



NOTAT

2007-12-04

Jour.: D63317100-239  
Sag: RE07344-3  
Init.: Lars Vædeled Roed  
E-mail: lvr@dbi-net.dk  
Dir.tlf.: 20 21 89 01

### Oplag af affald i containere hos Kommunekemi

Efter henvendelse fra Vagn Christiansen, Kommunekemi a/s, Lindholmvej 3, 5800 Nyborg, har Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI) udarbejdet dette notat angående oplag af affald hos Kommunekemi a/s.

#### Beskrivelse

Oplaget placeres på en eksisterende plads udendørs, som er befæstet. Oplaget vil bestå af fast affald indeholdende hexaklorbenzen (affald fra PVC-fremstilling), som kan være pakket i 100 eller 200 l tromler samt 1.000 l intermediate bulk containers (IBCs) eller 1.000 l flexible intermediate bulk containers (FIBCs). Chlorindholdet i affaldet kan være op til 70 %, for en nærmere beskrivelse af affaldet henvises der til Kommunekemis beskrivelse.

Ovennævnte pakninger oplagres i 20 fods containere.

Brandværdien for affaldet er for en række prøver målt til værdier omkring 10 MJ/kg, dvs. at der er tale om et materiale med en forholdsvis lav brandværdi.

Det samlede oplag vil være ca. 2.500 tons affald.

#### Problemstilling

DBI er blevet bedt om at lave en vurdering angående:

- Placering af oplag
- Den maksimale brandbelastning pr. m<sup>2</sup> for oplag af fast affald
- Den indbyrdes afstand mellem oplag af fast affald.

#### Lovgivning

Oplag af affald er omfattet af:

Tekniske forskrifter for træbearbejdning og træoplag, plastforarbejdning og plastoplag, korn- og foderstofvirksomheder, fremstilling og oplagring af mel, visse brandfarlige virksomheder og oplag, Statens Brandinspektion (nu Beredskabsstyrelsen), 1. februar 1990, med senere ændringer

## Vurdering

Omlaget vil bestå af 4 felter med størrelser som beskrevet i efterfølgende tabel.

Bredde	Længde	Areal
m	m	m <sup>2</sup>
13,00	30,00	390
13,00	45,00	585
13,00	45,00	585
20,00	30,00	600

De største felter vil således have et areal svarende til ca. 600 m<sup>2</sup>. Containerne stables ved siden af hinanden i containernes længderetning, med 2 stk. containere i hver række, placeret så åbningerne til containerne altid er tilgængelige. Felterne adskilles med mindst 10 m brede friarealer.

Containerne stables 2 stk. i højden.

Energiindholdet indenfor hvert felt vil, med en effektiv brandværdi på 10 MJ/kg, maksimalt være ca. 6.250 GJ.

Indretningen af oplaget er således baseret på de principper, der hidtil er blevet anvendt hos Kommunekemi a/s.

I forbindelse med indretning af lagerafsnit i det fri efter Tekniske forskrifter for træbearbejdning og træoplag, plastforarbejdning og plastoplag, korn- og foderstofvirksomheder, fremstilling og oplagring af mel, visse brandfarlige virksomheder og oplag må oplagring ske til en højde af højst 6 m over terræn.

Indrettes f.eks. et oplag af træ i en højde på op til 6 m fås en brandbelastning pr. m<sup>2</sup> på:

$$q = \rho \cdot h \cdot \Delta H$$

hvor;

q er brandbelastningen pr. m<sup>2</sup> [MJ/m<sup>2</sup>]

$\rho$  er vægtfylden for træ [kg/m<sup>3</sup>]

h er højden [m]

$\Delta H$  er den effektive brandværd for træ [MJ/kg]

$$q = 500 \cdot 6 \cdot 15 = 45.000 \text{ MJ/m}^2$$

Den maksimale brandbelastning for oplag af faste stoffer vil således være ca. 45.000 MJ/m<sup>2</sup> (45 GJ/m<sup>2</sup>) efter de Tekniske forskrifter. Plastprodukter har typisk en højere brændværdi end træ, men vil ofte være oplagret, pga. plast emnernes udformning, med en større andel af spildplads (frirum), hvorfor brandbelastning ikke forventes at være større end for træ. Desuden vil den gennemsnitlige brandværdi for det affald der skal oplagres, ligge tæt på brandværdien for træ.

