de brand)
 - Op basis van chemische formules kan de productie-factor (yield) worden bepaald van rookproducten bij 'ideale' omstandigheden (brandstof en zuurstof in ideale verhouding)

- ❑ Rook is een mix van vaste, vloeibare en gasvormige deeltjes
 - Deze worden geproduceert op twee 'niveaus':
 - ✓ Oxidatie zone (volledige verbranding)
 - ✓ Reductie zone (smelten, vergassen en ontleden van stoffen)
 - Schade ook in vorm van depositie (hier buiten beschouwing gelaten)

- ❑ Focus op CO en CO₂



ONTWIKKELING VAN ROOK

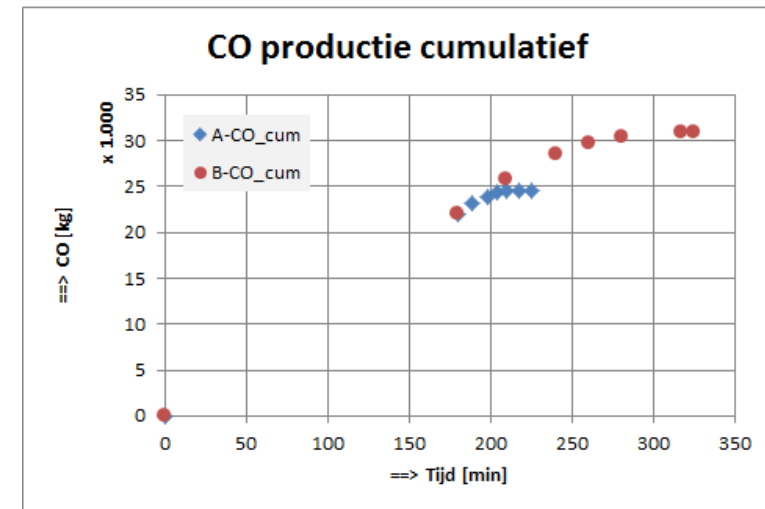
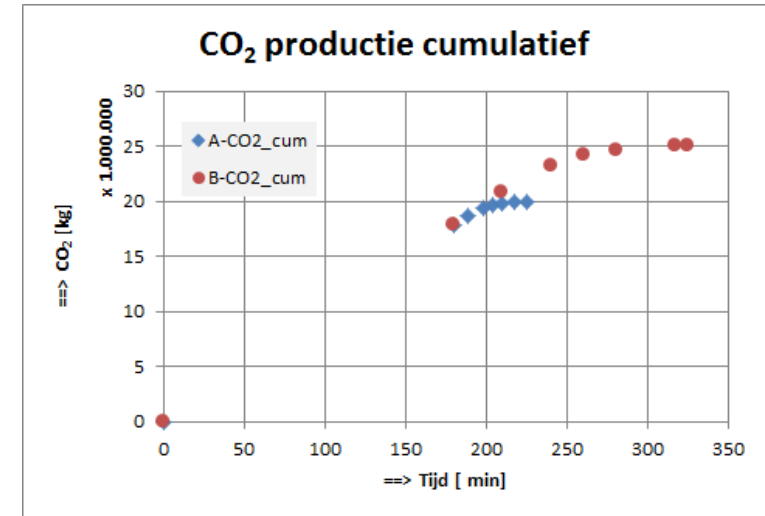
Ontwikkeling van CO en CO₂

□ Kooldioxide

- $\text{CH}_{0.18} + 1.045 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 0.09 \text{H}_2\text{O}$
- Molaire massa $\text{CH}_{0.18} = 1 \times 12 + 0.18 \times 1 = 12.18 \text{ g/mol}$
- Molaire massa $\text{CO}_2 = 44 \text{ g/mol}$
- Stoichiometrische productie-factor = $44/12.18 = 3.61$
- Rookproductie per oppervlakte = $3.61 \times 0.071 = 0.26 \text{ kg/m}^2\text{s}$
- Volledige verbranding dus 99.8% CO_2
 - Aanvang brand = 1307 kg/s
 - Aanvang schuiminzet = 131 kg/s

□ Koolmonoxide

- $\text{CH}_{0.18} + z\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + x(\text{OH})$
- Molaire massa $\text{CO} = 28 \text{ g/mol}$
- Stoichiometrische productie-factor = 2.30
- Rookproductie per oppervlakte = $2.30 \times 0.071 = 0.16 \text{ kg/m}^2\text{s}$
- Afdoende zuurstof dus volledige verbranding -> 0.2% CO
 - Aanvang brand = 1.6 kg/s
 - Aanvang schuiminzet = 0.16 kg/s



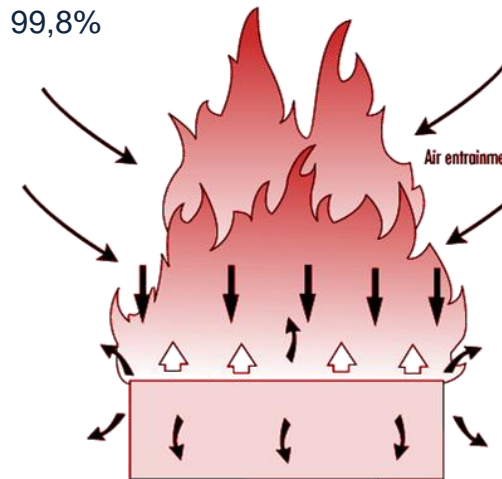
ONTWIKKELING VAN ROOK

- ❑ Momentane productie is afhankelijk van oppervlakte, maar cumulatieve productie is vooral afhankelijk van tijd!
 - Bij schuim B duurt het langer voordat gehele oppervlakte is beschuimd, waardoor er gedurende langere tijd rookproducten worden geproduceerd!

