

B I R C H & K R O G B O E

Udvikling af metodikker til elbesparende ventilation i områder med risiko for brand eller farlige dampe

Elfor PSO 2004

Forskning og Udvikling indenfor effektiv elanvendelse

Projektnummer: 336-059

rev. 1, november, 2006

Projektet er udarbejdet af:

- *Birch & Krogboe A/S*
- *Beredskabsstyrelsen*
- *Alpharma ApS*
- *Cheminova A/S*
- *Novo Nordisk A/S*
- *Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI)*
- *Foreningen af Kommunale Beredskabschefer*
- *NESA A/S*

Indholdsfortegnelse

RESUME	5
1 INDLEDNING.....	7
1.1 FORMÅL OG BAGGRUND	7
1.2 PROJEKTINDHOLD	8
2 KORTLÆGNING	10
2.1 KORTLÆGNING AF ELFORBRUG TIL EX-VENTILATION	10
2.2 BRANCHER MED EX-VENTILATION	12
2.2.1 Brandfarlige væsker	12
2.2.2 Brandfarlige gasser.....	13
3 KLASSIFIKATION OG VENTILATION I EX-OMRÅDER	14
3.1 BAGGRUND.....	14
3.2 DEFINITIONER FOR EKSPLOSIONSFARLIGE OMRÅDER	15
3.3 KAN DE ANVENDTE PRODUKTER AFGIVE EKSPLOSIONSFARLIGE DAMPE?.....	16
3.4 METODE TIL KLASSIFIKATION AF EKSPLOSIONSFARLIGE OMRÅDER.....	16
3.4.1 Udslipsgrad.....	16
3.4.2 Ventilationsgrad.....	17
3.4.3 Ventilationens tilgængelighed.....	18
3.5 SAMMENFATNING	20
4 METODIK TIL VURDERING AF MULIGHED FOR ENERGIBESPARELSER	21
4.1 VURDERING AF POTENTIALET FOR BESPARELSE PÅ VENTILATION.....	21
4.2 VURDERING AF KRÆVET YDELSE FOR VENTILATIONEN	23
5 ANVENDELSE AF DEN OPSTILLEDE METODIK	24
5.1 CHEMINOVA - TAPPERI NORD	24
5.1.1 Beskrivelse af indretning, anlæg, ventilation og produktdata.....	24
5.1.2 Vurdering af potentiale for besparelse gennem anvendelse af metodik.....	25
5.1.3 Formål og beskrivelse af ventilationsforsøg.....	29
5.1.4 Gennemførelsen.....	29
5.1.5 Besparelspotentiale.....	30
5.1.6 Konklusion.....	31
5.1.7 Klassifikation af eksplosionsfarlige områder	31
5.2 ALPHARMA - BLANDERUM.....	32
5.2.1 Beskrivelse af indretning, anlæg, ventilation og produktdata.....	33
Produktdata mm for ethanol:.....	33

5.2.2	<i>Vurdering af potentiale for besparelse gennem anvendelse af metodik</i>	34
5.2.3	<i>Konklusion</i>	35
5.2.4	<i>Klassifikation af eksplosionsfarlige områder</i>	36
5.3	ALPHARMA - PRODUKTIONSNUM.....	38
5.3.1	<i>Beskrivelse af indretning, anlæg, ventilation og produktdata</i>	39
	<i>Produktdata mm for methanol:</i>	39
5.3.2	<i>Vurdering af potentiale for besparelse gennem anvendelse af metodik</i>	39
5.3.3	<i>Konklusion</i>	44
5.3.4	<i>Klassifikation af eksplosionsfarlige områder</i>	45
6	PERSPEKTIVERING SAMT ANBEFALINGER TIL VIDERE ARBEJDE	46
6.1	POTENTIALE FOR ELBESPARELSER	46
6.2	HVORLEDES KAN BESPARELSERNE REALISERES	47
6.2.1	<i>Virksomhederne selv</i>	47
6.2.2	<i>Rådgivende virksomheder</i>	48
6.2.3	<i>Energirådgivere</i>	48
6.2.4	<i>Producenter og forhandlere af EX-udstyr</i>	49
6.2.5	<i>Myndigheder</i>	49
7	KONKLUSION	51
8	REFERENCER	54
8.1	REFERENCER FRA HOVEDRAPPORT.....	54
8.2	REFERENCER FRA BILAG	54
	BILAG 1: FORHOLD AF BETYDNING FOR VENTILATIONSBEHOVET	55
B.1.1:	DESIGN AF VENTILATION	55
	<i>B.1.1.1: Indkapsling</i>	55
	<i>B.1.1.2: Luftstyring</i>	56
B.1.2:	VALG AF KOMPONENTER	57
	<i>B.1.2.1: Pumper</i>	57
	<i>B.1.2.2: Reguleringsventiler</i>	58
B.1.3:	TEKNISKE ANLÆG OG FORANSTALTNINGER TIL BEGRÆNSNING AF UDSLIP	58
	<i>B.1.3.1: Gasdetektering</i>	58
	<i>B.1.3.2: Inertering</i>	59
	<i>B.1.3.3: Automatisk nedlukning af anlæg ved svigtende ventilation</i>	59
	BILAG 2: UDSLIPSRATER FRA UDSTYR	60
B.2.1:	GENERELT.....	60
B.2.2:	PAKDÅSE PÅ PUMPER	61

B.2.2.1: Centrifugalpumpe med enkelt pakdåse	61
B.2.2.2: Centrifugalpumpe med dobbelt pakdåse	62
B.2.2.3: Membranpumpe	63
B.2.2.4: Magnetkoblede pumper	63
B.2.3: PAKNINGER PÅ VENTILER OG I FLANGESAMLINGER	63
B.2.3.1: Ventiler med enkelt pakning	63
B.2.3.2: Ventiler med bælgætning	63
B.2.3.3: Pakninger i flangesamling	64
B.2.4: HULSTØRRELSER - SAMMENFATNING	65
B.2.5: BEREGNING AF STØRRELSEN AF UDSLIPPET GENNEM EN GIVEN HULSTØRRELSE	65
BILAG 3: VENTILATIONSBEHOVETS INDFLYDELSE PÅ VALG AF KOMPONENT.....	67
B.3.1: INDLEDENDE FORUDSÆTNINGER	67
B.3.1.1: Rumdimension	67
B.3.1.2: Pumpeydelse	67
B.3.1.3: Pumpet medie	67
B.3.1.4: Klassifikation	67
B.3.1.5: Fordampning fra væskeoverflade	67
B.3.2: VENTILATIONSBEHOV AFHÆNGIG AF PUMPETYPE	68
B.3.2.1: Centrifugalpumpe med enkelt pakdåse	68
B.3.2.2: Magnetkoblet pumpe og centrifugalpumpe med dobbelt pakdåse og overvågning	69
B.3.3: KONKLUSION	69
BILAG 4: FORDAMPNING FRA FRIE VÆSKEOVERFLADER.....	70
B.4.1: BESKRIVELSE AF METODE TIL BEREGNING AF FORDAMPNING	70
B.4.2: EKSEMPLER PÅ STOFFERS DAMPTRYK	71
B.4.3: EKSEMPLER PÅ FORDAMPNINGSRATER	71

Resume

Denne rapport dokumenterer de erfaringer og resultater, der er opnået gennem projektet "Udvikling af metodikker til elbesparende ventilation i områder med risiko for brand eller farlige dampe". Projektet er gennemført under Elfor PSO ordningen i 2004, hvor en stor del af projektfianseringen er opnået. Den resterende andel er sket gennem egenfinansiering fra samtlige af de medvirkende projektparter.

Rapporten henvender sig primært til bevillingsgiverne. Sekundært henvender rapporten sig til virksomheder og personer, der ser en mulighed i at identificere, om de nye regler under ATEX-direktivet giver mulighed for opnåelse af energibesparelser på EX-ventilationen. På samme vis henvender rapporten sig til rådgivere, herunder elselskabernes energirådgivere, som kan have en væsentlig indflydelse på, hvorvidt en virksomhed realiserer muligheden for besparelser.

Projektets formål var at udvikle metoder til at vurdere, hvorledes elforbruget til ventilationen i områder med risiko for brand og farlige stoffer, sikkerheds- og brandmæssigt forsvarligt, kan minimeres og styres efter behov, ud fra en nuanceret og risikobaseret vurdering samt eventuelt gennem målinger. Det var tillige projektets formål at demonstrere anvendelsen af metodikken på flere virksomheder, herunder også redegøre for de opnåede energibesparelser.

Årsagen til, at dette er blevet muligt skyldes en ændring i reglerne om principperne for klassifikation. Således baseres klassifikation og ventilation i EX-områder nu på den nye "Bekendtgørelse nr. 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder". Der lægges her op til en individuel funktionsbaseret risikovurdering. Det giver mulighed for, at ventilationen dimensioneres ud fra en analyse på grundlag af de pågældende stoffers egenskaber og brug, således at en tilfredsstillende brandsikkerhed opnås. De arbejdsmiljømæssige krav til grænseværdier skal også tilgodeses ligesom det efter Arbejdstilsynets regler skal sikres, at der ikke sker unødigt påvirkning af personer. Projekt har været gennemført i samarbejde med lovgivende og kontrollerende myndigheder.

Den overordnede konklusion er, at der er udviklet en systematisk metode til at gennemgå en virksomheds EX-områder med speciel fokus på, om det er muligt at reducere energiforbruget til ventilation. Metoden er testet på EX-rum hos virksomhederne Cheminova og Alpha. Under dette forløb er metodikken tilrettet til den nuværende form. Metodikken er papirbaseret, og er retningsgivende for hvilke muligheder for energibesparelser der er på de specifikke anlæg. Metodikken kan dog ikke anvendes isoleret set, men kræver kendskab og anvendelse af den nye bekendtgørelse samt i særdeleshed den tilhørende vejledning fra Beredskabsstyrelsen samt den europæiske standard for klassifikation af eksplosionsfarlige områder (DS/EN 60079-10).

Kapitel 2 er en kortlægning af elforbruget til EX-ventilation i Danmark. Resultatet af kortlægningen er, at det vurderes, at elforbruget til EX-ventilation er ca. 94 GWh. Det har ikke været muligt at opdele forbruget korrekt på brancher I stedet indeholder kapitlet en opstilling af brancher, hvor der forventeligt vil kunne findes EX-ventilation i større eller mindre grad.

I kapitel 3 gives en kort baggrund for klassifikation og EX-ventilation samt om de ændrede regler der ligger til grund for, at frihedsgraderne til at bestemme "forholdet" mellem klassifikation og ventilation er øget. Endelig gives en kort introduktion til nødvendige begreber som: klassifikation, zoner, ventilationsgrad og ventilationens tilgængelighed.

I kapitel 4 præsenteres den udviklede metodik til identifikation af mulighederne for energibesparelser på ventilationen i EX-områder. Metodikken er udviklet på baggrund af den eksisterende metodik til klassifikation. I den eksisterende metodik har der imidlertid aldrig været fokus på muligheden for at mindske udgifterne til ventilation. Den nye metodik udvider således mulighederne i virksomhederne for at optimere forholdet mellem klassificering - og de dertil hørende krav om ventilation og udstyr - og driftsbesparelser på ventilation.

Kapitel 5 består af 3 cases, hvor metodikken ses i anvendelse. Formålet med casene var således dels at vise metodikken i anvendelse og dels at give eksempler på, hvilke muligheder for energibesparelser der kan opnås. Hertil kommer naturligvis, at metodikken løbende er justeret ved anvendelse af de 3 cases. Metodikken er således udviklet som en iterativ proces gennem forløbet af casene. De tre cases viser generelt besparelsesmuligheder på 60-90% af elforbruget og lignende besparelser på varmekonsumet. Dette omfang vil dog næppe kunne realiseres generelt, men der vil være mange anlæg hvor dette vil kunne ske.

I kapitel 6 redegøres for besparelsespotentialer. I kapitlet peges på, at det "teoretiske" mulige besparelsespotentialer er vurderet til 47 GWh svarende til ca. 50% af det totale forbrug til EX-ventilation i Danmark. Potentialer er dog ikke mere teoretisk end at det er opnået i de 3 cases gennemgået i projektet. Set mere realistisk, vurderes det dog, at besparelsespotentialer er 24 GWh svarende til ca. 25% af det samlede forbrug.

I kapitlet peges endvidere på, at besparelsespotentialer ikke umiddelbart realiseres så let. Årsagen skyldes, at personer i virksomheder med EX-ventilation, der laver klassifikationen, ikke typisk har indblik i, at der samtidig kan opnås energibesparelser. Myndighederne der forholder sig til de APV'er, som virksomhederne selv udarbejder, har heller ikke incitament til at påpege muligheden, da fokus for den udarbejdede APV er på arbejdsmiljø og ikke på energibesparelser. Konsulenter, der rådgiver virksomhederne, samt energiselskabernes energirådgivere har derimod oplagt mulighed for at påpege muligheden for energibesparelser. Da mange af energibesparelserne tilmed kan realiseres uden større omkostninger og uden redu-

ceret sikkerhedsniveau, er det et oplagt emne for energiselskaberne - specielt nu, når varmebesparelser kan medtages i opgørelsen af besparelserne.

1 Indledning

1.1 Formål og baggrund

Farlige dampe og væsker forekommer til tider i arbejdsrum ved forskellige produktionsanlæg, laboratorier eller kemikalieoplag mv. Dampe og væsker kan ligeledes forekomme i lukkede produktionsanlæg således, at der skal ske et utilsigtet udslip før de når ud i arbejdslokalet. I andre tilfælde frigives dampe som et normalt led i driften. Dette er for eksempel tilfældet med fordampning af opløsningsmidler ved en åben limnings eller lakeringsproces. Dampenes farlighed kan bero på deres sundhedsskadelige virkning og/eller, at de kan give anledning til brand eller eksplosion.

Det har været sædvane, og i mange tilfælde lovkrav, at sådanne områder uden nærmere begrundelse eller dimensionering blev ventileret med et fast luftskifte bestemt som et antal gange rumvolumenet pr. time eller som en bestemt minimal lufthastighed i rummet. Det har eksempelvis betydet, at mindre anlæg med begrænset afgasningsoverflade, har haft samme krav til ventilering som store anlæg med en stor overflade.

Denne form for dimensionering har ofte medført et luftskifte på mellem 30 og 60 gange i timen i visse tilfælde langt højere luftskifter. Energiforbruget i disse ventilationsanlæg er selvsagt stort, både til de eldrevne ventilatorer og til opvarmning af erstatningsluft.