Det anbefales på den baggrund at indrette oplaget, så brandbelastningen ikke overstiger 45 GJ/m<sup>2</sup>.

I Tekniske forskrifter for træbearbejdning og træoplag, plastforarbejdning og plastoplag, korn- og foderstofvirksomheder, fremstilling og oplagring af mel, visse brandfarlige virksomheder og oplag angives, at lagerafsnit skal opdeles for max. hver 400 m<sup>2</sup> (dog max. 1.200 m<sup>3</sup>) med mindst 3 m brede friarealer og for max hver 2.000 m<sup>2</sup> med mindst 7 m brede friarealer. Ved stabling i større højde end 3 m over terræn skal der dog udlægges 7 m bredde friarealer for max hver 1.000 m<sup>2</sup>. De angivne 3 m brede friarealer har til formål at sikre redningsberedskabet mulighed for at trænge ind i et lagerafsnit med henblik på at foretage slukning og evt. afgrænse en brand. De 7 m bredde friarealer har desuden til formål at mindske brandspredning i forbindelse med større lagerafsnit.

I det følgende foretages en vurdering af ved, hvilken afstand der kan ske brandspredning mellem 2 parallelt placerede felter med affald.

Brandspredning på større afstande vil primært ske pga. varmestråling fra flammerne, derfor beregnes flammehøjden og afstanden til det kritiske strålingsniveau for brandspredning.

#### Flammehøjde

Det forudsættes, at et helt felt på 13 m X 45 m med oplag, er blevet antændt.

Højden af flammerne for et aflangt bål (felt), som der er tale om i dette tilfælde, kan beregnes af:

$$L = 0,035 \left( \frac{Q}{B} \right)^{2/3}$$

hvor;

Q er brandeffekten [kW]

B er den længste side af bålet (feltet) [m]

Brandeffekten kan bestemmes vha.:

$$Q = A \cdot m'' \cdot \Delta H$$

hvor;

A er arealet af bålet [m<sup>2</sup>]

m'' er forbrændingshastigheden pr. areal [kg/m<sup>2</sup>s]

ΔH er brandværdien [MJ/kg] (maksimalt 10 MJ/kg i følge det oplyste)

$$Q = 13 \cdot 45 \cdot 0,01 \cdot 10 = 60 \text{ MW} = 58.500 \text{ kW}$$

Højden af flammerne bliver derved:

$$L = 0,035 \cdot \left( \frac{58500}{45} \right)^{2/3} \approx 4,2 \text{ m}$$

Højden af flammerne vil således være ca. 4 - 5 m, hvilket stemmer fint overens med, at forsøg og erfaringer fra brande med en større udstrækning, har vist, at højden flammerne typisk vil være noget mindre en den vandrette udstrækning af branden. Desuden har de produkter, der ønskes oplagret en forholdsvis lille brandværdi.

### Varmestråling

Brandspredning på større afstande sker, som nævnt tidligere, primært som følge af varmemestråling. Det kritiske niveau for brandspredning via varmemestråling sættes normalvis til  $15 \text{ kW/m}^2$ , dvs., at hvis dette varmemestrålingsniveau overskrides vil letantændelige brændbare materialer kunne antændes.

Størstedelen af den varmemestråling, der udsendes fra en brand i det fri, stammer fra flammeregionen, idet temperaturen af røggasserne er væsentlig lavere end temperaturen i flammeregionen. Ved de efterfølgende beregninger ses der derfor bort fra varmemestrålingen fra røggasserne.

Varmestrålingsniveauet kan beregnes af:

$$q = \phi \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

hvor;

$\phi$  er synsfaktoren [-]

$\varepsilon$  er emmissiviteten [-]

$\sigma$  er Stefan-Boltzmann's konstant [ $\text{kW/m}^2\text{K}^4$ ]

T er temperaturen [K]

Synsfaktoren, som også kaldes for vinkelforholdet, afhænger bl.a. af afstanden mellem flammerne og det objekt, som modtager varmemestrålingen. Jo tættere flammerne er på det modtagende objekt, desto større vil flammer virke i objektets synsfelt, dvs. at synsfaktoren vil være stor. Emmissiviteten for brande med en diameter større end 1 - 2 m kan normalt sættes til,  $\varepsilon = 1$ . Gennemsnitstemperaturen af flammerne for en brand i faste materialer vil typisk være ca.  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  svarende til,  $T = 1100 \text{ K}$ . Den maksimale tilladelige synsfaktor beregnes derved til:

$$\phi = \frac{15}{1,5,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1100^4} = 0,18$$