- ❑ Opmerkingen
 - Bij een brand met een grote diameter zal aan de randen afdoende zuurstof beschikbaar zijn, maar wordt de aanvoer naar het middelpunt van de brand beperkt
 - Een afnemende ventilatie betekent een toename van de generatie van producten in de reductie zone van de brand (roet, CO etc.)

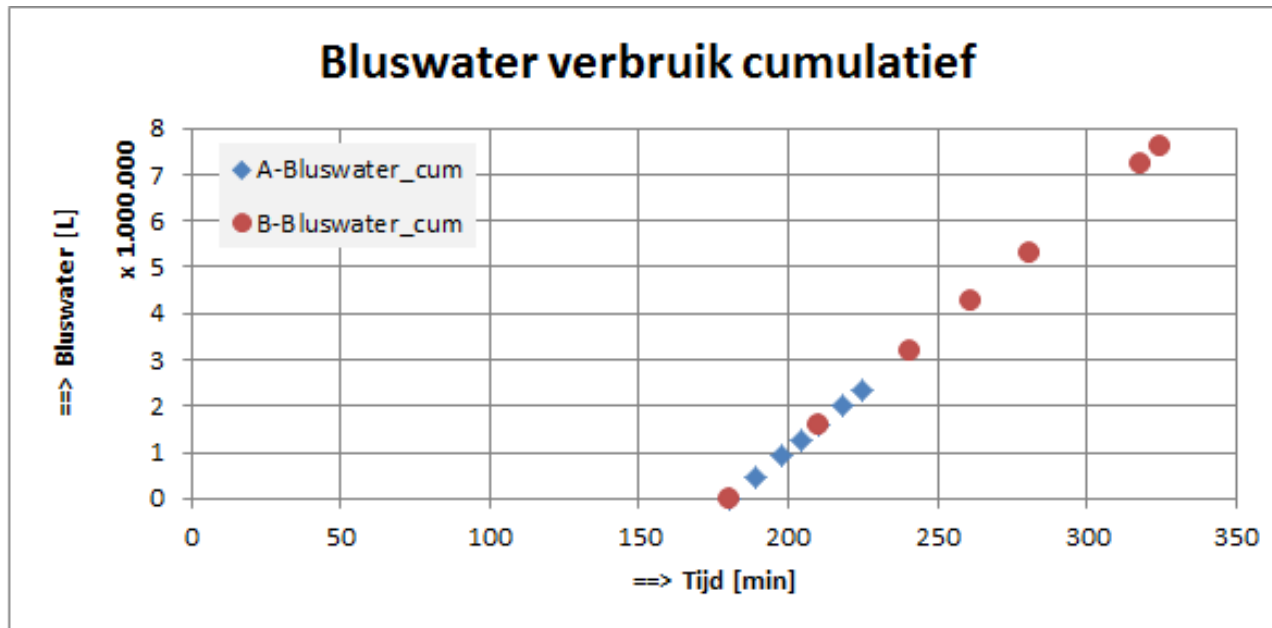
 - Stel dat er 10% CO wordt geproduceerd i.p.v. 0,2% -> dan 25% CO₂ i.p.v. 99,8%
Cumulatief betekend dit dat:
 - de productie van CO 5x zo groot wordt en
 - de productie van CO₂ 4x zo klein

- ❑ Overige niet-beschouwde factoren:
invloeden van wind, regen, omgevingstemperatuur, koeling van de rook door het (verwaalde) bluswater, 'rookproducten' door interactie met het schuim



BLUSWATER

- ❑ 2 IBP-monitoren à 37500 L/min.
 - ❑ Verwaai- en verdamping ca. 30%
 - ❑ Benodigde hoeveelheid schuim is afhankelijk van benodigde applicatietijd om gehele oppervlak vol te schuimen:
 - Schuim A : in totaal 45 min. schuimapplicatie = $2,52 \cdot 10^6$ L bluswater
 - Schuim B: in totaal 145 min. schuimapplicatie = $7,77 \cdot 10^6$ L bluswater
- Voor het bestrijden van de brand met schuim B is dus ca. 3x zoveel bluswater nodig!



BLUSWATER

- ❑ Verwaai- en verdamping ca. 30%
- ❑ Aanname dat ca. 2/3 hiervan in tankput beland. Dit betekent:
 - Schuim A : in totaal 45 min. schuimapplicatie = $0,72 \cdot 10^6$ L runoff
 - Schuim B: in totaal 145 min. schuimapplicatie = $2,22 \cdot 10^6$ L runoff
- ❑ Bij het inzetten van schuim B in plaats van schuim A moet er dus meer water met premix worden opgeruimd of gecontroleerd worden 'geloosd'.