Som følge af et europæisk direktiv om arbejdstagers sikkerhed ved arbejde i eksplosionsfarlige områder, har Indenrigs- og Sundhedsministeriet udsendt „Bekendtgørelse nr. 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder“. Bekendtgørelsen trådte i kraft 1. juli 2003, og har medført en række ændringer af principperne for klassifikation. Således er kravene til klassifikation og ventilation taget ud af de tekniske forskrifter, og der henvises alene til den nye bekendtgørelse. Af bekendtgørelsen fremgår det, at der skal gøres brug af en individuel funktionsbaseret risikovurdering. Det giver mulighed for, at ventilationen dimensioneres ud fra en analyse på grundlag af anvendte stoffers egenskaber og brug, således at en tilfredsstillende brandsikkerhed opnås. De arbejdsmiljømæssige krav til grænseværdier skal også tilgodeses ligesom det efter Arbejdstilsynets regler skal sikres, at der ikke sker unødigt påvirkning af personer - også selv om grænseværdier er overholdt.

Muligheden for at dimensionere ventilationen efter individuelle forhold, medfører et stort potentiale for elbesparelser til ventilation, og som følge heraf et stort potentiale for varmebesparelser. Det kan forventes at mange virksomheder har mulighed for at reducere energiforbruget til ventilation betydeligt afhængigt af processen - visse virksomheder vil muligvis

også have behov for at øge ventilationen. Den nye bekendtgørelse giver således en række nye muligheder for danske virksomheder, men rejser samtidigt en række spørgsmål, såsom:

- Hvorledes kan opgaven angribes og dokumenteres?
- Hvilke tekniske løsninger kan anvendes?
- Vil de kontrollerende myndigheder godkende nye løsningsmetoder?
- Hvad er energisparepotentialet?

Mulighederne i den nye bekendtgørelse er i høj grad rettet mod virksomheder med lukkede eller delvist lukkede anlæg. Ventilationsbehovet i virksomheder med store åbne anlæg vil i langt højere grad være bestemt af sundhedsmæssige grænseværdier. Grænseværdierne er her som regel væsentligt lavere end de brandtekniske grænseværdier.

Det har været dette projekts formål at udvikle metoder til at vurdere samt demonstrere hvorledes elforbruget til ventilationen i områder med risiko for brand og farlige stoffer, sikkerheds- og brandmæssigt forsvarligt, kan minimeres og styres efter behov, ud fra en mere nuanceret og risikobaseret vurdering samt gennem måling af stofkoncentrationer. Det bemærkes i den forbindelse, at det efter Arbejdstilsynets regler både skal sikres at grænseværdier overholdes og at der ikke sker unødigt påvirkning af personer som følge af ændringerne. Projektet har været gennemført i samarbejde med lovgivende og kontrollerende myndigheder, for at sikre en afdækning af de grænseflader der vil opstå ved den ændrede og mere nuancerede tilgangsvinkel.

1.2 Projektindhold

Projektet har fulgt følgende faseindhold:

1. Kortlægning af hvilke brancher der er berørt af den nye bekendtgørelse, herunder også anslå hvor stort energiforbruget til ventilation i områder med EX-ventilation er
2. Udvikling- og videreudvikling af eksisterende værktøjer til identifikation af besparelsesmuligheder i områder med EX-ventilation
3. Valg af anlæg samt udarbejdelse af analyse og/eller risikovurdering
4. Optimering og implementering af mere hensigtsmæssig dimensionering samt styrings- og reguleringsformer
5. Målinger og beregninger af resultaterne af de implementerede ændringer
6. Formidling af projektresultater og afrapportering

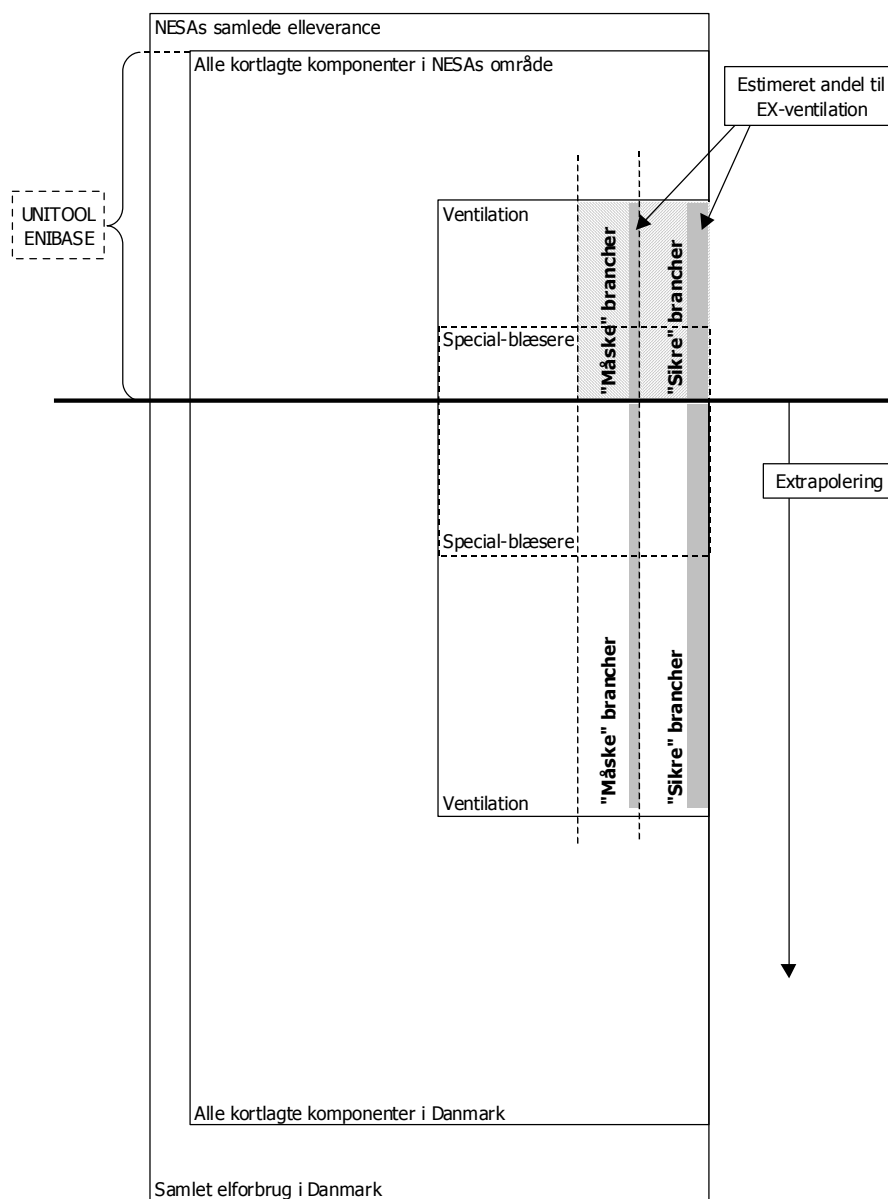
Der henvises til projektansøgningen /1/ og /2/ for en detaljeret beskrivelse af det oprindelige projektkoncept. Med udgangspunkt i denne korte beskrivelse af projektet, omhandler resten af denne rapport resultaterne af projektafviklingen.

2 Kortlægning

2.1 Kortlægning af elforbrug til EX-ventilation

Formålet med kortlægningen er at finde det samlede årlige elforbrug til EX-ventilation i Danmark, således at man kan bestemme besparelspotentialet for de indsatsområder som projektet finder frem til.

Udgangspunktet for kortlægningen er anvendelse af data fra elselskabernes database for spareindsats (DSM) også kaldet Unitool (tidligere Enibase). Ved kortlægningen er anvendt data fra NESAs forsyningsområde. Resultatet er herefter ekstrapoleret op til resten af Danmark. Modellen for kortlægningen fremgår af figur 2.1.



Figur 2.1. Anvendt metodik til kortlægning af elforbrug til EX-ventilation.

Af figur 2.1 er det søgt illustreret, at kortlægningen er foretaget ved følgende kronologiske fremgangsmåde:

1. Udtræk med søgekriterierne: Komponentforbrug, Anvendelse "Ventilation".
2. Udtræk med søgekriterierne: Komponentforbrug, Anvendelse "Proces Special blæsere".

Resultatet af denne søgning gav 948 poster i listen, og det samlede kortlagte forbrug er 454 GWh/år til ventilation og specialblæsere i NESA's forsyningsområde, hvilket svarer til 12% af det totalt kortlagte forbrug for segmentet "ikke bolig".

Grundet løbende ændringer i databasen kan der ikke umiddelbart foretages et fuldautomatisk udtræk omkring anvendelse af EX-ventilation og der er derfor foretaget en manuel viderebearbejdning af data. Den manuelle bearbejdning gav anledning til at inddele posterne i tre kategorier:

- A. Uinteressante brancher
- B. Måske interessant brancher
- C. Sikre brancher

hvor betegnelsen "uinteressant" dækker over brancher, hvor der med sikkerhed ikke anvendes EX-ventilation. "Måske interessant" dækker over brancher, hvor der muligvis haves EX-ventilation, og "sikre" dækker over poster, hvor der med sikkerhed er tale om EX-ventilation. Tabel 2.1 viser resultaterne af den manuelle bearbejdning af søgeresultatet.

"Branche"	Antal poster [stk.]	Kortlagt elforbrug [kWh/år]	Andel til EX - ventilation [%]	Elforbrug til EX - ventilation [kWh/år]
Uinteressant	637	315.391.179	0	0
Måske interessant	209	53.203.348	2	1.064.067
Sikre	102	85.488.523	20	17.097.705
Total	948	454.083.050	4	18.161.772

Tabel 2.2. Resultatet af udtrækket omkring EX-ventilation, herunder manuel bearbejdning af data samt opdeling i tre kategorier af brancher.

De anførte estimater for andelen af elforbruget til EX-ventilation er fremkommet som en kombination af konkrete informationer om omfanget af elforbrug til EX-ventilation på de enkelte sager samt NESA Erhvervsrådgivnings generelle erfaring med rådgivning omkring EX-ventilation. Kortlægningen af elforbrug til EX-ventilation i NESA's forsyningsområde viser således et årligt forbrug til EX-ventilation på ca. 17 GWh i den "sikre" gruppe og ca. 1 GWh i den "måske interessante" gruppe.

Det estimeres derfor, at der i NESA's forsyningsområde findes et årligt elforbrug til EX-ventilation på ca. 18 GWh. Dette udgør ca. 0,5 % af det samlede kortlagte forbrug i segmentet "ikke bolig" på 3.800 GWh i NESA's område.

NESA's samlede årlige afsætning i samme segment er ca. 4.200 GWh og forbruget til EX-ventilation udgør ca. 0,4 % af denne total. Under antagelse af, at kundesammensætningen hos NESA repræsenterer et gennemsnit af resten af Danmark, kan det estimeres, at det samlede elforbrug til EX-ventilation i Danmark er ca. 0,4 % af 23.500 GWh, der ca. svarer til det samlede danske elforbrug, når elforbruget til boliger er trukket ud. Dette svarer til, at forbruget til EX-ventilation i Danmark estimeres til **94 GWh**.

Dette resultat matcher ikke i speciel grad det meget overordnede estimat på 160 GWh, som der blev argumenteret for i projektansøgningen. Den i dette projekt foretagne undersøgelse dækker dog over et langt bedre datagrundlag, og det antages derfor i det følgende, at de 94 GWh er det bedste estimat for elforbruget til EX-ventilation i Danmark.

2.2 Brancher med EX-ventilation

Antallet af brancher med EX-ventilation er relativt få. På trods af dette, har det ikke været muligt med tilstrækkelig nøjagtighed, at opdele forbruget til EX-ventilation i de enkelte brancher. Årsagen til dette er, at der er en række brancher der enten ikke er repræsenteret i NESA's område, eller ikke har været genstand for rådgivning.

I det følgende er der foretaget en listning over typiske brancher og anvendelse med EX-ventilation. Formålet med denne liste er således primært, at gøre det muligt for eksempelvis energirådgivere at forberede sig på, hvorvidt det er sandsynligt, at der på en sag forefindes EX-ventilation med dertil hørende mulighed for energibesparelser. Listen er opdelt efter, hvorvidt der er tale om brandfarlige væsker eller brandfarlige gasser.

2.2.1 Brandfarlige væsker

- Medicinalindustri
- Farve/lakfabrikker, herunder fremstilling af trykfarver
- Andre kemiske fabrikker
 - limfabrikker
 - pigmentfremstilling
 - vitaminfabrikker
 - plantebeskyttelse
 - fødevareingredienser (fx pektin mv.)
 - ekstraktion (fx nødder, soyabønner og citruskaller)

- Elektronikindustri og finmekanik (lodning med spritbaseret flusmiddel, afrensning af print og andre dele i sprit eller lign, lakering af print i særlige tilfælde)
- Virksomheder der fremstiller parfume og aromastoffer
- Aftapning til emballager (fx sprinklervæske og rensebenzin)
- Fremstilling af produkter i polyester, som både, møllevinger, transportmidler og siloer (ved afrensning af værktøj m.m. anvendes acetone)
- Overfladebehandling (sprøjtemaling, lakeringsanlæg, tørreovne, afdampningsområder)
- Trykkerier med dybtryk
- Slikfabrikker
- Dragering af kosttilskud m.v.
- Rengøring af maskiner, trykvalser, trykrammer m.v.
- Rensning af emballage i kemisk industri (fx tromler og IBC´ s)
- Håndtering af brændbart affald (Kommunekemi)
- Stinkskabe i laboratorier
- Pumperum i forbindelse med tankanlæg mv.
- Indendørs oplag af brandfarlige væsker

2.2.2 Brandfarlige gasser

- Fyldestationer for gasflasker
- Fyldning af aerosoldåser
- Biogasanlæg
- Kraftværker med gasmotorer eller turbiner
- Opskumning af plast med brandfarlig gas (fx rør med præfabrikeret isolering, kølerums-elementer og køleskabe)
- Fremstilling af brint
- Indendørs oplag af brandfarlig gas til svejsning, laboratoriebrug mv.

3 Klassifikation og ventilation i EX-områder

Formålet med dette kapitel er, at give et kort overblik over de nye regler på området, herunder hvilke metodikker og hjælpeværktøjer der kan anvendes i forbindelse med klassifikation og vurdering af ventilationsforhold i EX-områder.

3.1 Baggrund

I områder hvor der frigives eksplosionsfarlige gasser – eller hvor der blot er en risiko for at der vil kunne frigives eksplosionsfarlige gasser – er den væsentligste sikkerhedsforanstaltning normalt, at anvendelse af tilstrækkelig kraftig ventilation vil kunne holde koncentrationen af gassen sikkert under det niveau som giver mulighed for at en eksplosion kan finde sted.

Det har hidtil været almindelig praksis – og mange steder lovbestemt – at der konstant skulle være et luftskifte, som erfaringsmæssigt var tilstrækkeligt under alle forhold. Dette førte til, at ventilationen ofte var overdimensioneret i forhold til situationen ved normal drift og ikke optimalt indrettet. Det var kvantiteten og ikke kvaliteten der talte.

