

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma



7th May, 2013
Hvidovre (Denmark) at the DBI

**Protection of buildings with water mist
– safety levels better or equal to sprinkler
protection?**

Min baggrund:

1998 – 2007

Beredskabschef Rosenholm/Rønde Kommuner (nu Syddjurs)

Brandteknisk byggesagsbehandling

Indsatsledelse

2007 – 2009

Beredskabsinspektør Odense Brandvæsen

Brandteknisk byggesagsbehandling

Indsatsledelse

2009 –

Brandrådgiver

Indsatsledelse Hedensted Kommune

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

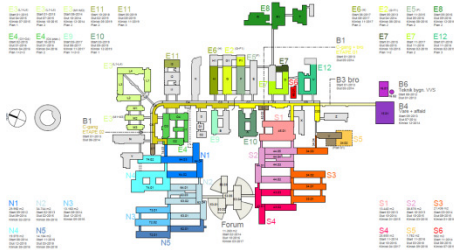
Siden 1983 – nøjagtigt i 30 år – har det været et lovkrav at brandvæsnerne i Danmark skulle have tågestrålerør på deres køretøjer, ligesom slukningsmetoder med vandtåge lige siden har været implementeret i brandmandsuddannelsen.

Her ud over anvendes i dag nyere slukningsværktøjer som f.eks.:

- Superhøjtrykkere
- Tågesøm
- Skæreslukkere

Vandtåge er *ikke* en ny teknologi

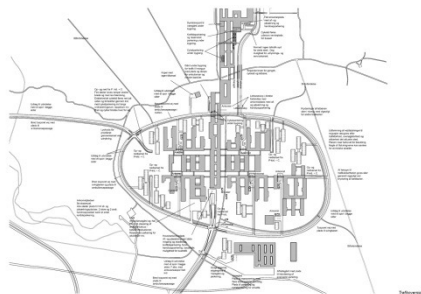
Primære opgaver



Det Nye Universitetshospital, Århus

Ca. 240.000 m² nybyggeri

Ca. 50.000 m² ombygning



Det Nye Universitetshospital, Odense

Ca. 250.000 m² nybyggeri

Begge projekter udføres med vandtåge

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Grundlæggende krav

Bygherreønsker:

Optimale betingelser for drift

Konflikter med traditionelle brandmæssige opdelinger/indretninger m.v.

Anvendelse af den nyeste teknologi

Konflikter med gældende normer, standarder, forskrifter m.v.

Fokus på det helende miljø

Konflikter med "Driftsmæssige forskrifter"

Grundlæggende overvejelser

Funktionsbaseret byggeri – funktionsbaserede brandkrav

Udfordringer:

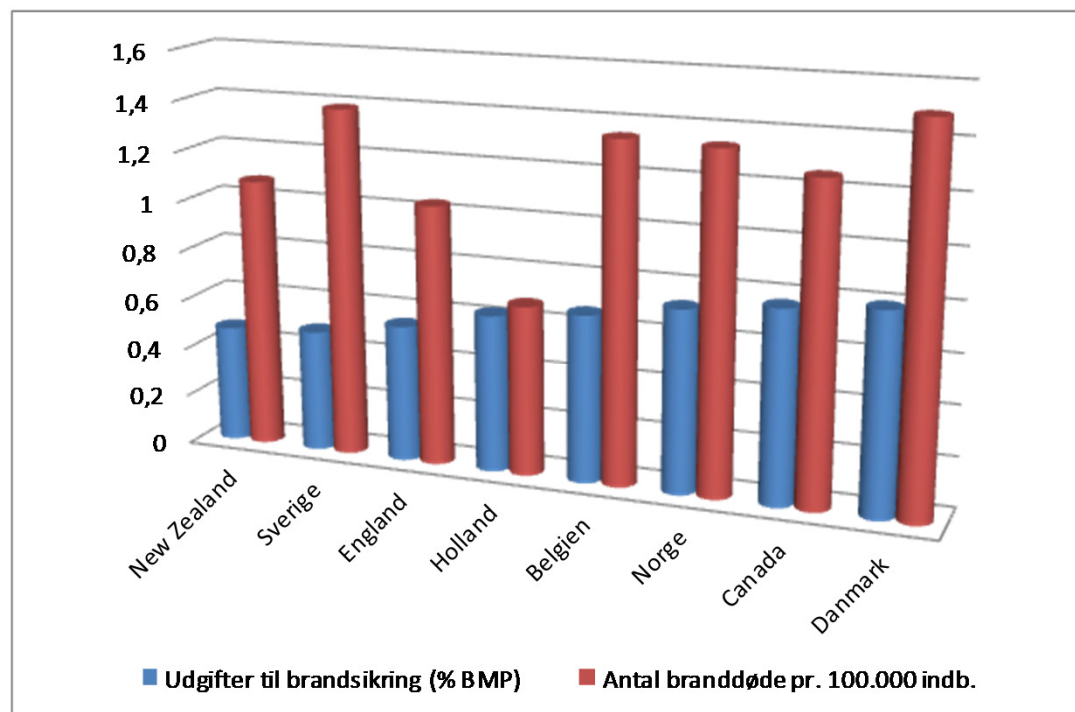
Information om brandteknisk dimensionering – 2004

Ingen EU/DK normer, standarder, retningslinier

Ingen entydige beregningsmetoder

Manglende statistisk materiale

Grundlæggende overvejelser



Grundlæggende overvejelser

Beskytter vandtåge lige så godt eller bedre end sprinkling?



Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Grundlæggende overvejelser

$$G_0 = \frac{\Gamma_{VAP}}{r_0} \ln \left[1 + \frac{m_{VAP,0} - m_{VAP,\infty}}{1 - m_{VAP,0}} \right] \Rightarrow$$

$$G_0 \approx \frac{\Gamma_{VAP}}{r_0} \ln \left[1 + \frac{f(T_\infty, pressure) - m_{VAP,\infty}}{1 - f(T_\infty, pressure)} \right]$$

$$\frac{dP_v}{dT} = \frac{L}{v_v T}, \quad v_v = \frac{RT}{M_v P_v}$$

P_v - vapour pressure at the surface, v_v - specific volume of the vapour

R - universal gas constant, M_v - molecular weight of the vapour

integrating $\int_{P_v}^P \frac{dP_v}{P_v} = \int_{T_{boiling}}^{T_0} \frac{LM_v dT}{RT^2}$ from some known point

(say $T_{boiling}$ at P_v , as $T = 100^\circ C$ at $P = 1 atm$ for water) leads to the following expression for the vapour pressure P_v at arbitrary temperature T :

$$P_v(T) = P_v \exp \left\{ \frac{LM_v}{R} \left(\frac{1}{T_{boiling}} - \frac{1}{T} \right) \right\}$$

substituting ($-Q_0 = G_0 L$) into $\ln \left[1 + \frac{c_{VAP}(T_\infty - T_0)}{-Q_0 / G_0} \right] = \frac{G_0 c_{VAP} T_0}{\lambda}$

leads to $G_0 = \frac{\lambda}{c_{VAP} T_0} \ln \left[1 + \frac{c_{VAP}(T_\infty - T_0)}{L} \right]$

from conservation of vapour $G_0 = \frac{\Gamma_{VAP}}{r_0} \ln \left[1 + \frac{m_{VAP,0} - m_{VAP,\infty}}{1 - m_{VAP,0}} \right]$

elimination of G_0 leads to the following relation between $m_{VAP,0}$ and T_0

$$1 + \frac{m_{VAP,0} - m_{VAP,\infty}}{1 - m_{VAP,0}} = \left[1 + \frac{c_{VAP}(T_\infty - T_0)}{L} \right] \frac{\lambda}{c_{VAP} T_0}$$

Infinite liquid conductivity model

"distillation limit"

$T_0 = f(\dot{c})$ while $T_0 = T_{LIQ INTERIOR}$

$$\frac{dT_0}{d\dot{c}} = \frac{3}{r_0 c_{LIQ} \rho_{LIQ}} (-Q_0 - G_0 L)$$

Beregninger er komplicerede – og oftest uforståelige for de myndigheder som skal acceptere dem.....