INVLOED VAN SCHUIMINZET

□ Theoretisch kader

- Schuim beperkt omvang van 'vlammende verbranding'
- Verbranding wordt beperkt door 'verlagen ontbrandingstemperatuur'

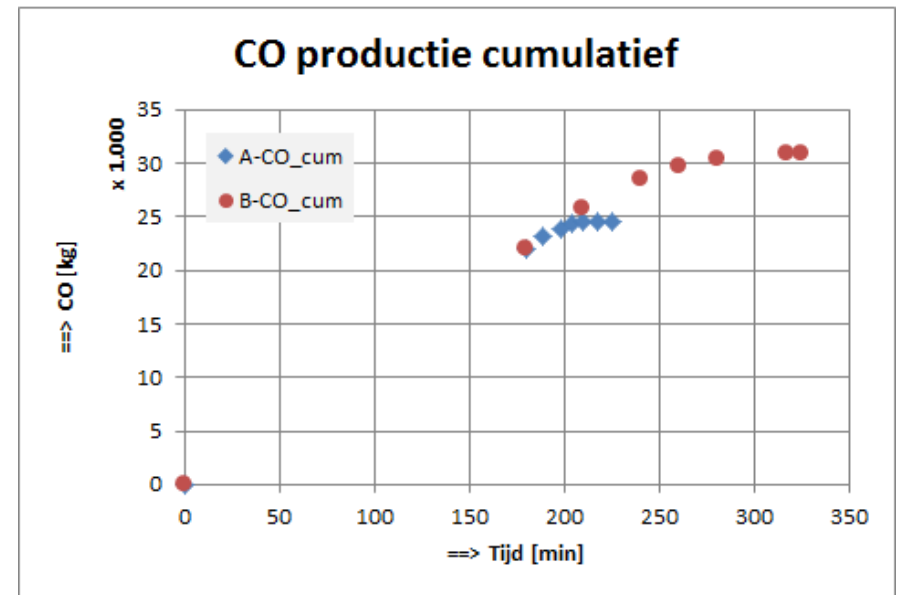
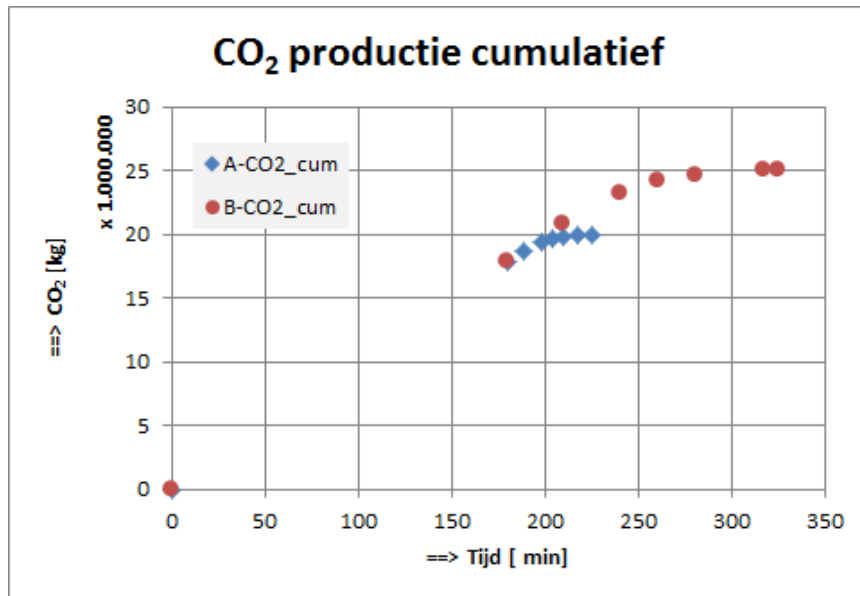
- Hoe omvang verandert (afneemt) is bepalend voor totale hoeveelheid rookproducten die vrijkomt

- De tijd die nodig is om de volledige oppervlakte vol te schuimen bepaalt het bluswaterverbruik

INVLOED VAN SCHUIMINZET

□ Ontwikkeling CO en CO₂

→ Bij bestrijding van de brand met schuim B wordt 1,26x zoveel CO of CO₂ geproduceerd



CONCLUSIE

- ❑ Indien gekozen wordt voor schuim A dan wordt, ten opzichte van schuim B,
 - Minder CO en CO₂ geproduceerd;
 - Minder water verbruikt voor de schuiminzet;
 - Minder water met premix worden opgeruimd uit de tankput.

- ❑ Wordt gekozen voor schuim B in plaats van schuim A dan:
 - Betekend dit dat meer water met premix gecontroleerd moet worden opgeruimd;
 - Er meer vervuilende rookproducten de lucht in zijn gegaan;
 - Dit betekent vaak (indirect)
 - **meer kosten (voor het opruimen) en**
 - **meer imagoschade (ten aanzien van de milieubelasting)**