Siden de nye regler pr. 1. juli 2003 har det i lovgivningen været mere tydeligt, at ventilationen kan dimensioneres i henhold til behovet for at fjerne gasserne. Der er således lagt vægt på, at der kan vælges den mest effektive løsning. Lovreglerne for ventilation med dette formål var tidligere spredt i flere forskellige forskrifter, men er nu samlet i en bekendtgørelse: Bekendtgørelse nr. 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder /3/.

Ifølge bekendtgørelsen pålægges alle arbejdsgivere at gennemgå virksomheden med henblik på at identificere, klassificere og afmærke de eksplosionsfarlige områder på virksomheden. De eksplosionsfarlige områder skal klassificeres i zoner på grundlag af hyppigheden og varigheden af forekomsten af eksplosiv atmosfære. I forbindelse med klassifikation af de eksplosionsfarlige områder er der udarbejdet en europæisk standard, DS/EN 60079-10 /4/, der indeholder beregnings- og vurderingsmetoder. For at lette anvendelsen af standarden, har Beredskabsstyrelsen udsendt en vejledning om klassifikation af eksplosionsfarlige områder /5/.

Fælles for alle standarder, vejledninger mv. er, at der tages udgangspunkt i klassifikation. Der lægges meget lidt vægt på, hvorledes energiforbruget til ventilation kan optimeres med det nye regelsæt. Der er imidlertid en nøje sammenhæng mellem ventilation og klassifikation. For nye anlæg vil valget af ventilation og klassifikation typisk være et kompromis mellem omfanget af klassificerede områder, og kravene til ventilationsanlæggets ydelse på baggrund af en systematisk vurdering af anlægget. For eksisterende anlæg er graden af ventilation og

klassifikation typisk fastlagt ud fra brandlovgivningens krav, som ikke forholdt sig i detaljer til risikoen for et udslip samt størrelsen heraf.

Såfremt man har ønske om at ændre på forholdene for et eksisterende anlæg kan det, som for nye anlæg, ske ud fra en systematisk vurdering med vægt på enten at reducere omfanget af klassificerede områder eller at reducere ventilationsbehovet. I dette dokument er der taget udgangspunkt i at vurdere om der i et konkret tilfælde er mulighed for at reducere ventilationsbehovet.

Et eksempel på en metode til en systematisk vurdering af omfanget af eksplosionsfarlige områder findes i bilaget til den europæiske standard DS/EN 60079-10 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder. Metoden er god, men da den baserer sig på en risikovurdering er den på visse områder svært tilgængelig og ikke specielt operationel.

For at kunne forstå og anvende regelsættet samt mulighederne for at optimere energiforbruget, beskrives i det følgende ganske kort, hvilken metode der anvendes i forbindelse med klassifikationen. Der er taget udgangspunkt i metoden i standarden, og det forudsættes at læseren har et vist kendskab til standarden. Brugen af standarden belyses med eksempler samt beskrivelse af særlige problemområder. I kapitel 4 kobles dette til, hvorledes energiforbruget til ventilation kan optimeres i henhold til klassifikationen.

3.2 Definitioner for eksplosionsfarlige områder

I DS/EN 60079-10 er betegnelserne for eksplosionsfarlige områder defineret som følger:

- *Normal drift*: den tilstand, hvor et anlæg anvendes indenfor dets beregnede anvendelsesområde.
- *Sekundær drift*: den tilstand, hvor et anlæg anvendes udenfor dets beregnede anvendelsesområde, fx ved lækager på pakninger.
- *Zone 0*: Områder, hvor der uafbrudt eller i lange perioder eller ofte forekommer eksplosiv atmosfære bestående af en blanding af brændbare stoffer i form af gas, dampe eller tåger med luft.
- *Zone 1*: Områder, hvor det kan forventes, at der ved normal drift lejlighedsvis forekommer eksplosiv atmosfære bestående af en blanding af brændbare stoffer i form af gas, dampe eller tåger med luft.
- *Zone 2*: Områder, hvor det ikke forventes, at der ved normal drift forekommer eksplosiv atmosfære bestående af en blanding af brændbare stoffer i form af gas, dampe eller tåger med luft, eller hvis dette sker, da kun i korte perioder.

Zonerne beskriver således hvor ofte og i hvor lange perioder man forventer der kan forekomme en eksplosiv atmosfære.

3.3 Kan de anvendte produkter afgive eksplosionsfarlige dampe?

Inden arbejdet med vurderingen af om ventilationsbehovet kan reduceres, bør det vurderes hvorvidt de produkter der anvendes kan afgive dampe i en eksplosionsfarlig koncentration. I mange tilfælde vil der af hensyn til arbejdsmiljø og miljø være sket ændringer af hvilke stoffer der anvendes siden klassifikationen oprindeligt blev udarbejdet. Dette vil typisk også have en positiv indflydelse på ventilationsbehovet i relation til klassifikation. Til brug for denne vurdering anvendes hovedsageligt flammepunktet, som er en stofparameter der kan findes i produktdatablade, på Internettet mm. Der henvises endvidere til www.kemikalieberedskab.dk, hvor der kan findes indsatskort med tilhørende produktdata for en lang række stoffer.

Flammepunktet er et udtryk for den temperatur hvor produktet er i stand til at afgive dampe i en eksplosionsfarlig koncentration. Såfremt produktet ikke udsættes for temperaturer på flammepunktet eller derover vil det ikke være i stand til at danne en eksplosiv atmosfære – dette gælder dog ikke hvis produktet forstøves. Da der er en vis usikkerhed på bestemmelsen af flammepunktet og der kan være udsving i rum- og produkttemperatur, anvendes der en sikkerhedsmargen på 10°C.

Eksempel 1: Styren har et flammepunkt på ca. 32°C. Når stoffet anvendes indendørs ved 20°C er der en sikkerhedsmargen på 12°C, og der skal derfor ikke klassificeres som eksplosionsfarligt område med mindre produktet forstøves.

Eksempel 2: Xylen har et flammepunkt på ca. 25°C. Når stoffet anvendes indendørs ved 20°C er der en sikkerhedsmargen på 5°C, og der skal derfor klassificeres som eksplosionsfarligt område. Det bemærkes, at der i praksis kun sjældent vil forekomme dampe i en eksplosionsfarlig koncentration.

3.4 Metode til klassifikation af eksplosionsfarlige områder

Metoden i standarden DS/EN 60079-10 tager udgangspunkt i hvor store mængder stof der kan slippe ud samt hvor ofte dette kan ske. Dette sammenholdes så med ventilations størrelse, effektivitet og pålidelighed. Metodens hovedbegreber beskrives sammen med eksempler i det følgende. For yderligere beskrivelse henvises til standarden.

3.4.1 Udslipsgrad

I DS/EN 60079-10 opdeles udslip som kontinuerlig, primær og sekundær. Forskellen samt eksempler er vist af tabel 3.1.

Type	Definition	Eksempler
Kontinuerlig	Udslip som er kontinuerlig eller længerevarende.	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuerligt udslip forekommer normalt kun indeni udstyr og beholdere, fx væskeoverflader i beholdere.
Primært	Udslip som kan forventes at forekomme periodisk eller tilfældigt ved normal drift	<ul style="list-style-type: none"> • Dampe fra produkt i forbindelse med aftapning. • Udslip af dampe fra en tanks udluftningsrør ved fyldning af tanken. • Åbning i udstyr når den betjenes under normal drift, fx dosering, prøveudtagning.
Sekundær	Udslip som ikke kan forventes at forekomme ved normal drift, men hvis det alligevel sker, da kun sjældent og i korte perioder	<ul style="list-style-type: none"> • Lækager ved akseltætninger på pumper. • Lækager ved pakninger på ventiler og flanger. • Udslip af dampe fra en tanks udluftningsrør ved fyldning af tanken såfremt tanken er forsynet med damp-retursystem. • Spild i forbindelse med håndtering.

Tabel 3.1. Udslipstyper, definitioner og eksempler.

3.4.2 Ventilationsgrad

Ventilationsgraden er et udtryk for hvor stor ventilationsanlæggets ydelse er i forhold til størrelsen af de forventede udslip. Som hjælp til at bestemme ventilationsgraden er der i DS/EN 60079-10 indført begreberne hypotetisk volumen (det volumen hvor der vil være en eksplosionsfarlig atmosfære ved antagelse om homogen fordeling og lang tids udslip), og tiden der går fra udslippet stoppes til den eksplosionsfarlige atmosfære er fortyndet til en ufarlig koncentration. I standarden er ventilationsgraden opdelt i høj, middel og lav. Forskellen samt eksempler er vist af tabel 3.2.

Grad	Definition	Betydning	Eksempler
Høj (V _H)	Ventilationen kan reducere koncentrationen ved udslipsskilden så godt som øjeblikkeligt, således at koncentrationen holdes under nedre eksplosionsgrænse (LEL).	Dette kræver normalt at det hypotetiske volumen er højst 0,1 m ³ . Høj ventilationsgrad forekommer kun på steder, hvor dampe fjernes umiddelbart ved udslipstedet eller hvor udslippet er meget lille.	<ul style="list-style-type: none"> • Udsugning i stinkskab, sprøjtebokse og lign. • Udsugning fra indkapslet del af anlæg (fx aftapningspunkt) • Udsugning på trykkermaskiner (ikke dybtryk).
Mid- del (V _M)	Ventilationen kan regulere koncentrationen så der opstår en stabil situation, hvor koncentrationen udenfor zonegrænsen er under LEL så længe udslippet foregår og hvor en eksplosiv gasblanding ikke forekommer i længere tid efter at udslippet er stoppet.	Om ventilationsgraden er middel bestemmes normalt ved, at undersøge at ventilationsgraden hverken er høj eller lav. Middel ventilationsgrad er det hyppigst forekommende.	<ul style="list-style-type: none"> • Udslipsskilder hvor der alene er rumventilation. • Ved større udslipsskilder selv om der er etableret punktsug.
Lav (V _L)	Ventilationen reducerer ikke koncentrationen så længe udslippet står på, eller kan ikke forhindre, at en eksplosiv gasblanding forekommer i lang tid efter at udslippet er stoppet.	Ventilationsgraden er lav, såfremt det hypotetiske volumen er større end volumen af det lokale/område der undersøges.	<ul style="list-style-type: none"> • Lavpunkter, fx pumpeump, brønde og lign. • Lokaler med lavt luftskifte (fx naturlig ventilation gennem riste) og lokaler med risiko for større udslip.

Tabel 3.2. Ventilationsgrad, definitioner, betydning og eksempler.

3.4.3 Ventilationens tilgængelighed

Ventilationens "tilgængelighed" er et udtryk for i hvor stor en del af tiden den forudsatte ventilation kan forventes at være til stede. I DS/EN 60079-10 er ventilationens "tilgængelighed" opdelt i god, acceptabel og dårlig. Der er redegjort for betydningen i tabel 3.3.

Tilgængelighed	Definition	Betydning
God	Ventilationen forekommer praktisk taget kontinuerligt.	For mekanisk ventilation vil god tilgængelighed som udgangspunkt kræve back-up ventilation. Såfremt der træffes foranstaltninger der hindrer udslip af brændbart materiale hvis ventilationen afbrydes (fx automatisk nedlukning af processen) vil tilgængeligheden normalt kunne betragtes som god.
Acceptabel	Ventilationen forventes at være til stede under normal drift. Afbrydelser accepteres såfremt de forekommer sjældent og kortvarigt.	Dette vil normalt være situationen med et traditionelt ventilationsanlæg uden back-up.
Dårlig	Ventilation som ikke opfylder kravene til god eller acceptabel tilgængelighed.	-

Tabel 3.3. Ventilationens tilgængelighed, definition og betydning.

I tabel 3.4 vises den overordnede sammenhæng mellem de 3 parametre (udslipsgrad, ventilationsgrad og ventilationens tilgængelighed) og klassifikationen.

Udslipsgrad	Ventilation						
	Ventilationsgrad						
	Høj (V_H)			Middel (V_M)		Lav (V_L)	
	Tilgængelighed						
	God	Acceptabel	Dårlig	God	Acceptabel	Dårlig	God, acceptabel eller dårlig
Kontinuerlig	(Zone 0 NE) Ikke klassificeret område ^a	(Zone 0 NE) Zone 2 ^a	(Zone 0 NE) Zone 1 ^a	Zone 0	Zone 0 + Zone 2	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
Primært	(Zone 1 NE) Ikke klassificeret område ^a	(Zone 1 NE) Zone 2 ^a	(Zone 1 NE) Zone 2 ^a	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 ELLER Zone 0 ^c
Sekundær ^b	(Zone 2 NE) Ikke klassificeret område ^a	(Zone 2 NE) Ikke klassificeret område ^a	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1 og eventuelt Zone 0 ^c

Note: "+" angiver "omgivet af"

a (zone 0 NE), (Zone 1 NE) og (Zone 2 NE) angiver en teoretisk zone, som vil være af ubetydelig udstrækning under normale forhold

b Zone 2 området som opstår som følge af en sekundær udslipkilde kan blive større end det zone 2 område, der opstår som følge af en primært eller kontinuerlig udslipkilde. I sådanne tilfælde skal den største afstand anvendes.

c Zone 0 kravet er gældende i de tilfælde, hvor ventilationsgraden er så lav og udslippet er så stort, at en eksplosiv gasblanding praktisk talt vil være til stede kontinuerligt (dvs. nærmer sig forholdet "ingen ventilation")

Tabel 3.4. Sammenhæng mellem klassifikation samt parametrene udslipsgrad, ventilationsgrad og ventilationens tilgængelighed. Kilde: Dansk Standard /4/ og Beredskabsstyrelsen /5/.

Fastlæggelse af zonerne udstrækning kræver en nærmere vurdering eller beregning, fx ved at tage udgangspunkt i det beregnede hypotetiske volumen. I bygninger er luftstrømmene

rimeligt veldefinerede ud fra placeringen af udsugning og indblæsning. Her vil udstrækningen fra udslipkilden ofte kunne findes ved at regne med et kugleformet område med et volumen svarende til det hypotetiske volumen.

Ved udslip i det fri kan vinden komme fra en vilkårlig retning og derfor vil det klassificerede område normalt være væsentligt større end det hypotetiske volumen. Der kan fx regnes med, at dampene fortyndes indenfor området indtil 15° vandret fra vindretningen. Udstrækningen fra udslipkilden kan da findes ved at regne med, at et 30° udsnit af et kugleformet område (1/12 af kuglens volumen) skal have et volumen der er lig det hypotetiske volumen.

