

Training with intent – effective straalpijptechnieken

John McDonough (Sydney, Australië) & Karel Lambert (Brussel, België)
Vertaling: Hans van den Aakster (Nederland)

Efficiëntie

Hoe weten we of onze training efficiënt is? De meeste mensen zouden zeggen dat we uiteindelijk de efficiëntie van onze trainingen moeten beoordelen op hoe goed we presteren bij de echte brandbestrijding. Dus dat roept direct de vraag op: “Hoe meten we onze prestaties bij brandbestrijding?” Hoe weten we eigenlijk of de training onze capaciteiten vergroot (of remt)? In het bijzonder willen we weten of de straalpijptechniektraining efficiënt is en of deze technieken even efficiënt zijn als ze maar kunnen zijn wanneer ze worden gebruikt om de omstandigheden te kunnen beheersen en uiteindelijk de brand te blussen?



Figuur 1. Australische brandweerlui oefenen ‘gaskoeling’

Kunnen we ook beoordelen of een TS-bemanning maximaal efficiënt is geweest in een echt incident gezien de omstandigheden en apparatuur die ze tot hun beschikking hadden? Als een bemanning de opdracht slecht lijkt uit te voeren bij een incident is het dan eerlijk om te zeggen dat ze slecht opgeleid zijn of deden ze hun best gezien de omstandigheden waarmee ze geconfronteerd waren?

Of direct omgekeerd: was de brandweerman goed opgeleid, maar om wat voor reden is hij/zij altijd een slechte performer (ontbreekt motivatie, mindere fysieke staat of misschien niet in staat om de theorie te begrijpen?) Of zou een andere crew met betere vaardigheden betere resultaten hebben gehad? Welke berekening gebruiken we om te meten of onze brandbestrijders

20% efficiënt waren, 50% of hoger? Of is het een handige veronderstelling dat we altijd even efficiënt zijn als we eventueel kunnen worden?

De hamvraag blijft. Als we hoop op goed presterende brandweerlieden hebben, moeten we in staat zijn om hun efficiëntie te meten en hun verbetering meten tijdens de training en tijdens incidenten.

Heeft de wetenschap het antwoord?

Wetenschappelijk willen we objectieve antwoorden op enkele van de bovenstaande vragen geven. Dit gebeurt door proberen te meten en een gebeurtenis die kwantificeerbaar vast te leggen. Deze gebeurtenissen kunnen voorzichtige laboratoriumexperimenten zijn of zelfs grotere “acquired structure burns”. Hiermee wordt het in brand steken van een gebouw voor oefendoeleinden bedoeld. Daarmee hopen we een ‘ijkpunt’ te stellen van waaruit we kunnen beoordelen of we voldoen aan onze doelstellingen en zo niet, waarom.

Zonder deze ‘wetenschappelijke methode’ en de controles en discipline die het met zich mee brengt, zal ons vermogen om te beoordelen of een brandweerman efficiënt werkt, altijd worden beïnvloed door persoonlijke vooroordelen en anekdotisch bewijs, en dat is wat de meesten van ons ‘ervaring’ noemen. Helaas kunnen ervaringen sterk variëren van brandweerman tot brandweerman en zelfs

brandweerlieden die dezelfde brand meemaken kunnen terug komen met heel verschillende ervaringen, allen 'geldig' vanuit hun persoonlijk standpunt. Het hoeft dan ook geen verrassing te zijn dat brandweerlieden uit verschillende landen sterk van mening kunnen verschillen over wat zij de meest efficiënte tactieken en technieken vinden.

Variabelen, variabelen en meer variabelen!