Transient droplet heating model

"diffusion limit"

$T_{LIQ INTERIOR} \neq T_0, T_{LIQ INTERIOR} = f(r, t)$

$0 \leq r \leq r_0$

$$\frac{\partial T_{LIQ INTERIOR}}{\partial t} = \frac{\alpha_{LIQ}}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial T_{LIQ INTERIOR}}{\partial r} \right)$$

• Note, that a flow-rate-average specific heat could be defined as:

$$c = \frac{\left(\sum_{all j} G_{TOT,j} c_j \right)}{G}$$

then the last term of the D.E. $\left(\sum_{all j} G_{TOT,j} c_j \right) \frac{dT}{dx} = Gc \frac{dT}{dx}$, but in general,

$$c \neq c \quad \left(c = \sum_{all j} m_j c_j \right)$$

• To receive another form of D.E. for temperature, note that:

$$G_{TOT,j} = m_j G + G_{DIFF,j} \quad \text{or} \quad c_j G_{TOT,j} = c_j m_j G + c_j G_{DIFF,j}$$

$$\sum_{all j} c_j G_{TOT,j} = cG + \sum_{all j} c_j G_{DIFF,j} \quad \text{but} \quad \sum_{all j} G_{DIFF,j} = 0, \text{ and}$$

$$\sum_{all j} c_j G_{DIFF,j} = \sum_{all j} c G_{DIFF,j} + \sum_{all j} (c_j - c) G_{DIFF,j}$$

$$\text{Thus:} \quad \sum_{all j} c_j G_{TOT,j} = cG + \sum_{all j} (c_j - c) G_{DIFF,j}$$

(i) mass conservation

$$Gr^2 = G_0 r_0^2$$

where

G_0 - rate of phase change of liquid per unit surface area

r_0 - radius of droplet surface

(ii) conservation of vapour

$$G_{TOT,VAP} r^2 = G_{TOT,VAP,0} r_0^2 = G_0 r_0^2$$

therefore from Fick's law :

$$\left(m_{VAP} G - \Gamma_{VAP} \frac{dm_{VAP}}{dr} \right) r^2 = G_0 r_0^2$$

ie

$$\Gamma_{VAP} \frac{dm_{VAP}}{dr} r^2 = G_0 r_0^2 (m_{VAP} - 1)$$

assuming mixture of ideal gases namely vapour and gas (for the ambience)

according to Rault's law :

$$x_v = \frac{P_v(r)}{P} \quad \text{and} \quad x_c = \frac{P_c(r)}{P}$$

where x_v is molar fraction of vapour and P is prevailing pressure

x_c is molar fraction of gas, $P_c(r)$ is partial pressure of gas

$$\text{In our case: } x_{VAP,0} = \frac{P_{VAP,0}(r_0)}{P} = \frac{P_v}{P} \exp \left\{ \frac{LM_{VAP}}{R} \left(\frac{1}{T_{boiling}} \left(\text{at } P_v \right) - \frac{1}{T_0} \right) \right\}$$

$$\text{while vapour mass fraction } m_{VAP,0} = \frac{x_{VAP,0} M_{VAP}}{x_{VAP,0} M_{VAP} + x_{GAS} M_{GAS}}$$

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet

Brandrådgiver

Grundlæggende overvejelser

..... men vi har en lang række praktiske erfaringer:

- Operativt anvender redningsberedskabet vandtåge til **køling** af røggasser
- Operativt anvender redningsberedskabet vandtåge til sikring mod **varmestråling**
- Operativt anvender redningsberedskabet vandtåge til **røgstyring** (gas/kemikalier)
- Operativt anvender redningsberedskabet vandtåge til **nedfældning** af kemikalie- og røgskyer
- Operativt anvender redningsberedskabet vandtåge til **slukning** af brand (kvælning)

Grundlæggende overvejelser

- Vi har mange års praktisk erfaring med vandtågens egenskaber
- Vi har en stor mængde data fra forsøg

Egenskab:	Sprinkling	Vandtåge
Køling af røggasser	Begrænset	God
Sikring mod varmestråling	Begrænset	God
Røgstyring (gas/kemikalier)	Begrænset	God
Nedfældning af kemikalier og røg	Begrænset	God
Slukning af brand (kvælning)	Begrænset	God
Slukning af brand (køling af brændbart materiale)	God	Begrænset

Vandtågen har mange positive egenskaber som er traditionel sprinkling overlegne

Beslutning om anvendelse af vandtåge i projektforslagsfasen

Hvordan anvender vi vandtåge på DNU?

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Sikring af brandmæssige adskillelser
 Sikring mod vinkelsmitte
 Sikring mod høj-/lavsmitte
 Sikring af ventilationsanlæg
 Sikring af stålkonstruktioner
 Sikring mod røgspredning

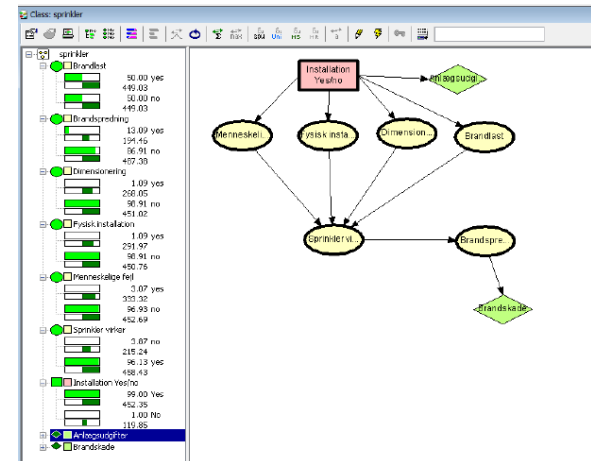
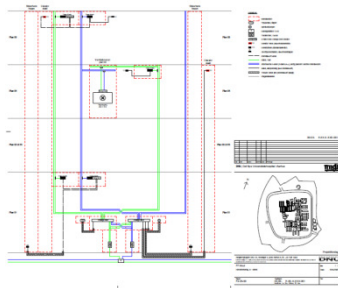
Egenskab:	Sprinkling	Vandtåge
Køling af røggasser	Begrænset	God
Sikring mod varmestråling	Begrænset	God
Røgstyring (gas/kemikalier)	Begrænset	God
Nedfældning af kemikalier og røg	Begrænset	God
Slukning af brand (kvælning)	Begrænset	God
Slukning af brand (køling af brændbart materiale)	God	Begrænset

Grundlæggende princip

Muligheder for svigt i aktive brandtekniske installationer identificeres.