3.5 Sammenfatning

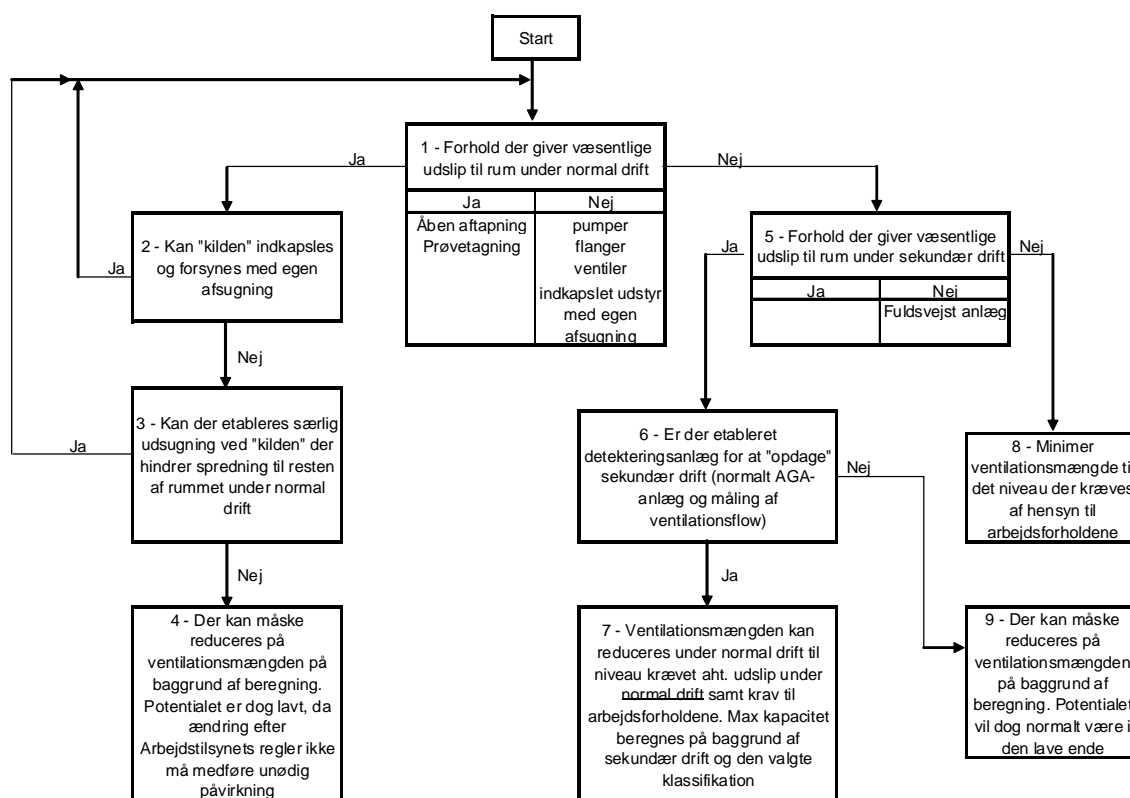
Som det fremgår af ovenstående er ventilationen af central betydning for klassifikationen. Desto større luftskifte desto mindre område skal klassificeres og omvendt. I forbindelse med arbejdslokaler vil myndighederne normalt kræve, at der af hensyn til arbejdsmiljøet træffes tiltag til at mindske sandsynligheden for, at der opstår en eksplosiv atmosfære, hvilket normalt vil ske ved etablering af ventilation.

4 Metodik til vurdering af mulighed for energibesparelser

I kapitel 3 blev metodikken til klassificering af lokaler kort beskrevet. Vurderingen af behovet for ventilation, herunder også om der kan opnås energibesparelser på ventilationen, hænger nøje sammen med principperne for klassifikation af eksplosionsfarlige områder. I dette afsnit præsenteres en metodik til analyse af muligheden for opnåelse af energibesparelser i EX-områder. Metodikken er udarbejdet løbende i dette projekt, og er afprøvet i to demonstrationsvirksomheder. Resultaterne af anvendelsen er gennemgået med en række cases i kapitel 5.

4.1 Vurdering af potentialet for besparelse på ventilation

Metodikken fremgår af nedenstående figur 4.1, der er udformet som et rutediagram. Det er forudsat at der er tale om produkter, der kan afgive dampe i eksplosionsfarlige koncentrationer, som beskrevet i afsnit 3.3. Alle udslipsskilder i rummet skal inddrages i vurderingen.



Figur 4.1. Metodik til analyse af, hvorvidt der er et energibesparelspotentiale.

De enkelte "kasser" i diagrammet, dvs. anvendelsen i diagrammet, er kort beskrevet i det følgende:

1. Forhold der giver væsentlige udslip til rummet under normal drift

Det skal bestemmes, hvor stort et behov der er for at ventilere rummet under normal drift. Tidsmæssigt udgør normal drift størstedelen af ventilationens driftsperiode. Det er således afgørende for besparelespotentialet, at minimere udslip under normal drift mest muligt. Som det fremgår af eksemplerne nederst i kassen, er der normalt kun udslip under normal drift, såfremt der er en åben væskeoverflade eller væsken forstøves i rummet. Se bilag 1 for beskrivelse af konstruktionsprincippet for forskellige typer pumper og ventiler i relation til risikoen for lækage, bilag 2 om udsliprater fra udstyr, bilag 3 der beskriver ventilationsomfangets betydning som følge af valg af forskellige pumpetyper samt bilag 4 der beskriver en relativt enkel metode til vurdering af fordampningen fra en væskeoverflade.

2. Kan kilden indkapsles og forsynes med egen udsugning

Det skal vurderes om kilden kan indkapsles, så der ikke er udslip til rummet under normal drift. Hvis der er åbninger i indkapslingen vil en indadrettet lufthastighed på 0,5 m/s i åbningen normalt hindre spredning til rummet. Herved kan rumventilationen begrænses, da udslippet normalt kan holdes indeni indkapslingen. Se bilag 1 om design af ventilation.

3. Kan der etableres særlig udsugning ved kilden der hindrer spredning til resten af rummet under normal drift

Formålet er det samme som i punkt 2, men hvor det ikke er muligt at indkapsle kilden. Ved at lave udsugningsanlægget så luftstrømmen styres bedst muligt kan spredning til hele eller store dele af rummet undgås. Se bilag 1 om design af ventilation.

4. Ventilationsmængden kan måske reduceres på baggrund af beregning

Såfremt det ikke er muligt at indkapsle eller lave punktudsugning ved alle væsentlige udslipsskilder under normal drift, vil dampe normalt kunne forekomme i hele rummet, og der er derfor kun et begrænset potentiale for at reducere rumventilationen. Det kan, på baggrund af den valgte klassifikation samt den aktuelle ventilation, vurderes om rumventilationen kan nedsættes. Det bemærkes, at der efter Arbejdstilsynets regler ikke må ske unødigt påvirkning af personer i forbindelse med ændringer. Se bilag 2 og 4 med henblik på vurdering af udslipraternes størrelse.

5. Forhold der giver væsentlige udslip til rum under sekundær drift

På dette sted i rutediagrammet er der taget hånd om udslipsskilderne under normal drift og fokus er nu på sekundær drift, dvs. hvis en unormal situation opstår. Dette kan være spild, pakningslækage, m.m. Det vil være sjældent, at der kan svares nej til spørgsmålet. Se bilag 1 og 2 for en nærmere beskrivelse af hvor der forekommer sekundære udslip.

6. Er der etableret detekteringsanlæg for at "opdage" sekundær drift

Der er styr på udslipsskilderne under normal drift, men der er udslipsskilder under sekundær drift. For at kunne nedsætte ventilationsmængden i rummet under normal drift, og som følge

heraf øge ventilationsraten under sekundær drift, er det nødvendigt at kunne konstatere hvornår der sker noget der kræver en forhøjelse af ventilationen. Normalt anvendes et automatisk gasdetekteringsanlæg (AGA-anlæg). Se bilag 1 for en nærmere beskrivelse.

7. Ventilationsmængden kan under normal drift reduceres til niveau krævet af hensyn til udslip under normal drift samt krav til arbejdsforholdene

Den maksimale ventilationsmængde beregnes på baggrund af sekundær drift og den valgte klassifikation. Se bilag 1 og 2 for en nærmere beskrivelse af, hvor der kan forekomme udslip.

8. Minimer ventilationsmængde til det niveau der kræves af hensyn til arbejdsforholdene

Som nævnt under punkt 5 vil denne situation kun opstå sjældent.

9. Der kan måske reduceres ventilationskapacitet på baggrund af beregning

Selv om udslipskilderne under normal drift er under kontrol, kan dette kun i begrænset omfang udnyttes såfremt det ikke er muligt at detektere sekundær drift. Ventilationsbehovet svarer til udslippene ved sekundær drift og skal opretholdes i hele driftsperioden.

4.2 Vurdering af krævet ydelse for ventilationen

Når den aktuelle slutposition i rutediagrammet er fundet (kasse 4, 7 eller 9) skal det vurderes om potentialet er tilstrækkeligt til, at der skal arbejdes videre med en nærmere vurdering af omfanget af reduktion af ventilationsmængde. Såfremt det er tilfældet skal vurderingen laves på baggrund af klassifikationsmetoden i DS/EN 60079-10 og den valgte klassifikation. Vurderingen består af følgende trin (henvisningerne er til de øvrige kapitler):

1. Beskriv processer og udstyr samt de udslipssteder og udslipsgrader de kan give anledning til (se bilag 1 og 2 for nærmere beskrivelse)
2. Beskriv udslipraten for de udslipsgrader der er fundet under punkt 1 (se bilag 2 og bilag 4 for nærmere beskrivelse)
3. Beskriv ventilationen i rum, delområder mm. Såvel ydelse, effektivitet samt mulighed for svigt skal beskrives (ventilationens tilgængelighed)
4. Beregn ventilationsgraderne for udstyret på baggrund af den beskrevne ventilation og de beregnede udsliprater
5. På baggrund af den valgte klassifikation beregnes den nødvendige ventilationsmængde for hver af de mulige udslipstyper. Ofte er det tilstrækkeligt at vurdere det største udslipssted under normal drift samt det største under sekundær drift. Ved sammenligning med den ventilationskapacitet der er til rådighed vurderes det om den ventilationsmængden kan reduceres.

5 Anvendelse af den opstillede metodik

I det følgende er metodikken opstillet i dette projekt anvendt på anlæg hhv. hos virksomhederne Cheminova A/S og Alpharma ApS.

5.1 Cheminova - Tapperi Nord

I dette eksempel vurderes mulighederne for at reducere omfanget af rumventilation i et rum hvor der aftappes brandfarlige væsker. Rummet er beliggende på Cheminova. Til vurderingen anvendes diagrammetoden opstillet i kapitel 4 i denne rapport. Efterfølgende anvendes fremgangsmåden beskrevet i kapitel 3 til bestemmelse af den resulterende klassifikation.

5.1.1 Beskrivelse af indretning, anlæg, ventilation og produktdata

Indretning:

I rummet er der opstillet 5 tappelinier. De 2 af linjerne anvendes til brandfarlige væsker. For at mindske ventilationsbehovet og sikre et godt arbejdsmiljø sker fyldningen af beholderne i et kabinet, der er forsynet med egen udsugning. Ved tappelinierne parkeres fyldeslanger der ikke er i brug. Der er opsamling for væskedryp samt punktsug til fjernelse af dampene herfra. Nedenstående billede viser en af tappelinierne.



Figur 5.1. Tappelinie hos Cheminova A/S.

Aftapningskabinettet:

- Volumen: ca. 3,6 m³
- Åbninger for indføring og udføring af emballage: 2 stk. b x h = 0,5 m x 0,75 m.
- Inspektionslåge: 0,5 x 0,75 m. Lågen er normalt lukket.

Ventilation:

Luftskiftet i aftapningskabinetterne er ca. 150 h^{-1} i kabinettet som helhed, samt spaltesug lige ved beholdernes åbning svarende til et område på ca. $0,3 \text{ m}^3$ med et luftskifte på ca. 300 h^{-1} . Hele produktionslokalet ventileres med en luftmængde på $22.000 \text{ m}^3/\text{h}$ svarende til et luftskifte på 5 gange i timen, hvilket tidligere har været et krav til rumventilation i dette produktionslokale. Såfremt ventilationen svigter afgives der en alarm, men tappeprocessen afbrydes ikke automatisk. Normalt fyldes de beholdere der er påbegyndt helt op inden processen afbrydes af operatøren.

Emballager, kapacitet mm:

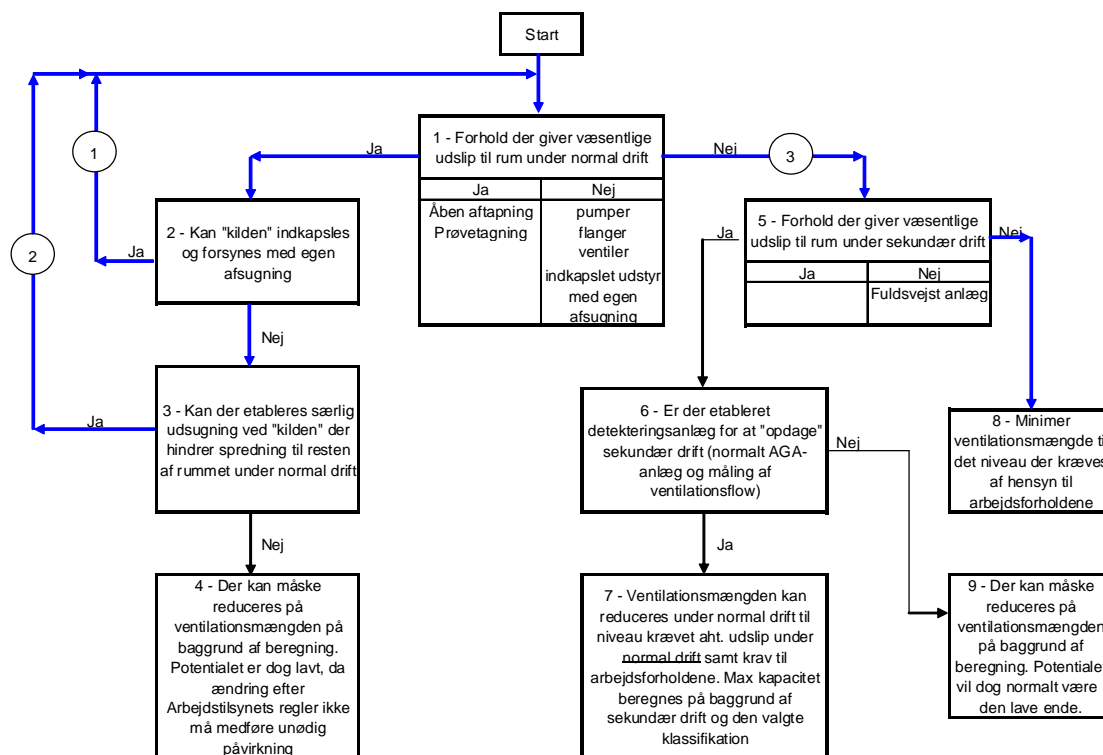
Tappelinierne anvendes til at fylde emballager med et rumindhold mellem 0,5 og 10 l. Fyldningskapaciteten er ca. 6.000 liter/h.