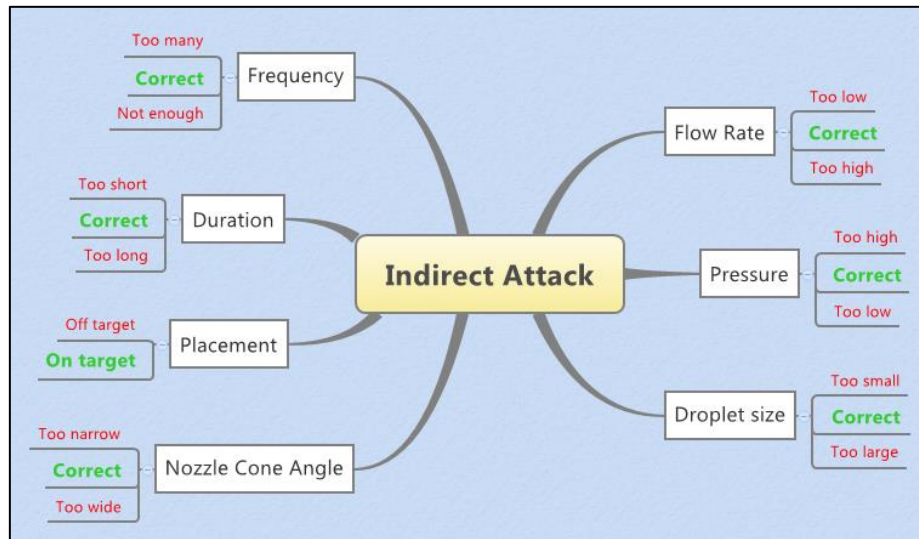
Het probleem bij toepassing van wetenschappelijke methodes bij brandbestrijding is dat er zoveel variabelen zijn bij brand. Nauwkeurige en herhaalbare wetenschappelijke experimenten vertrouwen op het identificeren en beheersen van variabelen. Maar er is een probleem, want hoe meer variabelen je verwijdert uit het experiment, hoe minder 'realistisch' het uiteindelijk wordt. In feite proberen we controle en orde te scheppen in een situatie die precies andersom kan zijn. Geen wonder dat de gemiddelde brandweerman wantrouwig zijn (voor sommige regelrechte ongelof) ten opzichte van de bevindingen van het 'lab' wanneer dit niet is wat ze denken dat ze zien op de branden die ze bijwonen. Het leidt ook tot de onvermijdelijke reacties als: 'Dat is fijn voor uw experimenten, MAAR WAT ALS ...?' (voeg hier een willekeurig aantal variabelen, zowel echte en ingebeelde).

Nu betekent dit niet dat de wetenschap geen plaats op de brandplek heeft, natuurlijk wel. In feite is het de beste manier waarop we onze kennis verder en ons inzicht beter maken in de uitdagende omgeving waarin we werken. In het verleden opgedane ervaring was ons substituut voor kennis in die zin dat werd aangenomen dat meer ervaring leidt tot een grotere kennis. In feite zijn veel brandweerlieden van huis uit geïndoctrineerd met de gedachte dat opgedane ervaring gelijk was aan kennis. Iedereen accepteerde dat als een brandweerman bij vele branden was geweest hij per definitie meer kennis zou hebben. Was het maar zo makkelijk! En terwijl ik dit kan rationaliseren als ik hier zit te typen, ik ken mezelf en weet dat ook ik vaak in de val trap om te geloven dat mijn eigen ervaringen in mijn tijd als brandweerman mij meer kennis geeft dan ik echt heb.

Op de plaats van de brand

Als we kijken naar brand in het algemeen kunnen we een aantal variabelen onderscheiden die een invloed hebben op onze efficiëntie tijdens een incident. Er zijn een aantal belangrijke factoren waar onze acties (en beslissingen) op basis van de heersende variabelen onze prestaties kunnen beïnvloeden. Hoe ver was de brand ontwikkeld? Hebben we gekozen voor de juiste strategie? Waren we langzaam of snel in de uitvoering van die strategie? We kunnen bemanningen hebben die te laat aankomen, maar de juiste strategie gebruiken en bemanningen die vroeg aankomen maar de verkeerde strategie gebruiken. Bemanningen die de juiste technieken gebruiken met de verkeerde apparatuur of de juiste apparatuur met de verkeerde technieken. Of bemanningen die proberen de juiste tactiek te gebruiken met een gebrek aan brandweerlieden of de verkeerde tactiek met voldoende brandweerlieden.