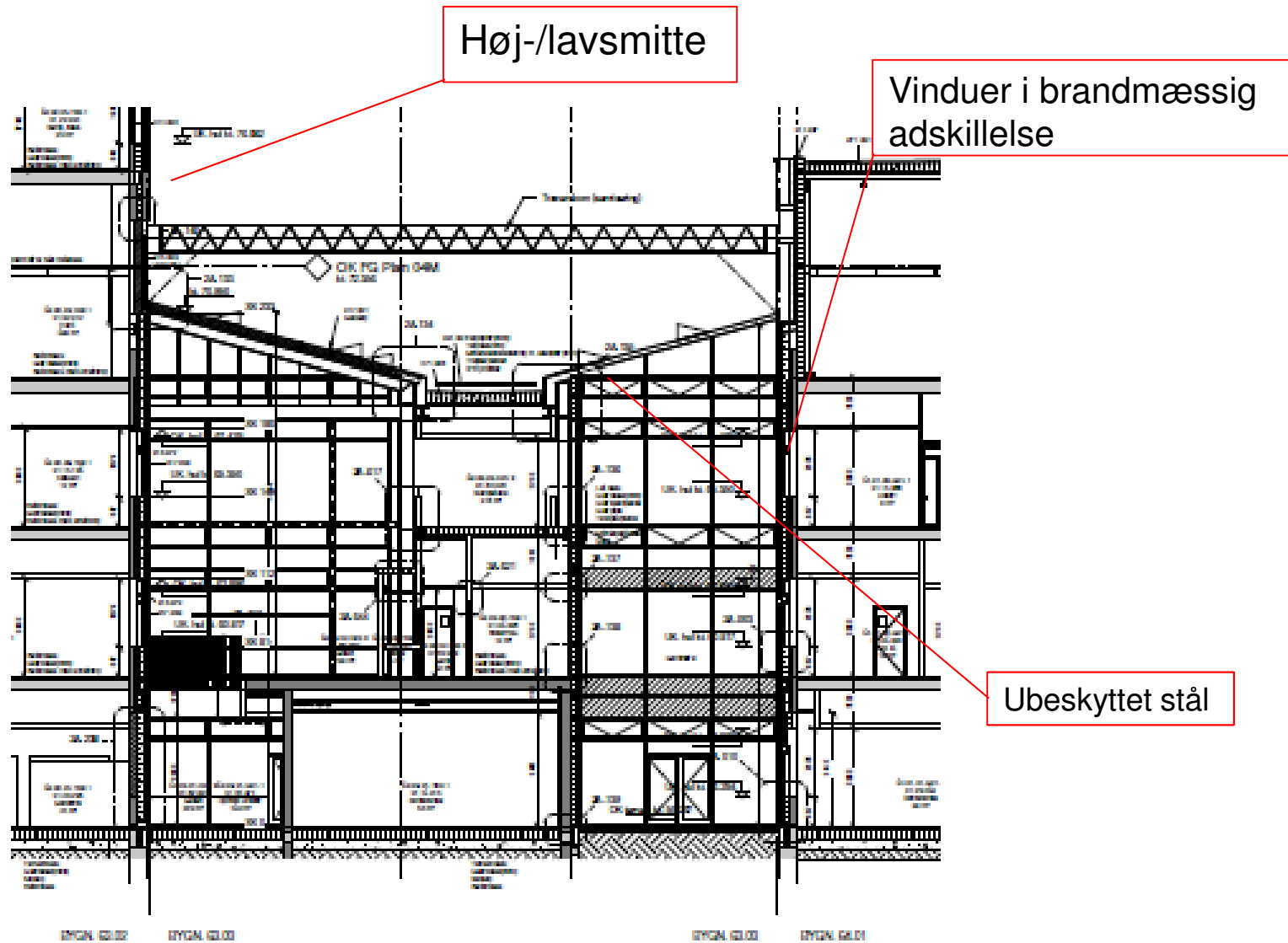
- Sandsynligheder for svigt dokumenteres
- Konsekvens af svigt dokumenteres
- Risiko profil beregnes