Produktdata for mest kritisk væske (xylol):

- Produkttemperatur: ca. 20°C
- Rumtemperatur: ca. 20°C
- Flammepunkt: ca. 22°C (der skal klassificeres da flammepunkt ligger indenfor rum-/produkttemperatur + 10°C)
- Molvægt: $106,2 \text{ kg/kmol}$
- Nedre eksplosionsgrænse: $1,1 \text{ vol\%}$, svarende til $0,049 \text{ kg/m}^3$
- Damptryk ved 20°C : 660 Pa (Se bilag B4.2)
- Damptryk ved 30°C : 1.190 Pa (Se bilag B4.2)

5.1.2 Vurdering af potentiale for besparelse gennem anvendelse af metodik

I det følgende er diagrammet til bestemmelse af mulighed for besparelser på ventilationen anvendt. For illustrationens skyld er anvendelsen af diagrammet fra afsnit 4 beskrevet med udgangspunkt i at aftapningen foregår direkte i rummet. Diagrammet er vist nedenfor med angivelse af den rute, som svarene på de stillede spørgsmål giver anledning til - med andre ord, hvorledes diagrammet anvendes til generering af analyseresultatet. Bemærk at anvendelsen af skemaet består af flere gennemløb, da der er udslip fra flere kilder.



Figur 5.2. Anvendelse af analysediagrammet til estimering af, om der er mulighed for reduktion af luftmængden.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Ja. Aftapning af brandfarlig væske \Rightarrow gå til 2.

2 - Kan "kilden" indkapsles og forsynes med egen afsugning

Ja. Aftapningen foregår i kabinnet med egen afsugning. Indadrettet lufthastighed er ca. 0,2 m/s i åbninger og der er endnu større lufthastighed i området lige ved aftapningslanserne \Rightarrow gå til 1.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Ja. Parkerede slanger der drypper \Rightarrow gå til 2.

2 - Kan "kilden" indkapsles og forsynes med egen afsugning

Nej \Rightarrow gå til 3.

3 - Kan der etableres særlig udsugning ved "kilden" der hindrer spredning til resten af rummet under normal drift

Ja. Der er punktsug ved området hvor der frigives dampe \Rightarrow gå til 1.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Nej. Nedenstående beregninger viser, at der ikke er væsentlige udslip til rummet under normal drift \Rightarrow gå til 5.

I det følgende er det beregnet hvor stort omfang af eksplosionsfarlige dampe der kan forventes ved normal drift af aftapningskabinettet med henblik på at vurdere, om afsugningen er tilstrækkelig til at dampene ikke breder sig til rummet. Metodikken i DS/EN 60079-10 er anvendt.

I forbindelse med aftapningen afgives der dampe, der fortrænges fra de beholdere der fyldes. Udslippets størrelse er overslagsmæssigt og på den sikre side beregnet med udgangspunkt i fyldekapaciteten pr. time og mætningskoncentrationen ved den aktuelle temperatur. Det er som følge af xylens høje flammepunkt valgt at regne med $+10^{\circ}\text{C}$ for at indregne en vis robusthed overfor temperaturvariationer. Da der fyldes i rene emballager vil fordampningen fra væskeoverfladen pr. time være et mere præcist bud, der vil resultere i frigivelse af en væsentligt mindre mængde dampe.

Mætningskoncentration for xylen ved $30^{\circ}\text{C} = V_p/V_a = 1.190 \text{ Pa} / 101.300\text{Pa} = 1,17 \text{ vol}\%$.
Ved ca. 20°C kan koncentrationen af xylen i kg/m^3 beregnes som $0.000416 \cdot M \cdot \text{vol}\% = 0.000416 \cdot 106,2 \cdot 1,17 = 0,051 \text{ kg}/\text{m}^3$ (se formel under B4.2.2 i DS/EN 60079). Da der pumpes $6 \text{ m}^3/\text{h}$ er udslippet altså maksimalt $0,304 \text{ kg}/\text{h}$ svarende til **$dG/dt = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ kg}/\text{s}$** .

På baggrund af udslipsgraden og de følgende parametre, kan det hypotetiske volumen beregnes.

- $LEL_m = 0,049 \text{ kg}/\text{m}^3$
- $T = 20^{\circ}\text{C} = 293 \text{ K}$
- $k = 0,25$ Sikkerhedsfaktor der for kontinuerlige og primære udslip sættes til $0,25$ svarende til at anlægget designes til at holde koncentrationen af dampe under 25% af LEL. For sekundære udslip anvendes $k=0,50$)
- $f = 1$ (tal mellem 1 og 5 der beskriver hvor hensigtsmæssigt ventilationen er indrettet i forhold til at fjerne dampe fra udslipskilden. Her er $f=1$, da der er punktsugning placeret centralt i kabinettet)
- $X_0 = 1,17 \text{ vol}\%$

- $C_{sp} = 300 \text{ g/h} / 3600 = 0,083 \text{ g/s}$ (spaltesug i volumen på ca. $0,1 \text{ m}^3$)
- $C_{kab} = 150 \text{ g/h} / 3600 = 0,042 \text{ g/s}$ (udsugning i kabinet)

Minimum mængde friskluft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{dG/dt_{\max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{8,4 \cdot 10^{-5}}{0,25 \cdot 0,049} \cdot \frac{293}{293} = 0,0069 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} = \frac{1 \cdot 0,0069 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,083} = 0,08 \text{ m}^3$$

Da det hypotetiske volumen er mindre end det estimerede volumen af området med spaltesug er det korrekt at anvende C_{sp} . Det hypotetiske volumen er væsentligt mindre end kabinens volumen og spredning af dampe til rummet under normal drift er således hindret.

5 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under sekundær drift

Nej. Nedenstående beregninger og vurderinger viser at der ikke er væsentlige udslip til rummet under sekundær drift \Rightarrow gå til 8.

Flanger og ventiler:

Omfanget af flangesamlinger og ventiler i rummet er så begrænset, at det på baggrund af en risikovurdering ikke giver anledning til klassifikation, jf. afsnit B.2.3.

Spild af væske i rum:

Ved et uheld kan der gå hul på en beholder og komme et spild af væske på gulv. Mængden vil være begrænset og dermed kan det, med instrukser til personale om at spild skal opsamles hurtigst muligt, sikres, at der kun i begrænset omfang opstår en eksplosionsfarlig atmosfære.

Spild i aftapningskabinet:

Såfremt en beholder vælter eller tappelanserne rammer skævt vil der komme et spild med et vist areal. Da der er tale om en situation der ikke forekommer normalt er udslipsgraden **sekundær**. Kabinettet er forsynet med en spildbakke, og der er derfor på den sikre side regnet med et spild der fylder hele arealet for spildbakken, dvs. et areal på $1,5 \text{ m}^2$. Der er regnet med en lufthastighed på $0,2 \text{ m/s}$ ved vurdering af fordampningshastigheden.

I bilag B4.3 er der angivet beregnede fordampningshastigheder for en række stoffer ved et areal på 1 m^2 og en lufthastighed på 1 m/s - For xylen ved 30°C er det $0,07 \text{ g/s}$. Fordampningsraten kan omregnes til det aktuelle areal og lufthastighed som beskrevet i bilaget. Der

fås $E_{\text{vap}} = dG/dt = 0,07 \text{ g/s} \cdot 1,5 \text{ m}^2 \cdot 0,20^{0,78} = 0,030 \text{ g/s} = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$. Det hypotetiske volumen kan efter samme princip som beskrevet tidligere beregnes til $V_z = 0,03 \text{ m}^3$, hvilket er mindre end $0,1 \text{ m}^3$ og ventilationsgraden er derfor høj. Data for generelt sug i kabinettet er anvendt, da et eventuelt spild i kabinettet vil kunne brede sig til hele kabinettet. Da V_z er meget mindre end kabinettets volumen er det vurderet, at spredning af dampe til rummet er hindret. Eksempel på metode til beregning af fordampning fra frie væskeoverflader fremgår i øvrigt af bilag 4.

8 - Minimer ventilationsmængde til det niveau der kræves af hensyn til arbejdsforholdene

Konklusionen er, at selve rumudsugningen formodentlig kan reduceres væsentligt. I det følgende er der beskrevet, hvorledes dette blev testet i projektet.

5.1.3 Formål og beskrivelse af ventilationsforsøg

Formålet med forsøgene var at afklare, hvorvidt den generelle rumventilation kunne nedsættes med henblik på at spare energi, samtidig med at klassifikation kunne opretholdes og arbejdsmiljøet ikke forringes. Det var ligeledes formålet at vurdere energibesparelsens størrelse. Det blev forudsat at arbejdsmiljøet var langt mere afhængigt af en tilstrækkelig ventilation end behovet grundet EX-klassifikationen (stammende fra analysen fra afsnit 5.1.2), hvorfor egentlige arbejdsmiljømålinger blev anvendt til vurdering af ventilationens tilstrækkelighed.

Ventilationsanlægget er udstyret med egen elmåler, som blev anvendt i forbindelse med forsøgene. Ventilationsanlæggets effektoptag kunne derfor registreres i forskellige belastningssituationer. Anlæggets ventilatorer er forsynet med en fælles frekvensomformer, så ventilatorer for både indblæsning og udsugning kan justeres, således at anlæggets balance opretholdes. Forsøgene blev udført ved tre ventilationshastigheder: 100% (50 Hz), 50% (25 Hz) og 20% (10 Hz).

Ved de to fyldestationer var der opstillet måleudstyr, der ved hjælp af kulrør, grafitrør og Xadii-rør kontinuert opsamlede prøver af rumluften. Indholdet af rørene blev analyseret og koncentrationen af de forventede kemikalier i luften bestemt. Fyldestationernes punktudsugning blev kontrolleret med røg, således at luften til stadighed blev observeret som indadgående i fyldestationerne.

5.1.4 Gennemførelsen

Forsøgene er gennemført i perioden 9-11. november 2005, hvor produktionsplanen for de to tappelinier (7000 og 7500) var kørsel med fuld kapacitet, med produkter af ensartede kemikalier, så arbejdsmiljø målingerne kunne udføres ens alle testdage. Der var desværre bety-

delige stop i produktionen i testperioden på grund af mekaniske problemer, det er dog lykkedes at skabe et fornuftigt billede af arbejdsmiljøforholdene i de tre testsituationer. Afrapportering af arbejdsmiljømålingerne og sammenhørende aflæsninger af effektoptaget til ventilatorerne er vist i tabel 5.1.

Dato	Tappe-maskine	Måletid [minutter]	Frekvensomformer [Hz]	Måleværdi /Grænseværdi ^{1,2} [-]	Effektop-tag [kW]
09/11-2005	7000	292	25	0,06	3,5
09/11-2005	7500	292	25	0,05	3,5
10/11-2005	7500	272	50	0,06	19,5
10/11-2005	7000	271	50	0,06	19,5
11/11-2005	7500	270	10	0,09	0,6
11/11-2005	7000	268	10	0,06	0,6

Tabel 5.1. Resumé over målinger af arbejdsmiljø mv. 1 = Når værdien overstiger 1,00 er grænseværdien for et givent stof overskredet. 2 = Angivne værdier er midlede værdier for stofferne: Cyclohexanon, Hexan, Xylen, Acetone, Solvent-150, M-PMP og Cyfos. Ingen grænseværdier for de enkelte stoffer blev overskredet på noget tidspunkt.

5.1.5 Besparelspotentiale

Anlægget kører normalt med høj (100%) og lav (50%) hastighed, og normalt køres der høj hastighed i arbejdstiden og lav hastighed udenfor arbejdstiden. Med anlæggets driftsform giver det ca. 4.500 timer med høj hastighed og 4.200 timer med lav hastighed. Elforbruget til ventilation har således tidligere været :

$$E_{\text{for}} = 4.500 \text{ h} \times 19,5 \text{ kW} + 4.200 \text{ h} \times 3,5 \text{ kW} = 102.450 \text{ kWh/år.}$$

Målingerne viser, at ventilationen kan nedsættes med 80% i arbejdstiden samt udenfor arbejdstiden. Dette svarer til, at ventilationsmængden kan nedsættes fra de nuværende 5 h^{-1} til 1 h^{-1} . Dog vil en række tilfælde af sekundær drift betyde, at der skal køres ved 100% - hvilket er vurderet til at være 500 timer årligt. Dette betyder, at elforbruget i teorien uden arbejdsmiljørelaterede problemer kunne reduceres til:

$$E_{\text{teoretisk}} = 500 \text{ h} \times 19,5 \text{ kW} + 8.200 \text{ h} \times 0,6 \text{ kW} = 14.670 \text{ kWh}$$

I praksis betyder bygningsisoleringen samt vindforholdene dog, at dette ville give varmemæssige problemer i en del af året, hvilket skyldes at ventilationsanlægget samtidig anvendes til opvarmning af hallen. Et realistisk estimat for fremtidigt elforbrug er således, at anlægget normalt fremover vil køre ved 50% hastighed såvel i og udenfor arbejdstiden, dog skal hastigheden øges til 70% i arbejdstiden i vintermånederne og 100% drift p.g.a. unormal drift vil andrage ca. 500 timer. Dette vil give et estimeret elforbrug på:

$$E_{\text{estimat}} = 500 \text{ h} \times 19,5 \text{ kW} + 2.000 \text{ h} \times 8,0 \text{ kW} + 6.200 \text{ h} \times 3,5 \text{ kW} = 47.450 \text{ kWh}$$

Den årlige elbesparelse ved denne driftsform vil således være 55.000 kWh i forhold til den nuværende driftsform. Dette svarer til en procentuel besparelse på ca. 55%. Hvis der ikke havde været et varmebehov om vinteren, der skulle dækkes af ventilationsanlægget, kunne besparelsen have været ca. 85%. Udover elbesparelsen opnås en ligeså stor procentuel energimæssig gevinst i form af varmebesparelser. Da varmekonsumet imidlertid er langt højere, vil den absolutte værdi af varmebesparelsen langt overstige værdien af elbesparelsen.

5.1.6 Konklusion

Det er muligt at nedsætte ventilationen væsentligt, når tappemaskinerne kører i normal drift. Arbejdsmiljømålingerne viser at selv ved 20% ventilation er målingerne under 10% af den tilladte grænseværdi, hvilket er det acceptable niveau fastsat internt på Cheminova. Billedet er dog ikke fuldstændigt klart, idet diffuse kilder på anlægget har en stor betydning, og punkt-afsugning på maskinerne er i underkanten. Det er således ikke muligt at spore punkt-afsugning ved mindre sprækker på fyldestationerne, hvorimod der ved åbningerne til flasker ind og ud af maskinerne er tilstrækkelig ventilation. Hvis rumventilationen sænkes skal det overvejes at hæve punktudsugningen.