Alsof het leven niet moeilijk genoeg is, zijn er variabelen binnen variabelen! Als we kijken naar de straalpijptechnieken bijvoorbeeld. De techniek die de brandweerlui gebruiken is dat al dan niet de meest geschikte techniek voor de situatie. Bovendien, in de veronderstelling dat het de juiste techniek is, kan die dan goed of slecht worden uitgevoerd. En het gaat nog verder, of een techniek goed wordt uitgevoerd of slecht, wordt bepaald door zijn eigen deelverzameling van variabelen. In onderstaande grafiek (figuur 2) wordt gekeken naar de variabelen of handelingen die de brandweer gebruikt bij een 'indirecte aanval' tijdens de blussing. De verschillende mogelijkheden bij de variabelen in deze tabel kan alleen al leiden tot bijna duizend mogelijke uitkomsten.



Figuur 2. Variabelen voor blussing met de indirecte aanval

Dit type blussing kan bij deskundige toepassing zeer efficiënt zijn, voornamelijk bij gebruik van het blussen van volontwikkelde compartimenten. Dit gebeurt op een aantal manieren:

1. absorbeert de warmte - waterdruppels nemen de warmte op en gaan over in stoom
2. 'inertiseert' het brandstofmengsel en verdringt de lucht (zuurstof)

Voor maximale efficiëntie zijn deze fenomenen afhankelijk van een aantal correct uitgevoerde acties. Een aantal van de acties kunnen belangrijker worden geacht dan anderen, terwijl andere acties nauw gekoppeld zijn. Bijvoorbeeld, om de juiste 'druppelgrootte' te verkrijgen moeten we de juiste 'flow rate (debiet)' combineren met de 'druk' en 'kegelhoek' (dit veronderstelt dat we een straalpijp gebruiken dat in staat is de juiste druppelgrootte te maken). Zo zijn ook de toepassing van de 'duur' en 'frequentie' van ondergeschikt belang als de 'plaatsing' van het water niet nauwkeurig is. Om de beste, meest efficiënte indirecte aanval uit te voeren, moeten alle zeven factoren correct worden uitgevoerd.

Blussen met water

Voordat we veel te ver gaan, is het misschien tijd om nader te bekijken hoe water wordt gebruikt om een brand onder controle te houden te blussen. Water wordt in een vloeibare vorm op het vuur gebracht en door het vuur het omgezet in stoom. De opgenomen warmte bestaat uit verschillende onderdelen.

Specifieke warmtecapaciteit van water

Een zekere hoeveelheid energie is nodig om een hoeveelheid water te verwarmen. Deze waarde staat bekend als de specifieke warmtecapaciteit van water. Dit wordt aangeduid met de letter c. De eenheid is J/kg K. Deze waarde is 4 186 J/kg K voor water.

Wanneer water wordt gebruikt om gassen te koelen, wordt een korte puls in de rooklaag gegeven. Energie wordt overgebracht van de warme rook aan de koude waterdruppels totdat het water een temperatuur bereikt van 100 °C (373 K). De hoeveelheid energie wordt berekend door de massa (m) te vermenigvuldigen met de specifieke warmtecapaciteit (c) en de verhoging in temperatuur (ΔT). Dit leidt tot de volgende formule:

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad [J]$$

Latente verdampingswarmte van water

Water zal nog meer energie absorberen door te verdampen. Deze waarde staat bekend als de latente verdampingswarmte van water. Dit wordt aangeduid met de letter L. De eenheid is kJ/kg. Deze waarde is 2 260 kJ/kg voor water. Energie wordt overgedragen van de rook aan de hete waterdruppels tot het water volledig verdampt. De hoeveelheid energie wordt berekend door de massa (m) te vermenigvuldigen met de latente warmte (L). Dit leidt tot de volgende formule:

$$Q = m \times L \quad [J]$$

Wanneer beide waarden (c en L) worden vergeleken, is het duidelijk dat de overgang van water met een temperatuur van 100 °C in stoom van 100 °C meer energie absorbeert dan het verwarmen van het water tot het 100 °C. Zo is zes keer meer energie nodig om het water om te zetten in stoom dan nodig is om het water te verwarmen.