Relevante risici forebygges

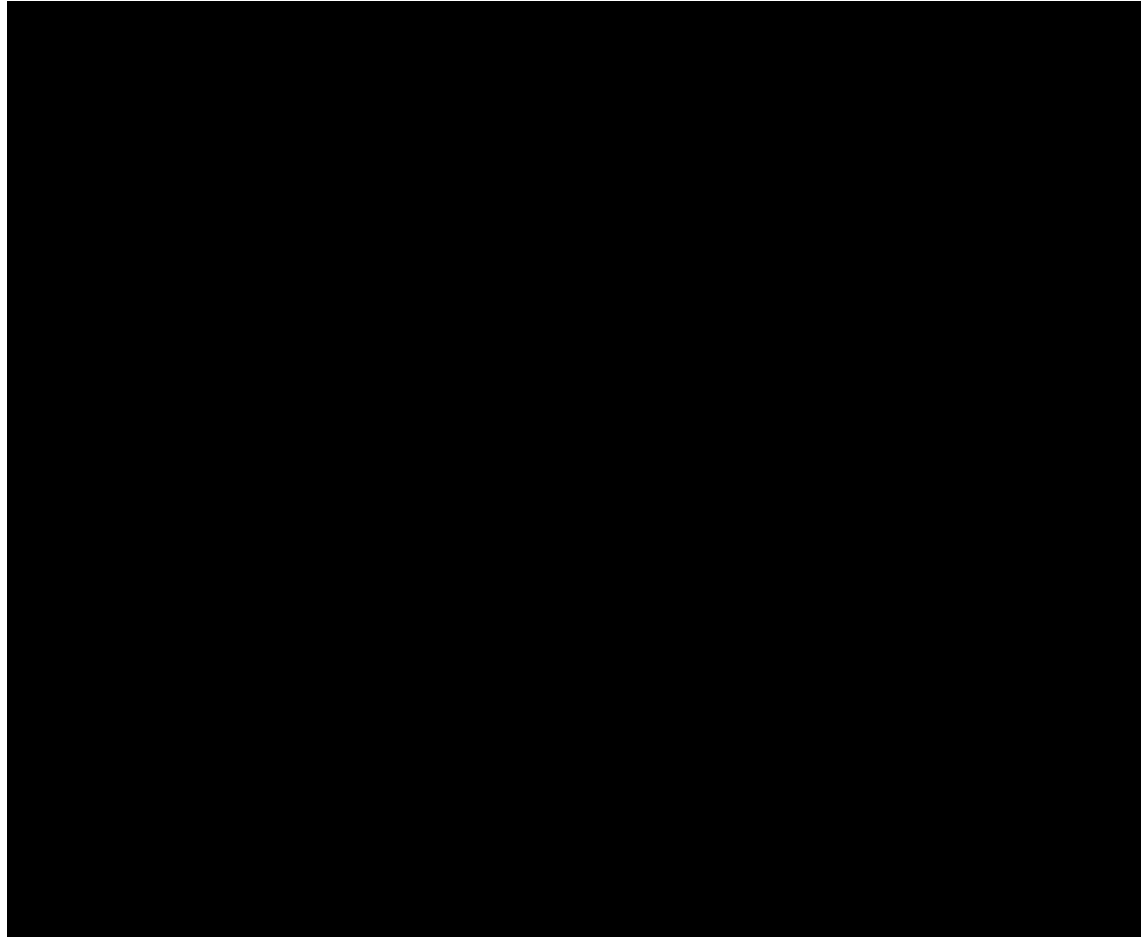


Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver



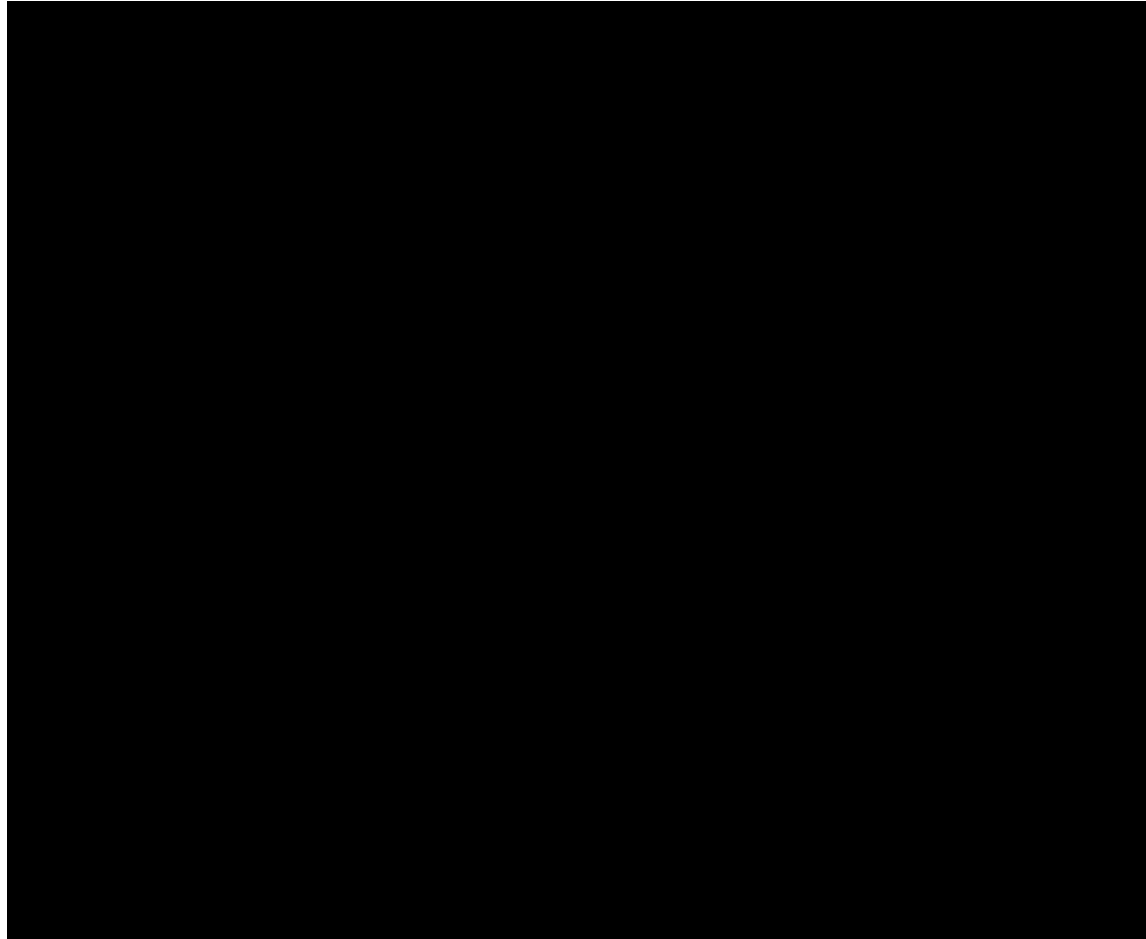
Traditionel sprinkling



Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

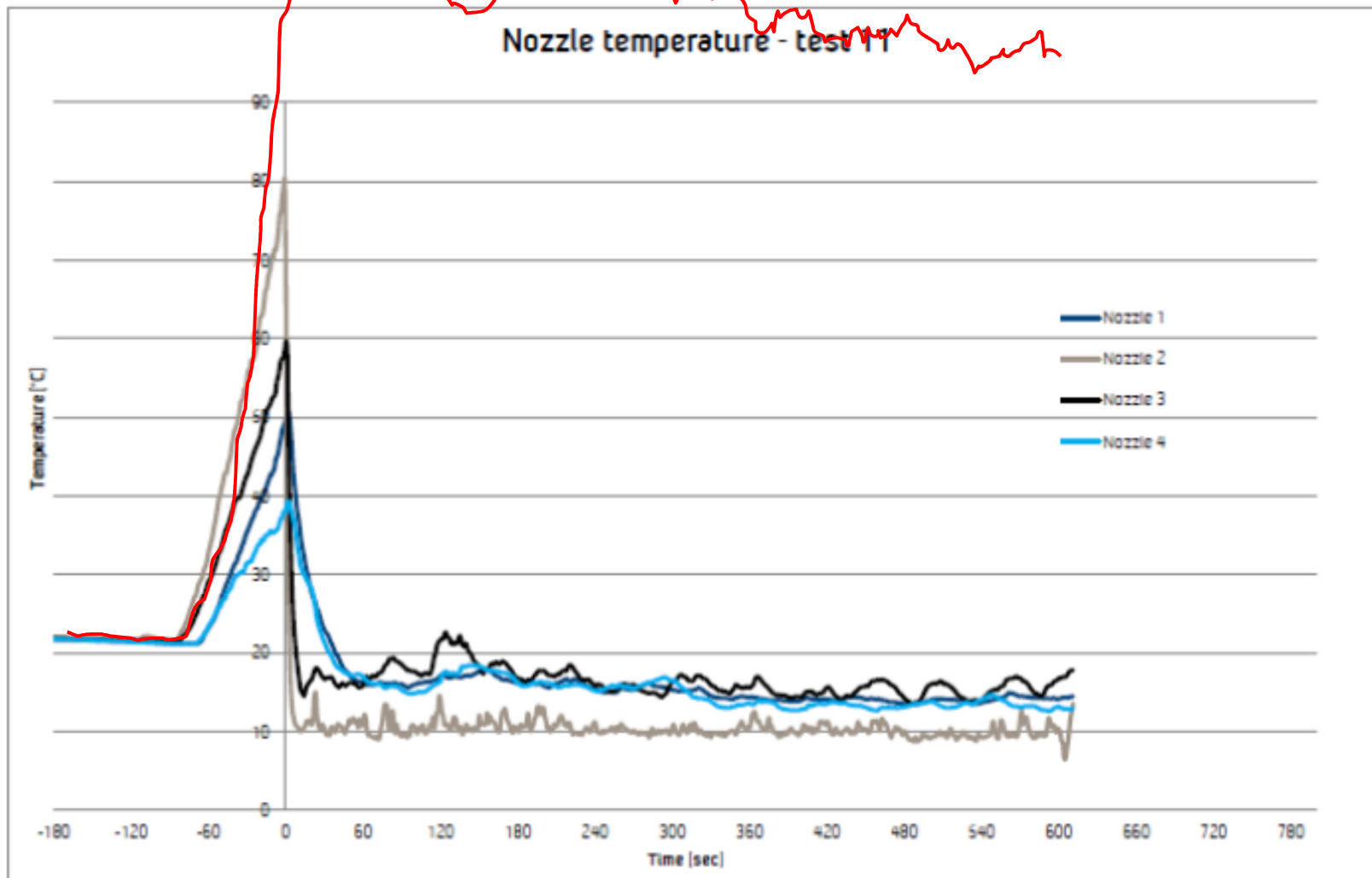
Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Vandtåge



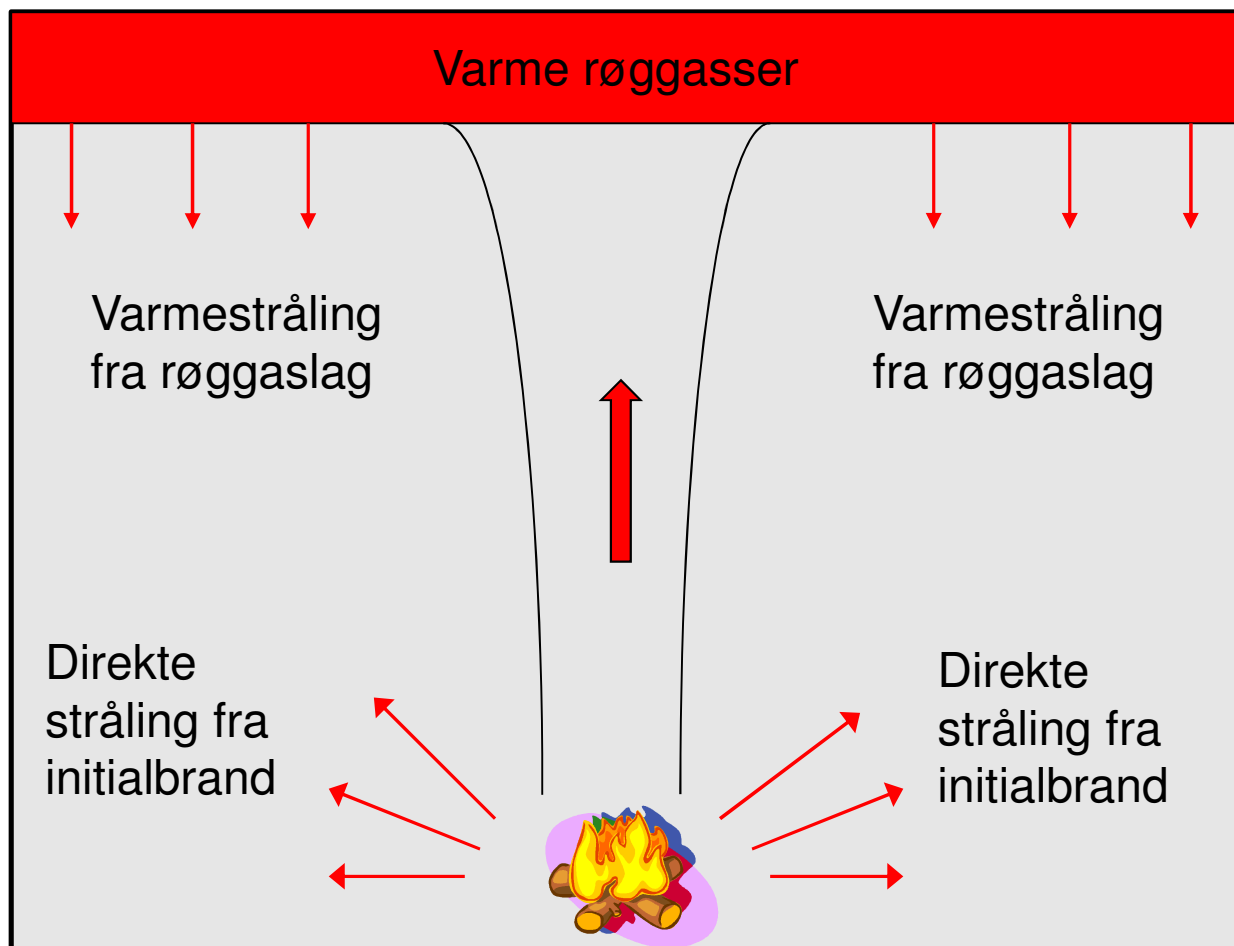
Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