Det er nødvendig at opretholde muligheden for at køre med ureduceret ventilation, idet driftproblemer, indgreb på tappemaskiner og produktskift giver forøget arbejdsmiljøbelastning. På det aktuelle anlæg sker rumopvarmningen som nævnt ved hjælp af ventilationsanlægget, og det blev observeret, at ved 5°C udetemperatur skal ventilatorerne mindst køre 60% hastighed for at sikre tilstrækkelig varme til rummet.

5.1.7 Klassifikation af eksplosionsfarlige områder

I det følgende er vurderingerne af klassifikationen beskrevet på baggrund af metodikken i DS/EN 60079-10. De værdier af det hypotetiske volumen, der er fundet i ovenstående behandling kan direkte anvendes. Tabel 5.2 viser sammenhæng mellem udslipstype, udslipsgrad, ventilationsgrad og tilgængelighed.

Udslipstype	Udslipsgrad	Ventilationsgrad	Tilgængelighed
Aftapning	Kontinuerlig	Høj ($V_z = 0,08 \text{ m}^3$) ¹⁾	Acceptabel
Aftapning og ventilationssvigt	Sekundær	-	-
Spild i kabinet	Sekundær	Høj ($V_z = 0,03 \text{ m}^3$) ¹⁾	Acceptabel

Tabel 5.2. Sammenhæng mellem udslipstyper og øvrige parametre for tre mulige udslipsskilder på pakkelinjen hos Cheminova. ¹⁾ Ventilationsgraden er høj såfremt V_z er mindre end $0,1 \text{ m}^3$.

Ved at anvende tabel 3.4 samt parametrene i tabel 5.2 fås det, at aftapning kun giver anledning til et meget lille zone 0 område umiddelbart over beholder overfladerne, mens svigt af ventilation i forbindelse med aftapning giver anledning til klassifikation som zone 2.

Såfremt ventilationen svigter, afgives alarm til personalet, men der sker ikke automatisk stop af fyldeprocessen. Påbegyndte emballager fyldes inden processen afbrydes, og der er derfor regnet med 2 minutters fortsat fyldning (svarende til 200 liter) efter ventilationen stopper. Efter de 2 minutter vil der alene være fordampning fra de åbne beholdere indtil der bliver skruet låg på, og omfanget er derfor vurderet at være så begrænset, at det ikke tages i betragtning. Udstrækningen af zone 2 området bestemmes derfor ved at kigge på størrelsen af det volumen der fyldes med eksplosionsfarlige dampe (50% af LEL, da sekundær hændelse) ved fortsat fyldning i 2 minutter. Mætningskoncentrationen er som fundet tidligere 0,051 kg/m³ ved 30°C. Nedre eksplosionsgrænse (LEL) er 0,049 kg/m³.

Volumen af området med dampe med en koncentration på 50% af LEL beregnes som 0,2 m³·0,051 kg/m³ / (0,5·0,049 kg/m³) = 0,42 m³. Da det er usikkert hvorvidt dampene vil fordele sig ligeligt klassificeres hele kabinettet. Da der er åbent i enden af tappemaskinerne, vil der desuden være en risiko for, at dampene kan brede sig til rummet ad denne vej. Det er derfor valgt også at klassificere et område indtil en afstand på 0,50 m fra åbningerne som zone 2. Såfremt aftapningen automatisk afbrydes ved ventilationssvigt kan klassifikationen udenfor kabinettets åbninger undlades.

Spild i kabinettet giver anledning til, at et lille område umiddelbart over spildets overflade klassificeres som zone 2, mens resten af kabinettet ikke klassificeres.

Ovenstående kan således sammenfattes til, at kabinettet samt området indtil en afstand på 0,5 m fra åbningerne i enderne klassificeres som zone 2. Såfremt aftapningen automatisk afbrydes ved ventilationssvigt kan klassifikationen udenfor kabinettets åbninger undlades.

5.2 Alpha - blanderum

I dette eksempel vurderes mulighederne for at reducere omfanget af rumventilation i et rum hvor der blandes vand og ethanol i en blandetank. Rummet er beliggende hos Alpha ApS. Rummet ventileres med et luftskifte på 9,3 gange i timen. Til vurderingen anvendes diagrammetoden opstillet i kapitel 4 i denne rapport. Efterfølgende anvendes fremgangsmåden beskrevet i kapitel 3 til bestemmelse af den resulterende klassifikation.

5.2.1 Beskrivelse af indretning, anlæg, ventilation og produktdata

Indretning:

I rummet er der opstillet en blandetank. Tilførsel af ethanol til blandetank sker fra det uden-dørs tankanlæg vha. pumpe placeret i tankgården. Tilførsel af ethanol-vand blandingen (max 24 vol%) fra blandetanken til produktionen sker vha. pumpe placeret i blanderummet. Rummet er forsynet med ventilationsanlæg samt gasetekteringsanlæg. Desuden er blandetanken forsynet med eget sug. Rummets dimensioner er ca. 9,6 x 4,5 x 5 m (l x b x h) svarende til et rumvolumen på ca. 216 m³. Den følgende figur viser blanderummet.



Figur 5.3. Blanderum hos Alharma.

Ventilation:

Ventilationsanlægget blæser luft ind gennem 5 armaturer ved loftsniveau og suger ud gennem armatur ca. 1 m under indblæsningskanalerne, men placeret i anden væg. Udsugningens kapacitet er 2.000 m³/h svarende til et luftskifte på 9,3 h⁻¹ eller 0,0026 s⁻¹. Desuden er der punktsug fra blandetanken. Punktudsugningen har en kapacitet på 300 m³/h og sker fra toppen af tanken med aggregat placeret på taget.

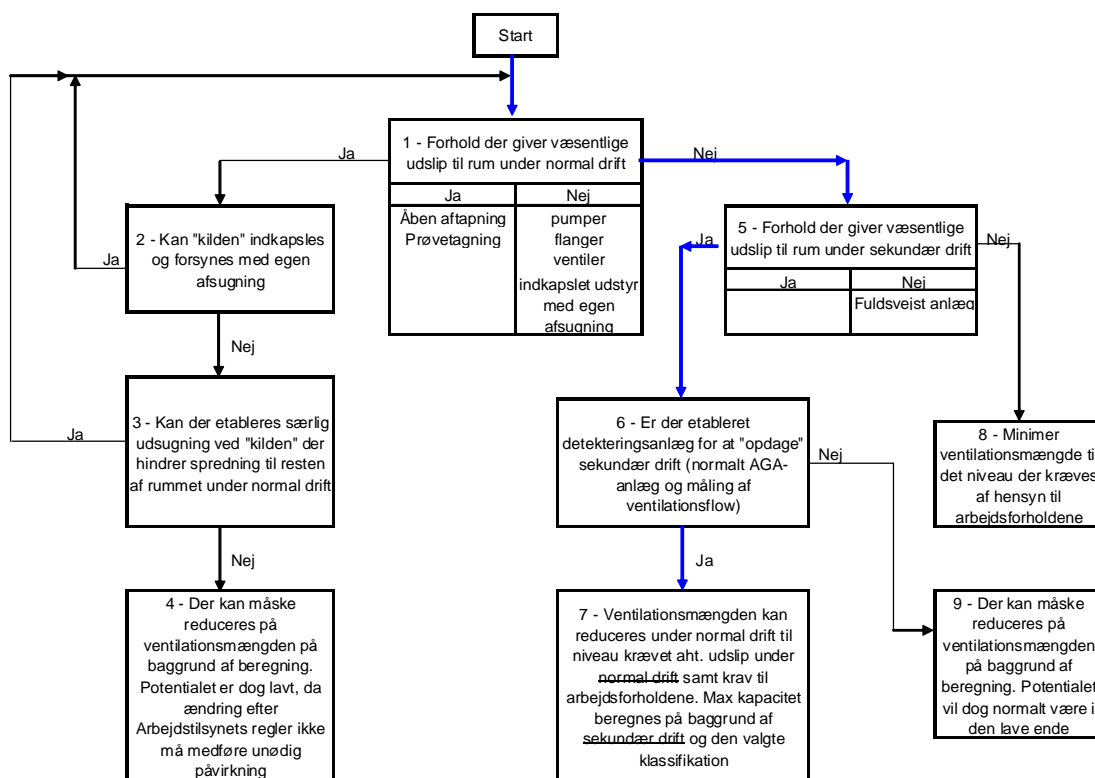
Produktdata mm for ethanol:

- Produkttemperatur: ca. 20°C
- Rumtemperatur: ca. 20°C

- Flammepunkt: ren ethanol ca. 13°C og for 24 vol% blanding ca. 34°C - denne blanding kan ikke afgive dampe i en eksplosionsfarlig koncentration, da flammepunktet er 10°C højere end produkttemperatur/rumtemperatur
- Molvægt: 46,1 kg/kmol
- Nedre eksplosionsgrænse: 3,3 vol%, svarende til 0,063 kg/m³
- Damptryk ved 20°C: 5.880 Pa (bilag B4.2).

5.2.2 Vurdering af potentiale for besparelse gennem anvendelse af metodik

I det følgende er diagrammet til bestemmelse af mulighed for besparelser på ventilationen anvendt. Diagrammet fra afsnit 4 er vist nedenfor med angivelse af den rute, som svarene på de stillede spørgsmål giver anledning til - med andre ord, hvorledes diagrammet anvendes til generering af analyseresultatet.



Figur 5.4. Anvendelse af analysediagrammet til estimering af, om der er mulighed for reduktion af luftmængden.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Nej. Blandetanken er forsynet med punktsug og ventiler mm. Det giver ikke anledning til væsentlige udslip under normal drift. ⇒ gå til 5.

5 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under sekundær drift

Ja. Flanger og ventiler kan ved lækage give væsentlige udslip i rummet. Det er dog kun den del af anlægget, hvor der pumpes rent ethanol. Det kan endvidere ske i blandetanken såfremt ethanol doseres før vandet doseres (der er en procedure der beskriver, at der først skal doseres vand) ⇒ gå til 6.

6 - Er der etableret detekteringsanlæg for at "opdage" sekundær drift

Ja. Der er etableret AGA-anlæg med 1 detektor. På nuværende tidspunkt udkobles elinstallationer ved 25% af nedre eksplosionsgrænse. ⇒ gå til 7.

7 - Ventilationsmængden kan reduceres under normal drift til niveau krævet under normal drift samt krav til arbejdsforholdene. Max kapacitet beregnes på baggrund af sekundær drift og den valgte klassifikation.

Da der ikke er udslip til rummet under normal drift skal kapaciteten under normal drift alene opfylde kravene til arbejdsforholdene. Da der normalt kun opholder sig personer i rummet i korte perioder kan luftskiftet formodentlig nedsættes til 1 h^{-1} - eller rent principielt til "ingen-ting". Alternativt kan ventilationen forceres, når der er bevægelse i rummet. Under sekundær drift anvendes ventilationskapaciteten fuldt ud, da den allerede er etableret. Sammenhængen mellem ventilationskapacitet og alarmer fra gasdetektor udføres således efter følgende princip:

Gasalarm	Alarmniveau	Ventilationsydelse og andre tiltag
Ingen		1 h^{-1}
1. alarm	10% LEL	$9,3 \text{ h}^{-1}$
2. alarm	25% LEL	$9,3 \text{ h}^{-1}$ Elinstallationer udkobles

Alarmgrænser kan eventuelt forøges såfremt 1. alarm og deraf følgende forøget ventilation indtræffer ofte.

5.2.3 Konklusion

På baggrund af en konkret vurdering af et blanderum for brandfarlige væsker er det fundet, at ventilationen i rummet under normal drift alene skal sikre acceptable arbejdsmiljøforhold. Under sekundær drift skal ventilationen sikre tilstrækkelig fortynding af sekundære udslip i sammenhæng med den valgte klassifikation. Da rummet er forsynet med gasdetekteringsanlæg er det muligt at opdage sekundære udslip og forcere ventilationen og dermed kan luft-

skiftet under normal drift nedsættes til det der kræves af hensyn til arbejdsmiljøet, fx 1 gang i timen, da der kun arbejdes i rummet i kortere perioder.

I det meste af anlæggets driftstid kan luftskiftet således nedsættes fra $9,3 \text{ h}^{-1}$ til 1 h^{-1} svarende til en ændring fra $2.000 \text{ m}^3/\text{h}$ til $216 \text{ m}^3/\text{h}$ eller en reduktion af luftmængden på ca. 90%. På årsbasis svarer det til, at der kan opnås følgende besparelser på driften af ventilationsanlægget:

	Elforbrug	Varmeforbrug
Før analysen [kWh]	4.870	62.500
Efter analysen [kWh]	450	9.460
Besparelse [kWh]	4.420	53.040
Besparelse [%]	92%	85%

5.2.4 Klassifikation af eksplosionsfarlige områder

I det følgende er vurderingerne af klassifikationen beskrevet på baggrund af metodikken i DS/EN 60079-10. I rummet er der følgende udslipskilder og udslipsgrader:

- Flanger og andre samlinger samt ventiler - sekundær udslipsgrad
- Overflade i blandetank såfremt ethanol pumpes ind først - sekundær udslipsgrad

I det følgende er vurderingerne beskrevet for begge udslipstyperne.

5.2.4.1 Flanger og andre samlinger samt ventiler

Omfanget af flanger og andre samlinger samt ventiler er af et sådant omfang, at det giver anledning til klassifikation uanset om der anvendes en risikobaseret vurdering. Størrelsen af lækagen er vurderet på baggrund af afsnit B2.4. Som samlinger er der anvendt flanger og clamps. Der er regnet med en lækagestørrelse på $0,05 \text{ mm}^2$ for disse. Ventilerne anvendes ikke ofte, og der er derfor tilsvarende anvendt en lækagestørrelse på $0,05 \text{ mm}^2$. Pumpning af ethanol ind i blandetanken sker ved et tryk på op til 3 bar og med en ydelse på ca. 1.200-1.400 l/h.

Gennem anvendelse af formlen i afsnit B.2.5 og følgende værdier: $A = 0,05 \text{ mm}^2$, $C_d = 0,6$, $P_{\text{ex}} = 3 \text{ bar}$ minus atmosfæretryk, $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ fås en volumenstrøm på $Q = 0,0023 \text{ m}^3/\text{h}$ og en massestrøm på $0,00055 \text{ kg/s}$ eller $1,99 \text{ kg/h}$.