Specifieke warmtecapaciteit van stoom

Wanneer stoom zich verspreid in de rooklaag wordt er energie overgedragen van de rooklaag naar de waterdamp. Het resultaat zal een stijging zijn van de stoomtemperatuur. Dit proces zal doorgaan tot een thermisch evenwicht bestaat tussen de stoom en de rook.

Stoom heeft een andere waarde voor de specifieke warmtecapaciteit' dan water. Deze waarde is afhankelijk van de temperatuur van de stoom. Voor deze berekening kan een gemiddelde waarde worden gebruikt. Deze waarde is 2 080 J/kg K. Deze gebruikte formule is dezelfde als die voor water.

Het temperatuurverschil (ΔT) is het verschil tussen de eindtemperatuur van stoom en 373 K. Om een berekening uit te voeren moet een aanname worden gemaakt voor de eindtemperatuur van de stoom. In dit document wordt de waarde van 300 °C (573 K) gebruikt.

Totaal opgenomen warmte

Wanneer water wordt gebruikt om de rooklaag te koelen, zal idealiter al het water dat gebruikt wordt getransformeerd worden in stoom. Om de hoeveelheid energie die wordt geabsorbeerd schatten, moeten de drie componenten van 'warmteopname' worden opgeteld. Bij het toevoegen van de invloed van temperatuur (van water uit een hydrant), wordt het volgende resultaat verkregen:

T (°C)	Q (MJ/kg)
10	3.05
15	3.03
20	3.01
25	2.99
30	2.97

Tabel 1 Totale opgenomen energie per kg water als functie van de temperatuur van het water uit de hydrant

Het is duidelijk dat de invloed van de begintemperatuur beperkt is. Ter vereenvoudiging van onze berekeningen, zullen we gebruik maken van 3MJ/kg als standaardwaarde voor de hoeveelheid

energie die een liter water kan absorberen. Als de brandweer gebruik maakt van water, zal het zelden tot een dergelijke hoge waarde komen want we zullen nooit 100% efficiënt zijn.



Figuur 3 Belgische brandweerman oefent straalpijptechnieken in

Dampvorming

Water expandeert wanneer het wordt omgezet in stoom. Uit een liter water wordt een grote hoeveelheid stoom gegenereerd. Dit kan worden berekend met de universele gaswet.

$$p \times V = n \times R \times T$$

Met p wordt de druk in Pascal (Pa) uitgedrukt, waarbij V het volume in m^3 is, waarbij n het aantal mol moleculen van het gas, R de universele gasconstante (8,314 J/kg K) en T is de temperatuur in Kelvin (K) is. Wanneer de vergelijking wordt opgelost voor V , wordt de volgende oplossing gevonden:

$$V = \frac{n \times R \times T}{p} \quad [m^3]$$

Het molecuulgewicht van water is 18 g/mol. Daarom zal 55.55 mol water aanwezig zijn in een kilogram (liter) water. De eindtemperatuur van stoom zal de hoeveelheid stoom bepalen die wordt geproduceerd door een liter water. In de onderstaande tabel zijn een aantal waarden gegeven.

T (°C)	V (m ³)
100	1.70
200	2.16
300	2.61
400	3.07
500	3.52
600	3.98

Tabel 2 Volume aan stoom van 1 liter water als functie van de eindtemperatuur

Stoom is een inert gas. Dit is een belangrijke factor bij brandbestrijding. Wanneer stoom wordt toegevoegd aan een gasmengsel zal de ontvlambaarheid minder worden. Op een gegeven moment zal het mengsel niet meer brandbaar zijn en zal het dus inert geworden zijn.