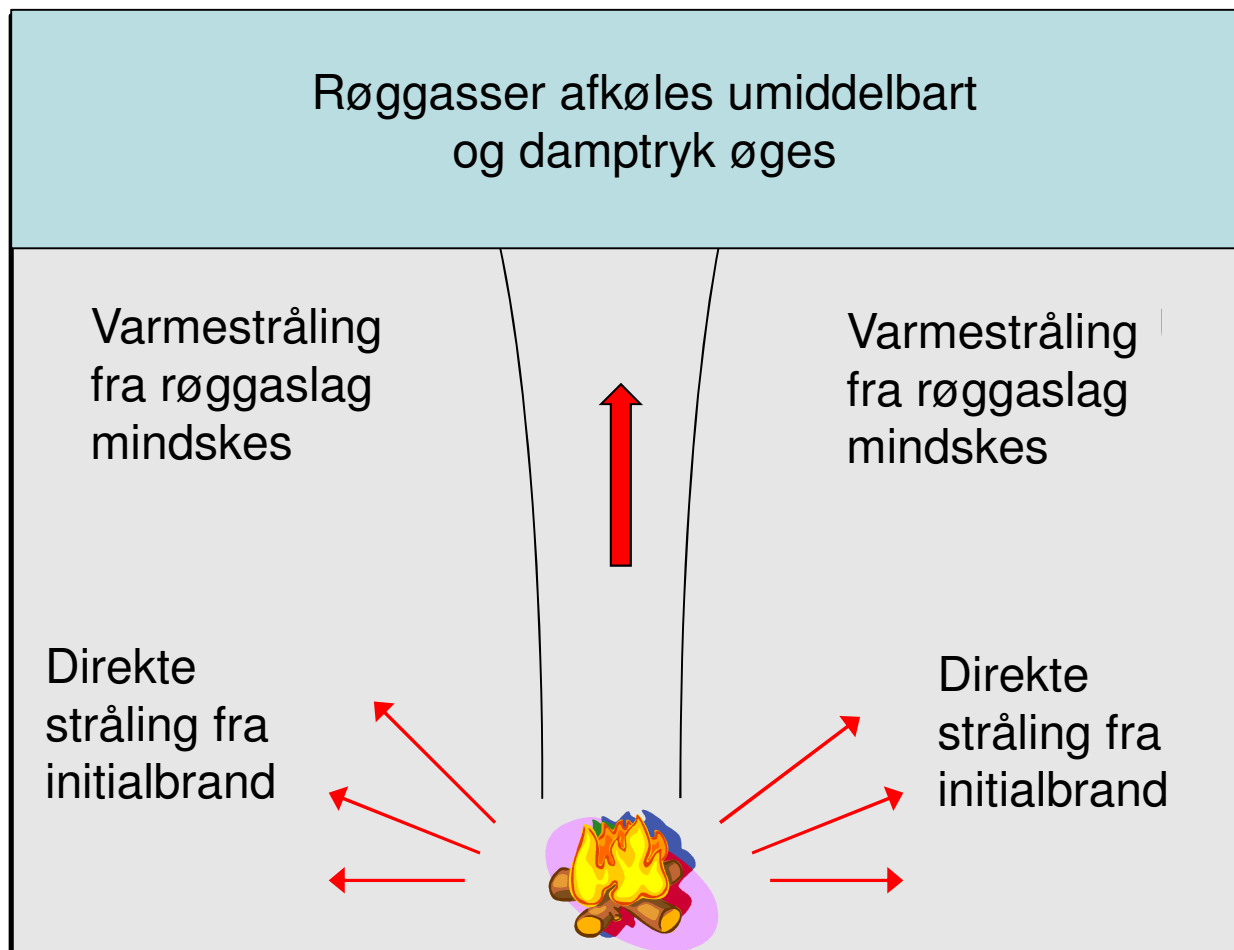
Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