Ved vurdering af hvor stort et område væsken vil flyde ud over, er der taget udgangspunkt i, at den samlede udslipsmængde på 1 time opbygger en gennemsnitlig lagtykkelse på 3 mm med fradrag for den væskemængde der fordampes fra arealet i løbet af en time. Ved anvendelse af formlen for fordampning i afsnit B.4.1 med følgende værdier:

- Molvægt $M_v = 46,1 \text{ kg/kmol}$
- Vindhastighed $u = 0,1 \text{ m/s}$
- Areal $A = 1 \text{ m}^2$
- Væsketemperatur $T_L = 293 \text{ K}$
- Damptryk $P_{\text{sat}} = 5.880 \text{ Pa}$

fås fordampningshastigheden $E_v = 0,121 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} = 0,14 \text{ l/ m}^2 \cdot \text{h} = 0,00014 \text{ m}^3/ \text{m}^2 \cdot \text{h}$. Spildets areal beregnes på baggrund af 1 times udslip som:

$$A_{\text{spild}} \cdot 0,003 + E_v \text{ (i m}^3\text{)} \cdot A_{\text{spild}} = \text{Volumen} \Rightarrow$$

$$A_{\text{spild}} \cdot 0,003 + 0,00014 \cdot A_{\text{spild}} = 0,0023 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$A_{\text{spild}} = 0,0023 / (0,003 + 0,00014) = 0,73 \text{ m}^2$$

Da der ved små udslip vil være en risiko for mindre lagtykkelse er der dog regnet med $A_{\text{spild}} = 1 \text{ m}^2$. Den samlede fordampning til rummet bliver derfor $DG/dt = A_{\text{spild}} \cdot E_v = 1 \text{ m}^2 \cdot 0,121 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} = 0,121 \text{ kg/h} = 0,000034 \text{ kg/s}$. Metodikken i DS/EN 60079-10 anvendes med følgende forudsætninger:

- $LEL_m = 0,063 \text{ kg/m}^3$
- $T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$
- $k = 0,50$ (sekundært udslip)
- $f = 4$ (generel rumudsugning med indblæsning ved loft og udsugning midt i rummet)
- $X_0 = 5,8 \text{ vol\%}$ (mætningstryk ved 20°C)
- $C = 9,3 \text{ g/h} = 0,0026 \text{ g/s}$

Minimum mængde frisk luft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\text{min}} = \frac{dG/dt_{\text{max}}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{0,000034}{0,50 \cdot 0,063} \cdot \frac{293}{293} = 0,00108 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\text{min}}}{C} = \frac{4 \cdot 0,00108 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,0026} = 1,73 \text{ m}^3$$

Tiden til fortynding efter udslippet kan tilsvarende beregnes til 1.930 s (32 min.). Da det hypotetiske volumen overstiger $0,1 \text{ m}^3$, men er mindre end rumvolumen - samtidig med - at tiden til fortynding er mindre end 1 time er ventilationsgraden middel. Da ventilationsanlægget er et traditionelt anlæg uden backup er ventilationens tilgængelighed acceptabel.

5.2.4.2 Overflade i blandetank

Såfremt blandetanken fyldes med ethanol først vil der ske fordampning fra overfladen, men da der er udsugning fra tanken vil dampene blive fortyndet. Det er på den baggrund vurderet at ventilationsgraden er middel. Ventilationens tilgængelighed er acceptabel.

5.2.4.3 Klassifikation

I tabel 5.3 er de relevante parametre gengivet sammen med den valgte klassifikation.

Udslipkilde	Udslipsgrad	Ventilationsgrad	Tilgængelighed	Klassifikation
Flanger, ventiler mm.	Sekundær	Middel	Acceptabel	Zone 2 indtil 1,5 m fra blandetank, flanger og ventiler
Overflade i blandetank	Sekundær	Middel	Acceptabel	Zone 2 i blandetank

Tabel 5.3. Parametre samt resulterende klassifikation i blanderummet hos Alharma.

Udstrækningen er vurderet med udgangspunkt i det hypotetiske volumen. Desuden klassificeres udsugningskanaler på samme måde som området der suges fra, dvs. zone 2.

5.3 Alharma - produktionsrum

I dette eksempel vurderes mulighederne for at spare på rumventilationen i et produktionsrum, hvor der anvendes en række opløsningsmidler i processen. Størstedelen af produktionsanlægget er normalt lukket, men åbnes i kortere perioder under normal drift. Rummet er beliggende hos Alharma ApS. Nedenstående billede viser en del af produktionsrummet.



Figur 5.5. Produktionsrum hos Alharma.

Rummet ventileres med et luftskifte på 25 gange i timen og der er direkte sug på størstedelen af produktionsanlægget. I forbindelse med at rensede filterdug drypper af samt ved mon-

tering af rensed filterdug er der dog en åben proces uden punktudsugning. Til vurderingen anvendes diagrammetoden opstillet i kapitel 4 i denne rapport. Efterfølgende anvendes fremgangsmåden beskrevet i kapitel 3 til bestemmelse af den resulterende klassifikation. Beskrivelsen og beregningerne er forenklede for at begrænse omfanget.

5.3.1 Beskrivelse af indretning, anlæg, ventilation og produktdata

Indretning:

I rummet er der opstillet forskelligt produktionsudstyr (procesbeholdere, filterpresse, pumper samt kulvaskfilter, der er en beholder med låg til rensning af filterdug). Alle beholdere åbnes i forbindelse med produktionen. Den mest flygtige blanding der anvendes i produktionsudstyret er ren methanol. Tilførsel af methanol sker fra små transportable tanke placeret udenfor bygningen. Rummets dimensioner er ca. 6,6 x 4,8 x 2,85 m (l x b x h) svarende til et rumvolumen på ca. 90 m³.

Ventilation:

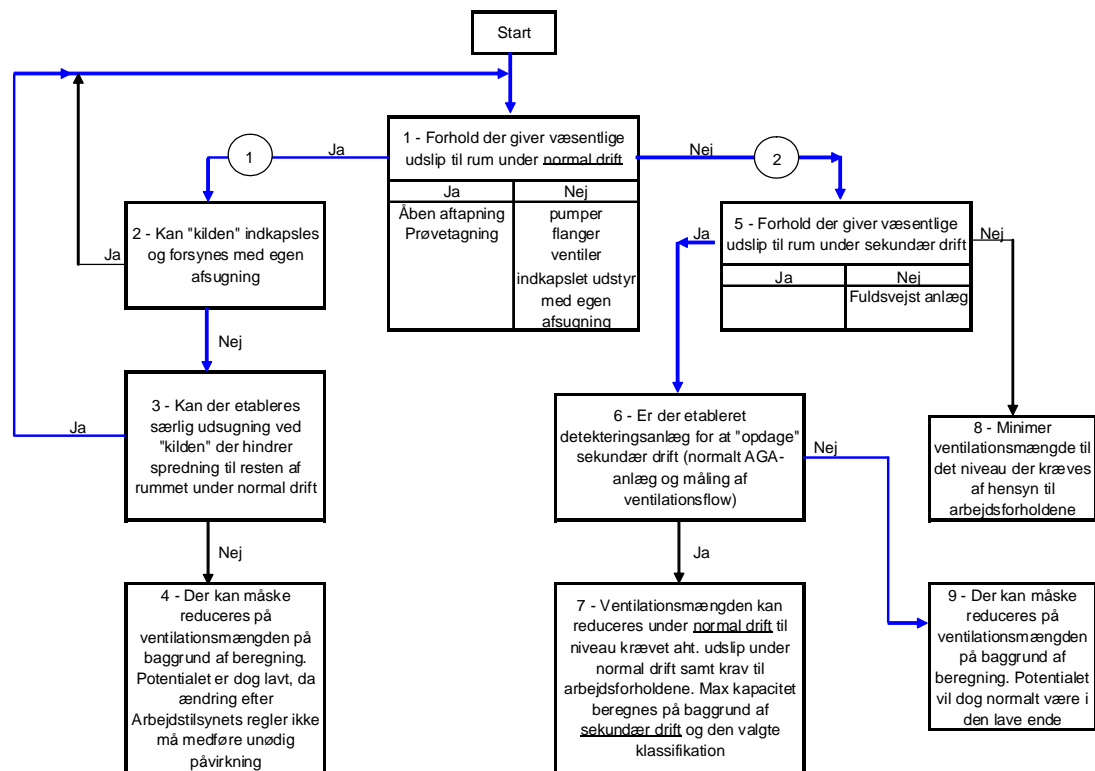
Ventilationsanlægget blæser luft ind gennem armaturer 2 m over gulv og fordelt over hele rummets længde. Udsugningen er fordelt over et ca. 1 m højt stykke startende ved gulvniveau. Udsugningens kapacitet er 2.250 m³/h svarende til et luftskifte på 25 g/h eller 0,0069 g/s. Desuden er der punktsug fra produktionsbeholderne. Kapaciteten er ikke kendt.

Produktdata mm for methanol:

- Produkttemperatur: ca. 19°C
- Rumtemperatur: ca. 19°C
- Flammepunkt: ren methanol ca. 11°C.
- Molvægt: 32,042 kg/kmol
- Nedre eksplosionsgrænse: 6 vol%, svarende til 0,080 kg/m³
- Damptryk ved 19°C: 12.336 Pa.

5.3.2 Vurdering af potentiale for besparelse gennem anvendelse af metodik

I det følgende er diagrammet til bestemmelse af mulighed for besparelser på ventilationen anvendt. For illustrationens skyld er gennemløbet beskrevet ud fra at alle processer foregår i åben forbindelse med rummet. Diagrammet fra afsnit 4 er vist nedenfor med angivelse af den rute, som svarene på de stillede spørgsmål giver anledning til - med andre ord, hvorledes diagrammet anvendes til generering af analyseresultatet.



Figur 5.6. Anvendelse af analysediagrammet til estimering af, om der er mulighed for reduktion af luftmængden.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Ja. Produktionsbeholdere åbnes i forbindelse med normal drift samt rengøring ⇒ gå til 2.

Filterpresse gennemblæses med trykluft i 30 min inden filteret skilles ad og afdampningen er derfor meget beskeden og kortvarig.

Andre filtre, bortset fra kulvaskfilter, gennemskylles med vand inden de adskilles.

2 - Kan kilden indkapsles og forsynes med egen afsugning

Nej. Procesbeholdere åbnes under normal drift og kan derfor ikke indkapsles. ⇒ gå til 3.

3 - Kan der etableres særlig udsugning ved kilden der hindrer spredning til resten af rummet

Ja. Produktionsbeholdere er forsynet med direkte sug i beholderen med en sådan kapacitet, at der ikke opleves lugtgener ved lågen til beholderen når den åbnes i det daglige ⇒ gå til 1.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Ja, adskillelse af fleksibel forbindelse mellem pumpe og filterpresse

2 - Kan kilden indkapsles og forsynes med egen afsugning

Nej. Adskillelsen af den fleksible forbindelse sker i rummet. ⇒ gå til 3.

3 - Kan der etableres særlig udsugning ved kilden der hindrer spredning til resten af rummet

Ja. Der er etableret punktsug ved det sted hvor den fleksible forbindelse adskilles. ⇒ gå til 1.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Ja, ved kulvaskfilter når de rensede filterdugene hænges til afdrypning samt indtil filterdugene er skyllet med vand.

2 - Kan kilden indkapsles og forsynes med egen afsugning

Nej. Det vil kræve en omfattende ændring af udformningen. ⇒ gå til 3.

3 - Kan der etableres særlig udsugning ved kilden der hindrer spredning til resten af rummet

Ja. Det er dog ikke etableret på nuværende tidspunkt.

Da der ikke er gasdetektering i rummet, er der ikke mulighed for at detektere sekundær drift, og dermed skal ventilationen til stadighed have en ydelse, så såvel udslip under normal drift og sekundær drift kan håndteres. Da de sekundære udslip (fx pumpe-lækage) er større end udslippene ved kulvaskfilteret under normal drift er etableringen af punktsug ikke umiddelbart afgørende for besparelespotentialiet i relation til risikoen for eksplosion. Af arbejdsmiljømæssige årsager vil der dog blive etableret punktsug ved kulvaskfilteret såfremt rumventilationen reduceres.

Der er derfor taget udgangspunkt i at der etableres punktsug, dvs. ⇒ gå til 1.

1 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under normal drift

Nej ⇒ gå til 5.

5 - Forhold der giver væsentlige udslip til rum under sekundær drift

Ja. Flanger, ventiler samt pumper kan ved lækage give væsentlige udslip i rummet. ⇒ gå til 6

6 - Er der etableret detekteringsanlæg for at "opdage" sekundær drift

Nej. Der er alene flowmåling på ventilationens indblæsning i kombination med, at der styres efter et overtryk i rummet på 3 mm H₂O. ⇒ gå til 9.

9 - Der kan måske reduceres ventilationskapacitet på baggrund af beregning

Da de større udslip der kan forekomme under sekundær drift ikke kan detekteres er det nødvendigt at opretholde den nødvendige ventilationskapacitet hele tiden.

Det største udslip der kan forekomme under sekundær drift er lækage på en pumpe pakdåse. Det er i det følgende beregnet hvor stort udslip af dampe dette giver. På baggrund heraf er det beregnet hvilket luftskifte der er nødvendigt, idet der er taget udgangspunkt i at rummet, på nær eventuelle lokalområder, kan klassificeres som zone 2. Dette er valgt, da hele rummet som minimum skal klassificeres som zone 2 som følge af pumper, flanger, ventiler, åbne procesbeholdere i kombination med svigt af ventilation i beholderen m.m. Størrelsen af lækagen er vurderet på baggrund af data fra bilag 3.

Pumperne er centrifugalpumper med enkelt pakdåse og pumpekapaciteten er ca. 2,5 m³/h ved et tryk på op til 4 bar. På baggrund af kapaciteten er der regnet med en hulstørrelse på $0,2 + (0,7 - 0,2) \cdot 2,5 / 50 = 0,23 \text{ mm}^2$.

På baggrund af

- hulstørrelse $A = 0,23 \text{ mm}^2$, idet der er regelmæssig inspektion for begyndende lækage.
- $C_d = 0,6$
- $P_{ex} = 4 \text{ bar}$ minus atmosfæretryk.
- $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

og formlen i bilag B3 fås volumenstrømmen $Q = 0,013 \text{ m}^3/\text{h}$ og massestrømmen $0,0029 \text{ kg/s}$ eller $10,65 \text{ kg/h}$.