Invloed van druppelgrootte

De grootte van de druppel is een belangrijke parameter. Als de druppeltjes zeer klein zijn, zullen ze te snel verdampen na het verlaten van de straalpijp en enkel de rooklaag het dichtst bij de brandweerman koelen. Als de druppels te groot zijn, zullen ze door de rooklaag schieten zonder volledig te verdampen. Sommigen druppels zullen het plafond raken verdampen terwijl ze de warmte uit het plafond absorberen. Een andere mogelijkheid is dat ze op de grond vallen. In dit geval zullen ze voor de tweede keer door de rooklaag heen gaan. Grimwood suggereert dat 0,3 mm de ideale maat is voor een druppel. Druppeltjes van deze maat zijn groot genoeg om de penetratie te geven in de hete rook en toch klein genoeg om gemakkelijk verdampen.

Nu we een goed begrip hebben van de fundamentele wetenschap achter het gebruik van water is de volgende stap om die kennis te integreren samen met onze doorlopende toetsing van de efficiëntie van de brandweerman. Daarbij kunnen we enkele meting helpen om nauwkeuriger ons niveau van bekwaamheid te beoordelen. Uiteindelijk kan een basis bieden om minimaal debiet, aantal slangen, grootte van de bemanning, tactieken en strategieën te bepalen. Laten we nu eens kijken hoe we misschien de wat 'subjectieve' acties van brandweerlui kunnen voorstellen als iets wat we kunnen 'inpluggen' in de wetenschap.

Het gebruiken en begrijpen van rubrieken

De sleutel tot het beoordelen van onze efficiëntie is te erkennen dat bepaalde variabelen of criteria bestaan en hen te identificeren. Zodra dit is gebeurd, kunnen wij niveaus van 'waarde' toewijzen aan elke variabele waartegen prestaties kunnen worden vergeleken. Een manier van het beoordelen van onze prestaties voor de beoordeling is gebruik te maken van 'Rubrieken'. Een rubriek vergelijkt vooropgestelde criteria met een 'performance' waarde. Deze waarde kan numeriek worden gemaakt zoals een percentage of een beschrijving van de prestatie zoals 'voldoende' of 'slecht'. Het kan ook worden gebruikt om een niveau van bekwaamheid namelijk 'competent' of 'nog niet competent' te definiëren. Het bevat ook een beschrijving (of voorbeeld) die dergelijke prestaties illustreert. Rubrieken zijn een uitstekende manier voor brandweerlieden om de elementen te begrijpen die een vaardigheid of techniek vereisen en hoe ze en betere prestatie te bereiken. Het kan ook een matrix zijn die trainers kunnen gebruiken om prestaties te beoordelen.

Tabel 3 toont een rubriek voor de beoordeling van de efficiëntie van gaskoeling met een korte puls. De matrix is samengesteld uit:

1. belangrijke **criteria** die voor het uitvoeren van de techniek die nodig worden geacht;
2. een **prestatienorm** en
3. een **beschrijving** van de verschillende indicatoren.

De rubriek kan op een aantal manieren worden gebruikt. Ten eerste kunnen we de individuele criteria evalueren. bijvoorbeeld 'nozzle angle'. Dit is de hoek die de straalpijp ten opzichte van de grond wordt gehouden. Dit is uiterst belangrijk voor de plaatsing van de druppels. Zoals de kleine beschrijvende afbeelding toont, wanneer de straalpijp ongeveer 45° met de horizon wordt gehouden zullen alle druppeltjes eindigen in de brandgassen en zal een efficiëntie van meer dan 75% bereikt

worden. Omgekeerd, indien de straalpijphoek slechts 25° is zullen de meeste druppeltjes eindigen op de vloer in plaats van in de rookgassen. Deze hoek wordt beoordeeld als een waarde van minder dan 25% efficiëntie. Een soortgelijk onderscheid wordt ook gemaakt voor de andere criteria, zoals 'druppelgrootte' en 'cone angle'.