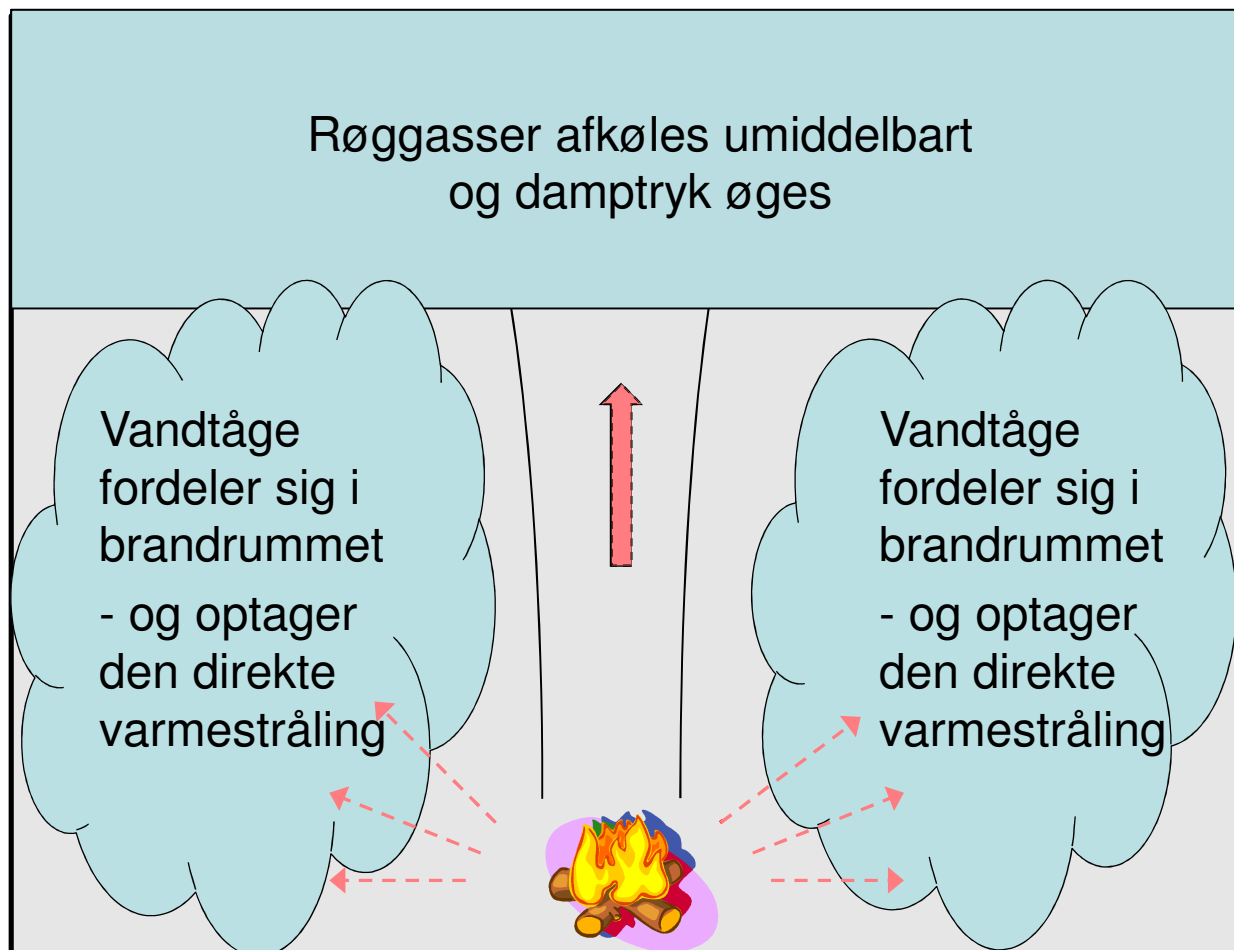


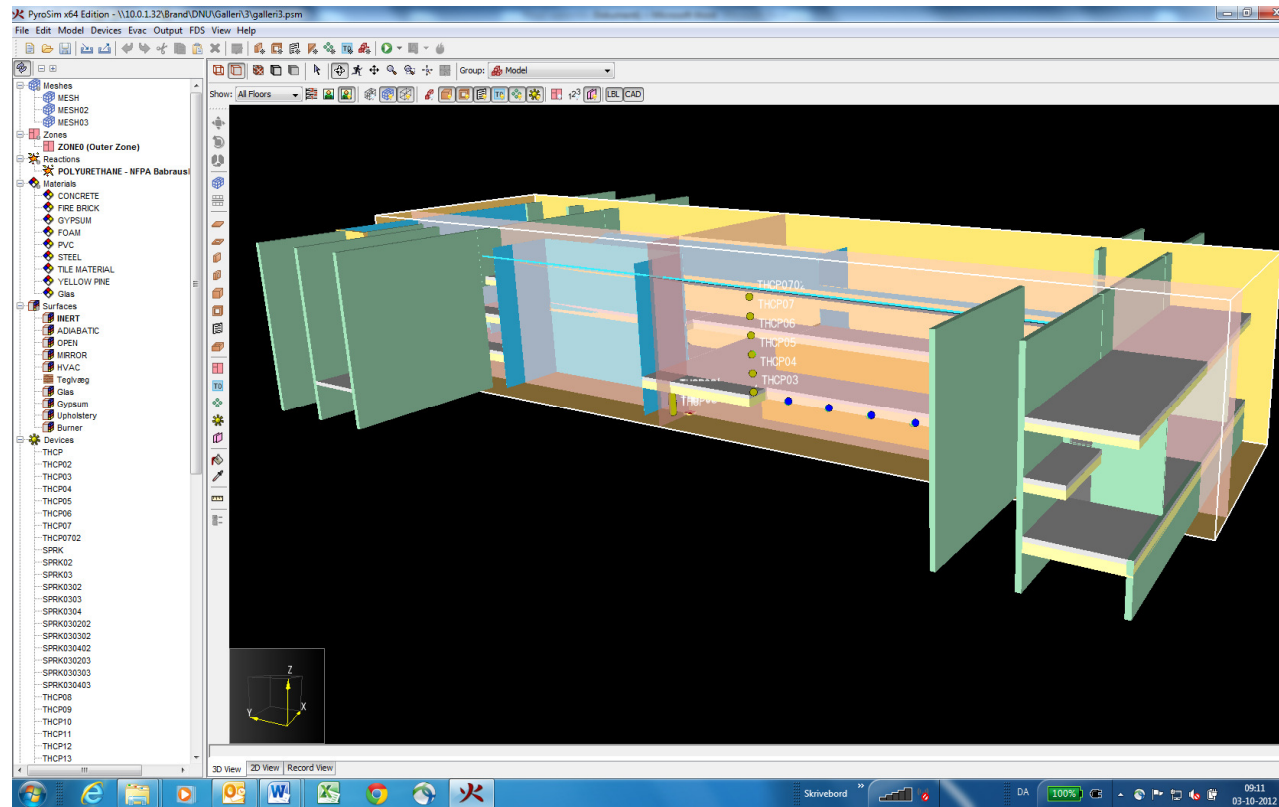
Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver





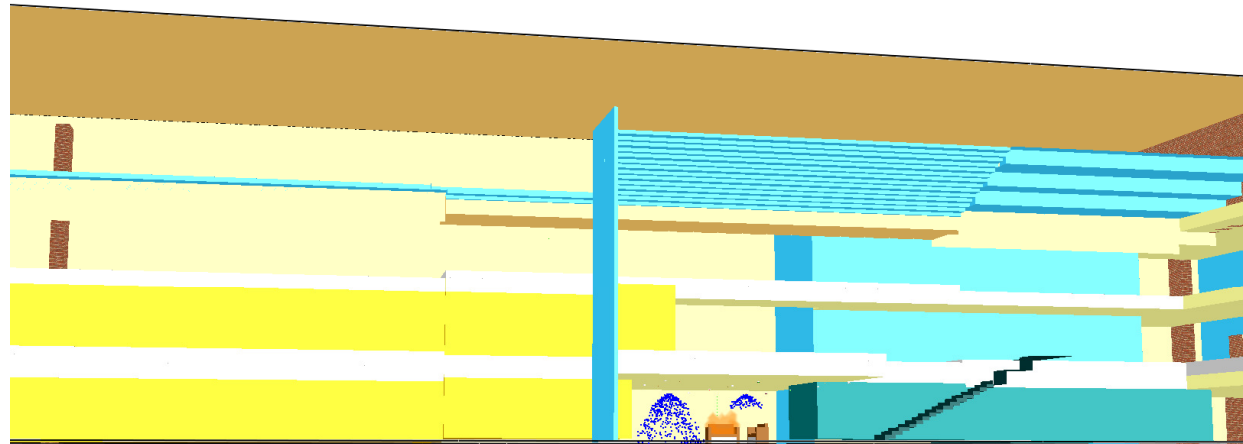




Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

galleri1
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



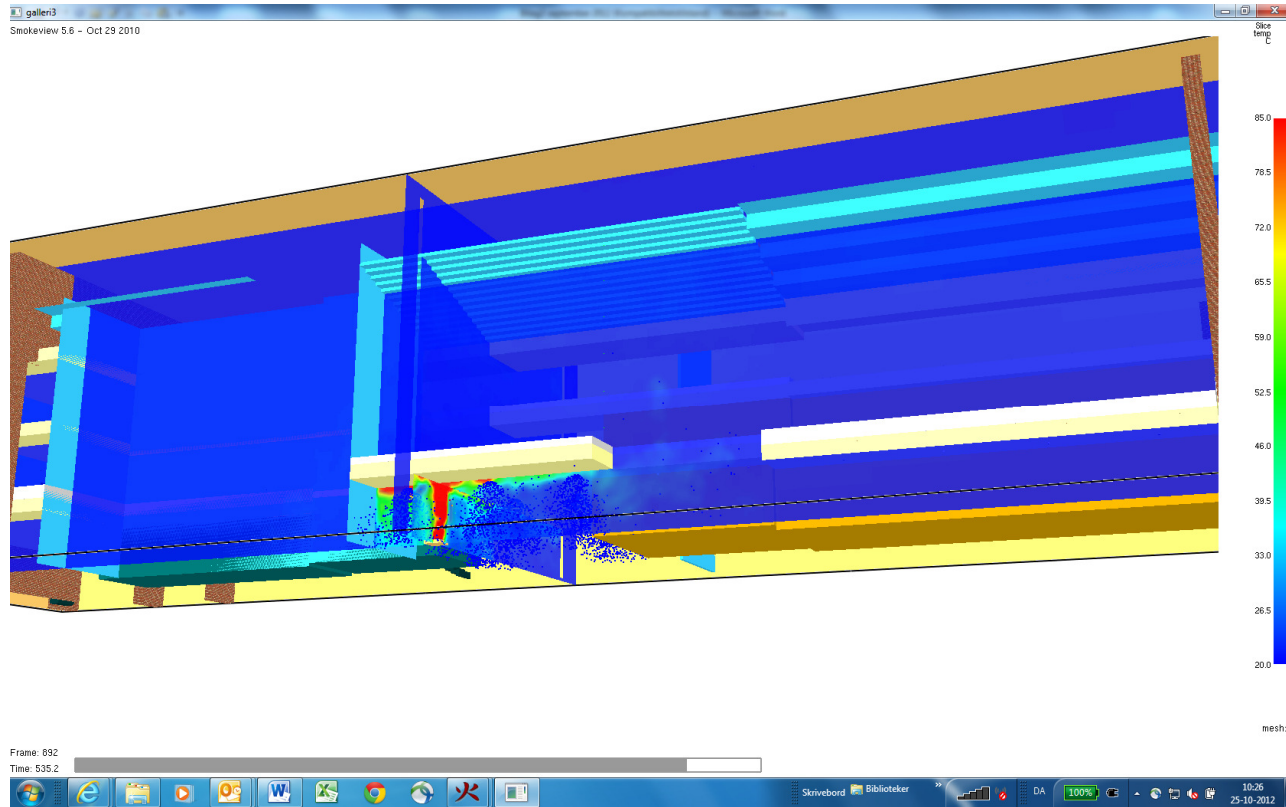
Frame: 78
Time: 20.7

>100 (kW/m³) mesh: 1

Skrivebord Biblioteker DA 100% 09:52 25-10-2012

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver



Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

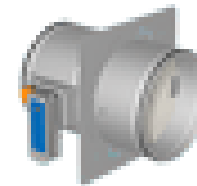
Vandtåge og ventilation

Traditionelt efter DS 428:

- Standsning af ventilationsanlæg i tilfælde af brand
 - Hindre at varme røggasser spredes via kanalsystemet
 - Hindre at aggregater ødelægges

Konsekvenser:

- Kræver omfattende brandisolering
- Kræver store mængder brandspjæld
- Kræver store mængder røgspjæld
- Kræver stor efterfølgende driftsbyrde



Vandtåge og ventilation

DNU-løsning:

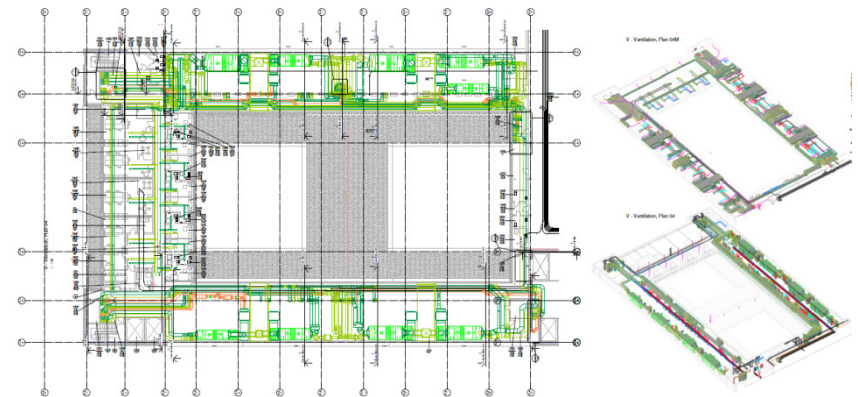
Som følge af vandtågeanlæggenes kølende effekt vil den maksimale temperatur i hovedkanalsystemerne ikke overstige 40°C og temperaturene i sidekanal ind til det brandramte rum vil max. komme op på 140°C i max. 8 sek.

Ventilatorer standses ikke under brand

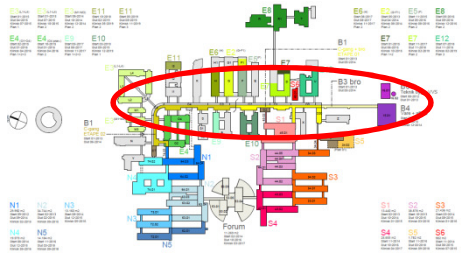
- Udsugning fortsætter uændret
- Indblæsning nedsættes med 10%

Konsekvens

- Der udføres *ikke* brandisolering
- Der udføres *få* brandspjæld
- Der udføres *ingen* røgspjæld
- Der pålægges *minimal* driftsbyrde



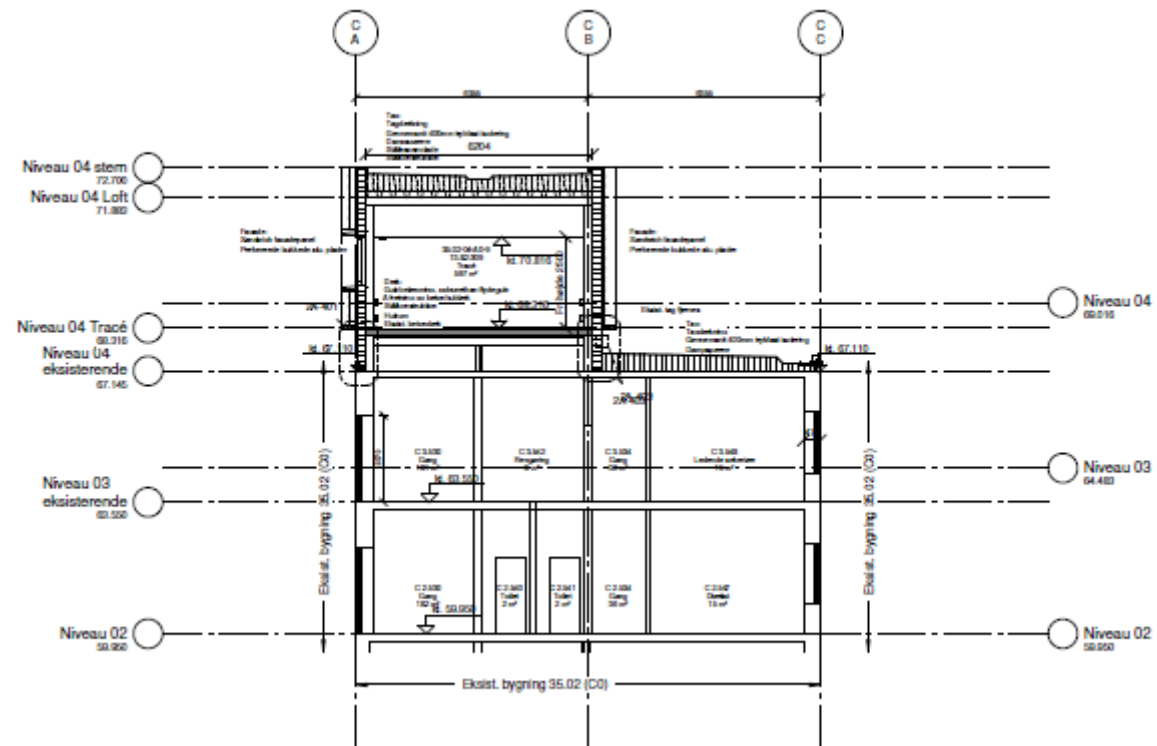
Røgstyring i logistiktrace på plan 4



Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

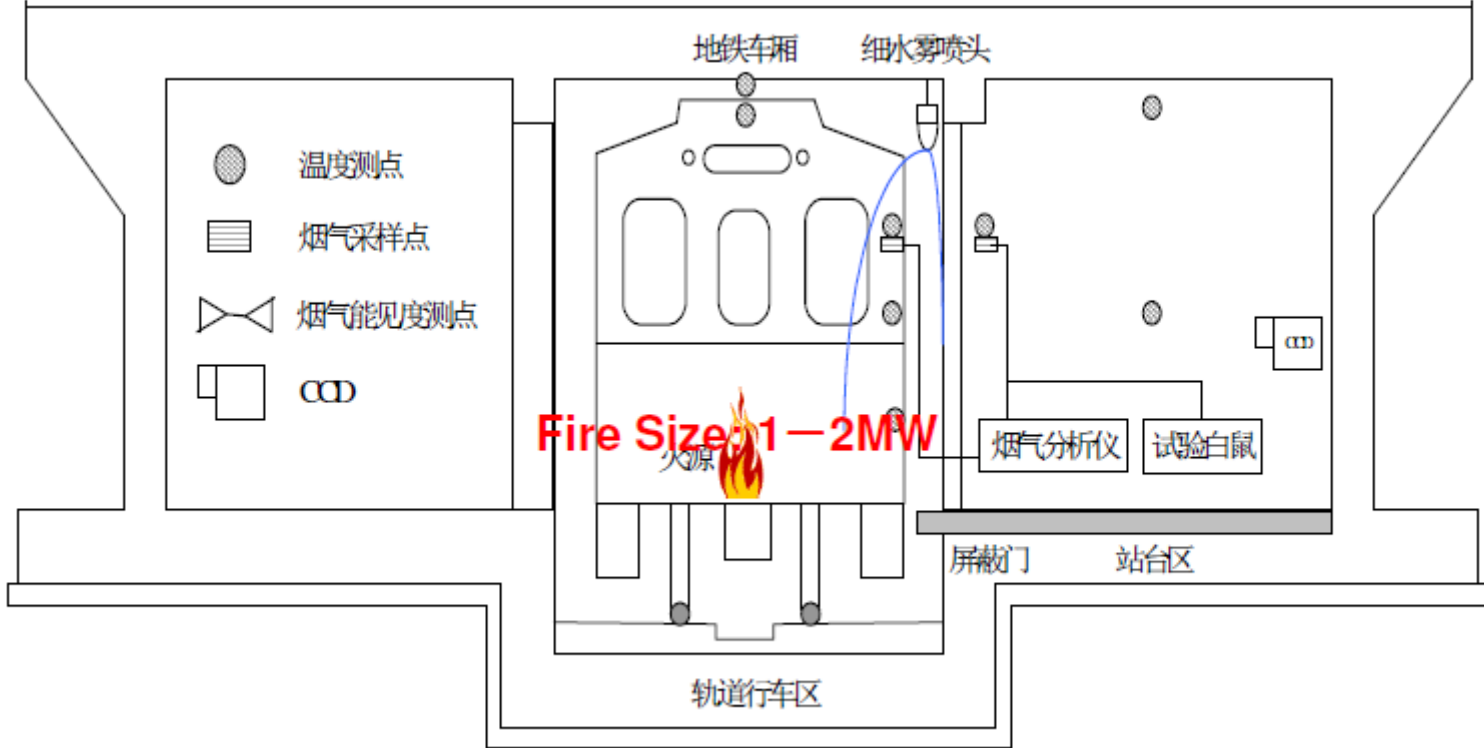
Røgstyring i logistiktrace på plan 4



Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Røgstyring i logistiktrace på plan 4



Insider passenger carriage



Insider passenger carriage



In platform



40% rabbits died in the fire passenger carriage, and all rabbits in the platform survived.