Synsfaktoren for et punkt (P) i afstanden (c) parallelt på det ene hjørne af en flade med højden (a) og bredden (b) kan beregnes af:

$$\phi = \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \tan^{-1} \left( \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \right]$$

hvor;

a er højden [m]

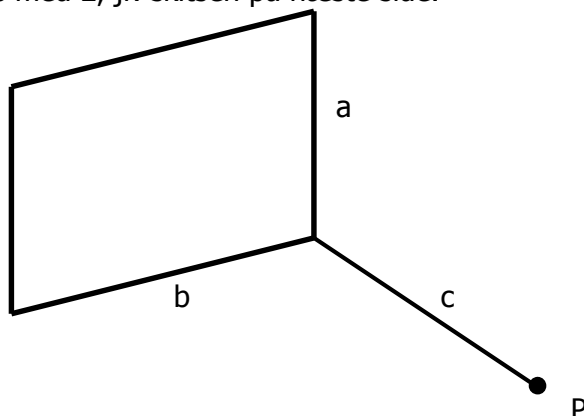
b er bredden [m]

c er afstanden [m]

$x = a/c$

$y = b/c$

I dette tilfælde er "a" lig højden af flammerne og "b" lig den halve bredde af bålet (den længste side af feltet). Dvs. at et punkt modtager stråling fra i alt 2 rektangler, hvorfor ovenstående formel ganges med 2, jf. skitsen på næste side.



$$0,18 = 2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi} \left[ \frac{4,2/c}{\sqrt{1+(4,2/c)^2}} \tan^{-1} \left( \frac{23/c}{\sqrt{1+(4,2/c)^2}} \right) + \frac{23/c}{\sqrt{1+(23/c)^2}} \tan^{-1} \left( \frac{4,2/c}{\sqrt{1+(23/c)^2}} \right) \right]$$

⇓

$$c \approx 10,4 \text{ m}$$

Dvs. indenfor en afstand af ca. 10 - 11 m vil varmestrålingsniveauet overstige 15 kW/m<sup>2</sup>, hvorved der er mulighed for antændelse af brændbart materiale.

Såfremt der holdes en afstand på mindst 10 - 11 m mellem oplagene for den længste sidebredde vil muligheden for brandspredning være begrænset.

Der er taget udgangspunkt i, at branden spredes til et helt felt inden den bliver opdaget, idet en del af oplaget er placeret i ståltromler, vil brandspredning forløbe langsomt med gode muligheder for at opdage branden inden et helt felt antændes.

Desuden vil en evt. slukningsindsats fra redningsberedskabet kunne begrænse brandens størrelse og mindske sandsynligheden for brandspredning.

Det er ikke et funktionskrav i Tekniske forskrifter, på baggrund af de friarealer der foreslås, at brandspredning mellem de enkelte felter helt skal kunne hindres ved at holde afstand indenfor et oplag.

På den baggrund anbefales det at holde en afstand på mindst 10 m mellem oplagene for den længste sidelængde af et felt og en afstand på mindst 5 m mellem oplagene for den korteste sidelængde for at mindske brandspredning mellem de enkelte oplag/felter.

Det er en forudsætning for ovenstående, at der er tale om hovedsagligt faste stoffer, som ikke flyder ud i tilfælde af, at der går hul på de plast- eller ståltromlerne, som de opbevares i.

## **Konklusion**

Oplag af affald indrettes og opdeles, som beskrevet i ovenstående, der henvises til tegninger udarbejdet af Kommunekemi.

Det anbefales:

- at indrette oplaget af fast affald så brandbelastningen ikke overstiger  $45 \text{ GJ/m}^2$ .
- at holde en afstand på mindst 10 m mellem oplagene for den længste sidelængde af et felt og en afstand på mindst 5 m mellem oplagene for den korteste sidelængde af et felt for at mindske brandspredning mellem de enkelte oplag
- at holde en afstand på mindst 15 m mod bygninger og andre brandfarlige objekter for at hindre brandspredning.

Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut

Lars Vædeled Roed