Hoewel we kijken naar elk van de criteria afzonderlijk, kan de matrix meer globaal worden geïnterpreteerd. Simpel gezegd, als we de meest effectieve druppelgrootte, kegel- en nozzle angle kunnen bereiken, dan kunnen we verwachten dat we tenminste 75% efficiëntie zijn voor die techniek in het algemeen. Maar als we de juiste druppelgrootte hebben maar de verkeerde straalpijphoek zullen we navenant minder effectief zijn. Zoals eerder opgemerkt, sommige criteria zijn nauw met elkaar verbonden. Bijvoorbeeld kegelhoek en druppelgrootte. Het is niet mogelijk de juiste druppelgrootte te hebben (of zelfs een hele druppel) wanneer de kegelhoek te smal of een gebonden straal is. Echter druppelgrootte en de kegelhoek worden niet beïnvloed door de straalpijphoek.

De koppeling van bepaalde criteria moet in het achterhoofd gehouden worden als de rubriek bekeken wordt vanuit een globaal perspectief.

Gas Cooling - Short	Effective	Adequate	Ineffective	Poor
	Greater than 75%	75% to 50%	50% to 25%	Less than 25%
Droplet Size (average)	 0.3 mm	 0.2 mm or 0.4 mm	 0.1 mm or 0.5 mm	 < 0.1 mm or >0.5 mm
Cone Angle	 45°	 30°	 90°	 120°
Nozzle Angle (from the horizontal)	 45° plus		 25°	 0°
	COMPETENT		NOT YET COMPETENT	

Tabel 3. Short Pulse Gas Cooling Rubric.



Figuur 4. Cone angle vs nozzle angle.

De zin van de wetenschap

Er is nog een belangrijke toepassing van de rubriek. Het voordeel van het ontwikkelen van een rubriek voor elk van onze straalpijptechnieken betekent dat we nu een zekere mate van kwantitatieve meting hebben voor de mate van efficiëntie van onze brandweelieden met hun waterverbruik. Is het perfect? Nee, maar het kan ons helpen om de wetenschap van het blussen met water te begrijpen. Zoals de wetenschap hieronder uitlegt, is het rendementpercentage een belangrijke variabele in het stelsel. Dit percentage kan worden gehaald uit de rubrieken. Laten we nog eens kijken naar de blustechniek 'indirecte aanval'.

Indirecte aanval werkt op twee manieren:

- Warmte wordt onttrokken uit de omgeving.
- Waterdamp maakt de omgeving inert aangezien het de zuurstof verdrijft uit de omgeving.

Warmteopname

As mentioned before, this value will only be realized if the efficiency is 100%. In reality, firefighter efficiency will rarely be 100%. Values as low as 50% or 25% are more likely (see the rubric). Lower efficiencies are caused by water that flows away before being transformed into steam and the steam that flows out of the enclosure before being heated to 300 °C. The effect of the efficiency can be seen in the table below. Less efficient firefighters can lack serious capability!

Het vuur produceert warmte. Het vrijkomend vermogen (de heat release rate) bepaalt hoe intens het vuur is. De HRR is uitgedrukt in kW (of MW). Het geeft de hoeveelheid energie weer die wordt geproduceerd per tijdseenheid.

Voorbeeld:

Een 3 MW brand genereert 3 MJ per seconde. Een dergelijke brand heeft na tien minuten een totale hoeveelheid van 1800 MJ (of 1,8 GJ) geproduceerd.

$$\begin{aligned} Q &= HRR \times \Delta T \\ &= 3 \text{ MJ/s} \times 600 \text{ s} = 1800 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Teneinde de koelcapaciteit van een straalpijp te berekenen, moet het debiet (q in kg/s) worden vermenigvuldigd met de totale geabsorbeerde warmte voor 1 kg water.

$$\dot{Q} = Q \times q \quad [MW]$$

Zoals eerder vermeld, wordt deze waarde alleen werkelijk bereikt indien de efficiëntie van de brandweerman 100% is. Efficiëntie zal echter zelden 100% zijn. Waarden van 50% of 25% zijn realistischer (zie in de rubriek). Lagere rendementen worden veroorzaakt door water dat wegstroomt voordat het wordt omgezet in stoom en de stoom dat weglekt uit de omgeving voor deze tot 300 °C is verwarmd. Het effect van de efficiëntie kan worden gezien in de onderstaande tabel. Minder efficiënte brandweelieden kunnen de nodige capaciteit missen!