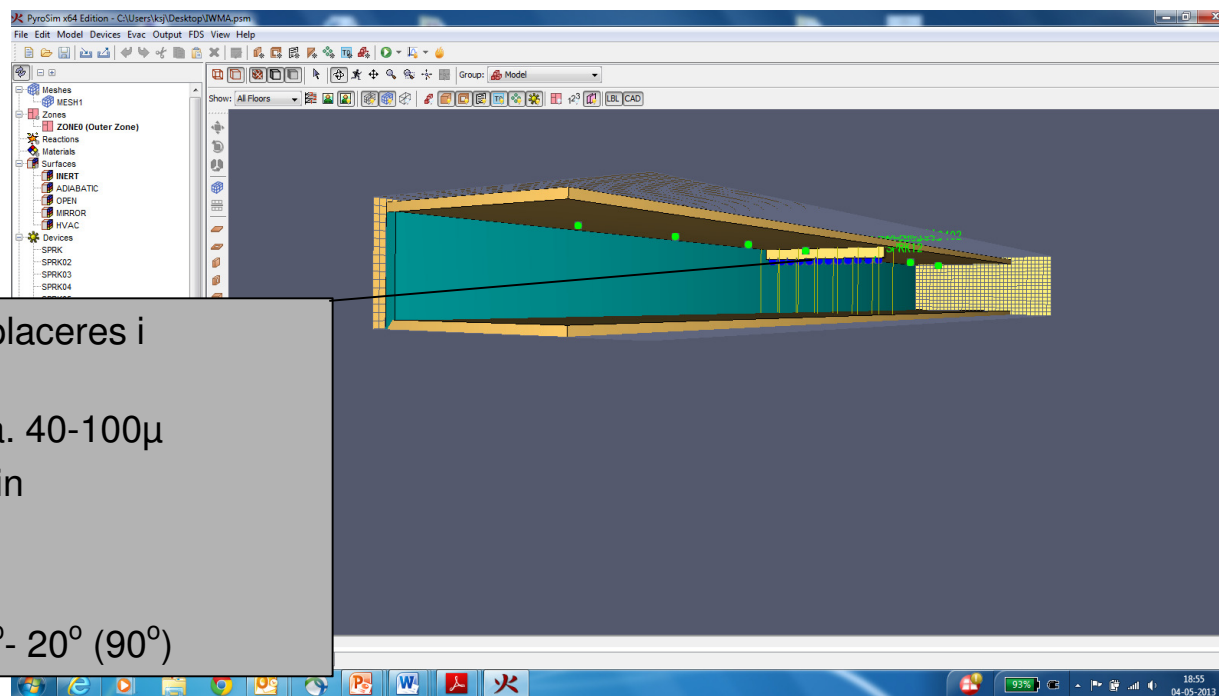


95% rabbits died in the tests without water mist protection

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Røgstyring i logistiktrace på plan 4



Alle områder dækkes af vandtåge, da vandtågen fordeler sig bedre end traditionel sprinkling (mange installationer under loft)

Røgopdeling af trace sker med vandtågegardiner og ikke røgtætte døre

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

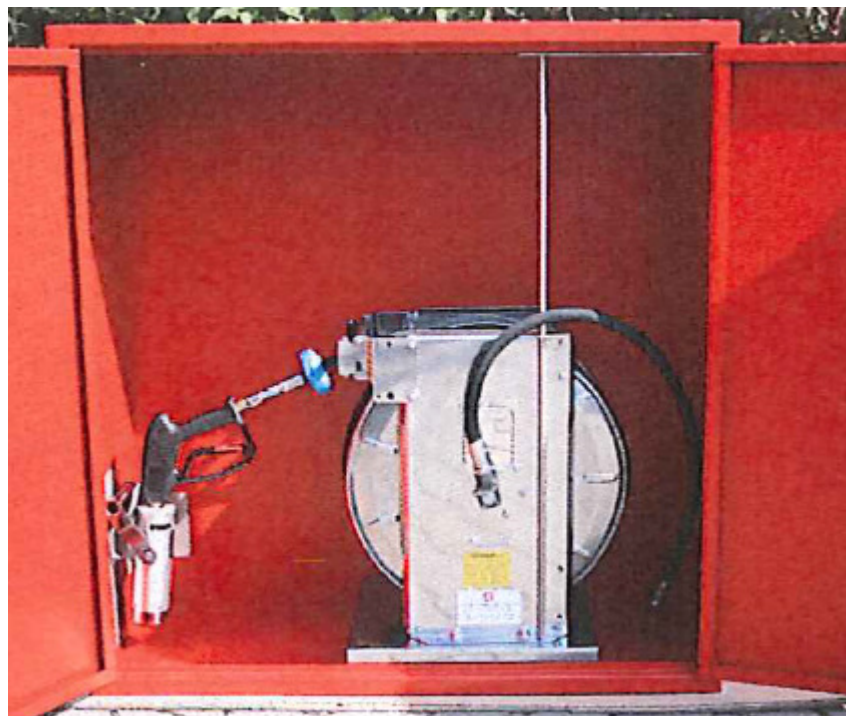
Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Integration af slangevinder

Integration af højtryksslangevinder betyder, at der ikke er sammenhæng med brugsvandssystemet.

Integration af højtryksslangevinder betyder, at der skabes optimale indsatsforhold for redningsberedskabet.

Integration af højtryksslangevinder betyder, at indsatsveje for redningsberedskabet kan øges.



Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver

Udbudsstrategi

Vægtning af tilbud skal ske ud fra funktionskrav og ikke pris, således at bedømmelse af tilbud kan ske ud fra brandstrategiens faglige krav.

Eksempel på vægtningskriterier:

- Dråbestørrelser
- Dysse-spacing
- Vandforbrug m²
- Arbejdstryk
- Systemgodkendelser
- Komponentgodkendelser
- Systemapplikationer

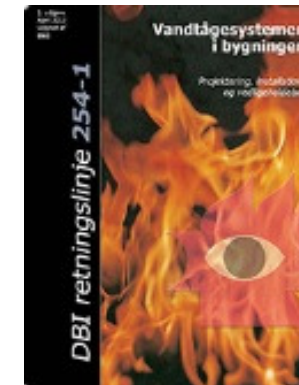
Anbefalinger (Bygherrer/rådgivere):

- Bygningens samlede sikkerhedsniveau beskrives via målbare acceptkriterier
- Brandtekniske installationer skal være rentable og bidrage til et højere sikkerhedsniveau
- Udvidet anvendelse af "Fire Risk Management"
- Beregninger, CFD og referencetests vurderes nøje og anvendes omhyggeligt
- Normer, Standarder, Retningslinier følges, hvor de er relevante – og hvor de giver mening
- Vandtågeapplikationer indtænkes i projektet allerede i de første faser (byggeprogram, dispositionsforslag)
- Vægtning af tilbud skal ske ud fra funktionskrav og ikke pris

251/4001



254-1 / 254-2



En bygnings beskyttelsesniveau betragtes objektivt ens – uanset om der er installeret et sprinkleranlæg eller et vandtågeanlæg – såfremt disse er udført efter DBI's Retningslinier.

Søren Jensen Rådgivende Ingeniørfirma

Kenneth Steenberg Jaquet
Brandrådgiver