Efficiency (%)	\dot{Q} (MW)
100	11.49
75	8.62
50	5.75
25	2.87

Tabel 4 Koelvermogen van een debiet van 230 lpm in functie van de efficiëntie van de brandweerman

Wanneer het warmteopnemend vermogen van het water groter is dan de warmteproductie van het vuur, zal het vuur worden gedoofd. Wanneer de warmte van de brand wordt geabsorbeerd door het water, kan dit niet meer worden gebruikt om pyrolyse te veroorzaken en het vuur te voeden. In de tabel is te zien dat het mogelijk is om de brand te blussen met een 50% efficiënte brandweerman. Indien het rendement daalt tot 25%, zal de brandweerman moeite hebben met het blussen van de brand. Het zal meer tijd en meer water kosten om dit doel te bereiken.

Uiteraard is het belangrijk om te overwegen dat er een geometrische grens is. In een appartement kan een brand in meerdere kamers tegelijk zijn. Het is niet mogelijk om water te verspuiten in meerdere kamers tegelijk met slechts een straalpijp. Een ander voorbeeld is een brand in een b.v. een grote hal. Fysiek is het niet mogelijk waterdruppeltjes te verspreiden in het hele volume van de hal in een seconde tijd. In dergelijke gevallen zijn de inzet van verschillende stralen een oplossing.

Inertiserende werking

De totale hoeveelheid stoom kan worden berekend door de gegenereerde volume per liter te vermenigvuldigen met het debiet.

$$\dot{V} = V \times q \quad [m^3/s]$$

Met V wordt de hoeveelheid stoom per liter water (m^3/kg) bedoeld en q het debiet (kg/s).

Nogmaals, het water is nooit 100% efficiënt. Een deel van de stoom lekt weg door ramen, kieren en deuren. Anderzijds is het niet nodig om het volume van een ruimte volledig te vullen met stoom om de brand te blussen.

Het is wel belangrijk te beseffen dat de waterdamp aanzienlijk bijdraagt aan het bluseffect. De indirecte aanval kan branden blussen met een HRR die hoger is dan de hoeveelheid warmte die kan worden opgenomen door de warmteopnamecapaciteit van het debiet. Bij de indirecte aanval zullen de twee effecten (koeling en het inertieren / verdunnen) een belangrijke rol spelen. (Let op: de lezer moet zich realiseren dat de combinatie van beide effecten complexer is dan wordt uitgelegd in dit document).

Een voorbeeld van de wetenschap bij een blusactie:

Het water uit een hydrant is 10 ° C. Dit komt overeen met 283 K. De waterdruppels zullen verwarmd worden tot 100 ° C (373 K). Het verschil in temperatuur is 90 K. Een liter water wordt gebruikt, dit komt overeen met 1 kg.

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta T \\ &= 1 \times 4186 \times (373 - 283) \\ &= 376740 \text{ J} = 376,74 \text{ kJ} \end{aligned}$$

De hoeveelheid energie die nodig is om het water te zetten in stoom is:

$$\begin{aligned} Q &= m \times L \\ &= 1 \times 2\,260\,000 \\ &= 2\,260\,000 \text{ J} = 2\,260 \text{ kJ} = 2,26 \text{ MJ} \end{aligned}$$

In het bovenstaande voorbeeld wordt 376 kJ gebruikt om het water te verwarmen en 2 260 kJ wordt gebruikt om het water om te zetten in stoom. Dit betekent dat 6 keer meer energie nodig is om water om te zetten in stoom dan nodig is om het water te verwarmen. De stoom wordt verwarmd tot 300 °C (573 K). Het verschil in temperatuur is 200 K.

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta T \\ &= 1 \times 2\,080 \times (573 - 373) \\ &= 416\,000 \text{ J} = 416 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Het water uit de hydrant is verhit tot een temperatuur van 100 °C en omgezet in stoom van 300 °C.

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= 376,74 + 2\,260 + 416 \text{ kJ} \\ &= 3\,052,74 \text{ kJ} = 3,05 \text{ M} \end{aligned}$$

In de bovenstaande berekeningen is de verkregen stoomtemperatuur 300 °C (573 K). Dit leidt tot de volgende hoeveelheid stoom.

$$V = \frac{55,55 \times 8.314 \times 573}{101,325} = 2,612 \text{ m}^3 = 2612 \text{ l}$$

A cooling capacity of 11.49 MW means that every second, a quantity of heat of 11.49 MJ can be absorbed. When working at a 100% efficiency, the following amount of steam is produced.

$$\dot{V} = 2.61 \times 3.83 = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Wanneer een gelijkaardige berekening wordt uitgevoerd om het effect van indirecte aanval in te schatten worden de volgende resultaten gevonden:

Een brandweerman gebruikt een lagedrukstraal met een debiet van 230 liter per minuut. Het debiet in kg/s wordt als volgt berekend:

$$230 \text{ lpm} = 3,830 \text{ lps} = 3,830 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= Q \times q \\ &= 3 \text{ MJ/kg} \times 3.83 \text{ kg/s} \\ &= 11.49 \text{ MJ/s} = 11.49 \text{ MW} \end{aligned}$$

Een koelcapaciteit van 11,49 MW betekent dat elke seconde een hoeveelheid warmte van 11,49 MJ kan worden geabsorbeerd. Bij het werken met een rendement van 100%, wordt de volgende hoeveelheid stoom geproduceerd.

$$\dot{V} = 2.61 \times 3.83 = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Een brand in een kamer wordt bestreden door met een straal met een debiet van 230 lpm. De afmetingen van de kamer zijn 4 m bij 5 m 2,5 m. Het volume van de kamer is 50 m³. Wanneer de straal 100% efficiënt wordt ingezet zal er 50 m³ stoomvolume aanwezig zijn na 5 seconden aanbrenge van water. Hierdoor zal het vuur afnemen omdat de opgewekte stoom alle zuurstof hebben weg genomen.

Doe de eenvoudige dingen goed

De wetenschap leert ons dat er een significant verschil is tussen de brandweerlieden die hun water kunnen plaatsen in het juiste formaat, op de juiste plaats en op het juiste moment en degenen die dat niet kunnen. Een brandweerman die 75% efficiënt is met zijn water heeft bijna drie keer het blussend vermogen van de brandweerman die slechts 25% effectief is. Het verschil voor het ongeoefende oog mag slechts een geringe variatie zijn in kegelhoek, nozzle angle of druppeltjesgrootte, maar het eindresultaat is dat het water niet komt waar het moet gaan. Met drie keer minder blusvermogen zullen slecht presterende ploegen zich in meer gevaar begeven en zal het langer duren de brand te beïnvloeden.

Door gebruik te maken van dergelijke methodieken zoals assessment rubrieken, kunnen we de brandweerlui voorzien van een eenvoudig te begrijpen matrix van waaruit ze hun vaardigheidsniveau bekritisieren en nagaan waar ze deze kunnen verbeteren. Door de wetenschap te begrijpen, kunnen brandweerlui de effecten van juiste techniek zien en zich realiseren dat het verbeteren en onderhouden van hun vaardigheden voordelen heeft. Door hard trainen en het leren uitvoeren van de basis straalpijptechnieken zullen brandweerlui niet alleen veiliger zijn, maar zorgen voor een betere dienstverlening aan de gemeenschap.

Bronnen

1. *Brandverloop: Technisch bekeken, tactisch toegepast*, Karel Lambert & Siemco Baaij, 2011
2. *Water and other extinguishing media*, Stefan Särqvist, 2002
3. *Grimwood Paul, Hartin Ed, McDonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics*, 2005