Ved vurdering af hvor stort område væsken vil flyde ud over er der taget udgangspunkt i at den samlede udslipsmængde på 1 time opbygger en gennemsnitlig lagtykkelse på 3 mm med fradrag for den væskemængde der fordampes fra arealet i løbet af en time. Ved anvendelse af formlen for fordampning i afsnit B.4.1 med følgende parametre:

- Molvægt $M_v = 32,0 \text{ kg/kmol}$
- vindhastighed $u = 0,1 \text{ m/s}$
- Arealet $A = 1 \text{ m}^2$
- Væsketemperatur $T_L = 293 \text{ K}$
- Damptryk $P_{\text{sat}} = 12.336 \text{ Pa}$

fås fordampningshastigheden $E_v = 5,6 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s} = 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} = 0,25 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h} = 0,00025 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Spildets areal beregnes på baggrund af 1 times udslip:

$$A_{\text{spild}} \cdot 0,003 + E_v \cdot A_{\text{spild}} = \text{Volumen} \Rightarrow$$

$$A_{\text{spild}} \cdot 0,003 + 0,00025 \cdot A_{\text{spild}} = 0,013 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$A_{\text{spild}} = 0,013 / (0,003 + 0,00025) = 4,0 \text{ m}^2$$

Den samlede fordampning til rummet bliver derfor:

$$DG/dt = A_{\text{spild}} \cdot E_v = 4 \text{ m}^2 \cdot 0,20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} = 0,80 \text{ kg/h} = 0,00022 \text{ kg/s}$$

Metodikken i DS/EN 60079-10 anvendes i første omgang med følgende forudsætninger svarende til det nuværende luftskifte:

- $LEL_m = 0,080 \text{ kg/m}^3$
- $T = 19^\circ\text{C} = 292 \text{ K}$
- $k = 0,50$, sekundært udslip
- $f = 3$, generel rumudsugning med indblæsning i ca. 2/3 af rumhøjden og udsugning fra gulv og 1 m herover.
- $X_0 = 12,2 \text{ vol\%}$ (mætningstryk ved 19°C)
- $C = 25 \text{ g/h} = 0,0069 \text{ g/s}$.

Minimum mængde frisk luft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\text{min}} = \frac{dG/dt_{\text{max}}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{0,00022}{0,50 \cdot 0,080} \cdot \frac{292}{293} = 0,0055 \text{ m}^3/\text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\text{min}}}{C} = \frac{3 \cdot 0,0055 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0069} = 2,4 \text{ m}^3$$

Tiden til fortynding efter udslippet kan tilsvarende beregnes til ca. 609 s (10 min.). Kriterierne for at rummet ved det sekundære udslip fra pumperne kan klassificeres som zone 2 er, at det hypotetiske volumen er mindre end rumvolumen samtidig med, at det tager relativt kort tid at fortynde blandingen, når først udslippet er stoppet. Da væskedampene er tungere end luften er der dog alene medtaget 1,5 m af rumhøjden svarende til ca. 48 m^3 og for tiden til fortynding er 1 time valgt som kriterium.

Det er fundet at et luftskifte på 0,0012 g/s svarende til ca. 4,3 g/h giver et hypotetisk volumen på 13,8 m³ samt en tid til fortynding på ca. 3.500 s (ca. 1 time).

5.3.3 Konklusion

På baggrund af en konkret vurdering af et produktionsrum, hvor der anvendes brandfarlige væsker er det fundet, at ventilationen i rummet i kombination med punktsug ved procesbeholdere mm skal sikre fortynding af dampe fra primære udslip under normal drift. Under sekundær drift skal ventilationen sikre tilstrækkelig fortynding af sekundære udslip, så disse kun giver anledning til klassifikation som zone 2.

På nuværende tidspunkt sker der udslip ved kulvaskfilter under normal drift og der er ikke punktsug. Udslippet er væsentligt mindre end det der under sekundær drift kan opstå, fx ved lækage på en pumpes pakdåse. Da der ikke er AGA-anlæg til at detektere sekundær drift vil denne udslipkilde ikke berøre potentialet for at spare på ventilationen i relation til risikoen for eksplosion. Af arbejdsmiljømæssige årsager vil der dog blive etableret punktsug ved kulvaskfilteret såfremt rumventilationen reduceres.

Det er fundet, at tilstrækkelig fortynding af dampene ved det største sekundære udslip (lækage på pumpes pakdåse) kan sikres med et luftskifte på ca. 4,3 h⁻¹. Da beregningerne og de tilhørende antagelser er behæftet med en vis usikkerhed foreslås luftskiftet kun nedsat til 6 h⁻¹.

Ventilationens kapacitet kan således nedsættes fra 25 h⁻¹ (2.250 m³/h) til 6 h⁻¹ (540 m³/h) med en klassifikation af hovedparten af rummet som zone 2. Dette svarer til en reduktion af luftmængden på ca. 75%. På årsbasis svarer det til, at der kan opnås følgende besparelser på driften af ventilationsanlægget:

	Elforbrug	Varmeforbrug
Før analysen [kWh]	5.475	78.140
Efter analysen [kWh]	1.900	25.390
Besparelse [kWh]	3.575	52.740
Besparelse [%]	65%	70%

Elbesparelsen er beregnet ved at nedsætte luftmængden gennem spjældregulering. Ved frekvensregulering ville man kunne nedsætte forbruget med 85%. Den yderligere besparelse kan dog ikke tilbagebetale indkøb og installation af en frekvensomformer indenfor med en rimelig tilbagebetalingstid. Af tabellen fremgår det også tydeligt, at det primært er varmebesparelsen, der gør forslaget økonomisk givtigt for Alpharma.

5.3.4 Klassifikation af eksplosionsfarlige områder

I det følgende er klassifikationen af eksplosionsfarlige områder beskrevet. Beskrivelsen er baseret på at der ikke er punktsug ved kulvaskfilteret.

Ved vurderingen er der taget udgangspunkt i at rummet som helhed skal klassificeres som zone 2, idet der er en række sekundære udslipsskilder i rummet, herunder pumper, flanger og ventiler. Desuden vil svigtende ventilation i fx procesbeholdere give anledning til zone 2 områder omkring procesbeholderens låger.

Herudover er der følgende udslipsskilder under normal drift:

- Kulvaskfilter - afdrypning samt skylning med vand mm i et relativt kort tidsrum.
- Afkobling af slange mellem filterpresse og pumpe.
- Indvendigt i procesbeholdere.

Parametrene der indgår i klassifikationen samt selve klassifikationen fremgår af følgende tabel. Ved vurderingen af zone 1 områdets udstrækning er der taget hensyn til at afdampningen kun sker i en relativ kort periode af gangen. Såfremt rumventilationens kapacitet nedsættes uden at der etableres punktsug ved kulvaskfilteret vil udstrækningen af zone 1 området blive væsentligt forøget.

Udslipsskilde	Udslipsgrad	Ventilationsgrad	Tilgængelighed	Klassifikation
Kulvaskfilter - afdrypning mm	Primær	Middel	Acceptabel	Indtil 1 m fra kulvaskfilter og afdrypningssted og 0,5 m herover
Afkobling af slange ved filterpresse	Primær	Middel	Acceptabel	Indtil 0,5 m fra og over samlingerne og til gulv
Overflade i procesbeholdere	Kontinuerlig	Lav	Acceptabel	Zone 0 i procesbeholdere
Diverse sekundære kilder i rummet	Sekundær	Middel	Acceptabel	Zone 2 i hele rummet
Ventilationskanaler				Zone 1 i udsugningskanaler fra procesbeholdere, idet der sker opblanding med luft fra rummet. Zone 2 i udsugningskanaler fra rum

Tabel 5.4. Parametre samt resulterende klassifikation i produktionsrum hos Alpha

6 Perspektivering samt anbefalinger til videre arbejde

6.1 Potentiale for elbesparelser

På basis af kortlægningen samt de tre cases kan der opstilles et potentiale for, hvor meget elforbruget kan reduceres i EX-områder. Dette potentiale vil dog meget sandsynligt være højere end hvad der egentligt kan realiseres. Årsagen skyldes primært, at de tre cases har vist elbesparelser der umiddelbart har været realiserbare - enten uden omkostninger eller ved meget begrænsede omkostninger. I alle tilfældene har tilstedeværelsen af personale enten været meget begrænset eller også har etableringer af eksempelvis punktudsug betydet, at regler omkring arbejdsmiljø umiddelbart overholdes, selvom ventilationen nedsættes.

Der vil imidlertid være mange steder, hvor dette ikke umiddelbart kan finde sted. Den primære årsag er, at der ikke er etableret tilstrækkelige værn til at sikre et acceptabelt arbejdsmiljø såfremt rumventilationen reduceres. Her tænkes typisk på indkapslinger af det eksplosionsfarlige stof eller eksempelvis direkte punktsug fra kilden. I visse tilfælde vil dette være vanskeligt at foretage, eksempelvis ved komplicerede konstruktioner af specielle maskiner, eller også fordi det materiale der kan skabe en eksplosiv atmosfære anvendes forskellige steder (eksempelvis i forbindelse med sprøjtelakering af emner).

Set ud fra en teoretisk betragtning dels baseret på erfaring samt baseret på de resultater opnået via dette projekt, vil det sandsynligvis være muligt at opnå 70-80% besparelser i 50% af virksomhederne samt yderligere 20-30% besparelser i de resterende 50% af virksomhederne. Hvis dette overføres på det estimerede forbrug til EX-ventilation opnås et realistisk potentiale på ca. 47 GWh svarende til ca. 50% af det eksisterende forbrug. Realisering af dette potentiale kræver dog, at der foretages en række forbedringer omkring udsugningsforholdene, der i visse tilfælde kan være meget bekostelige.

En mere realistisk betragtning baseret på de erfaringer opnået i dette projekt samt analyser foretaget på andre virksomheder er:

- Det er muligt at opnå 70-80% besparelser i 10% af det totale forbrug, hvor tilbagebetalingstiden er mindre end 2 år.
- Det er muligt at opnå 30-50% besparelser i 30% af det totale forbrug, hvor tilbagebetalingstiden er mindre end 2 år.
- Det er muligt at opnå 0-30% besparelser i 20% af det totale forbrug, hvor tilbagebetalingstiden er mindre end 2 år.
- Det er muligt at opnå 0-30% besparelser i 20% af det totale forbrug, hvor tilbagebetalingstiden er mindre end 5 år.
- Der kan ikke realiseres besparelser i de resterende 20% af forbruget eller også er investeringen hertil alt for stor (i visse tilfælde kan man risikere, at forbruget faktisk stiger).

Gennemsnitligt og realistisk set anslås det derfor, at der kan realiseres ca. 21 GWh med en tilbagebetalingstid på mindre end 2 år. Potentialet stiger til ca. 24 GWh, såfremt tilbagebetalingstiden kan øges til 5 år.

Med i disse betragtninger er, at der ganske ofte opnås yderligere - og betydelige - energibesparelser i form af varmebesparelser. Dette var således også tilfældet i de tre cases. Da varmebesparelserne ofte er langt større og derfor udgør en langt større andel af de økonomiske besparelser, er det realistisk at tro at hovedandelen af tilbagebetalingstiden for besparelserne opnås indenfor en kortere årrække, end hvad der ellers er sædvanligt. Det realistiske elsparepotentiale svarer til ca. 25% af det anslåede elforbrug til EX-ventilation i Danmark.

6.2 Hvorledes kan besparelserne realiseres

Alle virksomheder, hvor der forefindes EX-områder, skal foretage en udvidet arbejdspladsvurdering i henhold til Arbejdstilsynets vejledning nr. 478. Der er derfor begrundet tro på, at mange virksomheder de senere år har stiftet bekendtskab med reglerne omkring klassifikation. Virksomhederne vil, som et minimum, i hvert tilfælde have arbejdspladsvurderingen tilgængeligt, hvilket er et godt redskab til at foretage en videre vurdering af, hvorvidt klassifikationen eller ændringer i klassifikationen giver mulighed for opnåelse af energibesparelser. Der er således 4 målgrupper, der vil være i stand til at realisere besparelserne i virksomheder, hvoraf i hvert tilfælde de 3 er oplagte:

1. Virksomhederne selv
2. Rådgivende ingeniører
3. Energirådgivere
4. Producenter af EX-udstyr
5. Myndigheder

6.2.1 Virksomhederne selv

I en række virksomheder, specielt større virksomheder, er arbejdspladsvurderingen foretaget af virksomhedens egne folk, som så er trænet i at foretage klassificering og dokumentation selv. Et eksempel herpå er Cheminova som selv foretager alle deres APV'er.

I de tilfælde hvor virksomheden selv er i stand til- og selv foretager APV'en, er det oplagt, at virksomheden yderligere gøres opmærksom på muligheden for opnåelse af energibesparelser. Der er tale om en relativ simpel analyse, der tidsmæssigt ikke er specielt belastende. Det der taler imod dette er, at de personer der foretager disse analyser traditionelt beskæftiger sig med personsikkerhed mv. De har således ikke typisk incitament eller viden til også at analysere for energibesparelser.

Dertil kommer, at det kan være forbundet med betydelige personalemæssige problemer eksempelvis at reducere ventilationsmængden. Årsagen til dette skyldes, at der hurtigt kan dannes usikkerhed hos eksempelvis driftspersonalet, der måske ikke har forståelse for, hvorfor det "pludseligt" er muligt at reducere ventilationsmængden samtidig med at sikkerheden ikke tilsidesættes.

Et alternativ kan være såfremt virksomheden har en energi- eller miljøansvarlig. Denne person eller organisation kan være en indgangsvinkel til, at de nye regler åbner op for muligheder for energibesparelser. Det er et oplagt projektemne for virksomheder der er i besiddelse af Energiledelsessystemer (ISO 2403) eller Miljøledelsessystemer (EMAS eller ISO14001).

Påvirkningsmulighederne overfor virksomhederne direkte kan ske gennem brancheforeninger samt beskrivelse i relevant litteratur. Det kan endvidere ske via gå-hjem-møder, hvor der rettes fokus på mulighederne - meget gerne samtidig med, at der redegøres for de ændrede regler, således at målgruppen rammes bredere.

Gennem dette projekt er det valgt at fokusere på anvendelse af gå-hjem-møde afholdt i Ingeniørforeningen Danmark (IDA), ligesom der er skrevet en artikel i VVS-bladet. Endelig søges virksomhederne ramt i forbindelse med uddeling af projektfolderne, som udsendes centralt fra Dansk Energi - Net.

6.2.2 Rådgivende virksomheder

Rådgivende ingeniører udgør en større målgruppe for dette projekt. Årsagen er, at mange virksomheder har valgt at få foretaget deres APV af et rådgivende firma. I dette projekt medvirker der flere firmaer som rådgiver omkring APV og klassifikation. Ligeledes forsøges målgruppen ramt ved at afholde gå-hjem-møde i Ingeniørforeningen Danmark (IDA). Endeligt søges målgruppen ramt via en artikel i VVS-bladet.

6.2.3 Energirådgivere

Denne målgruppe er sandsynligvis den vigtigste. Årsagen er, at energirådgivere, herunder naturligvis energirådgivere fra forsyningsselskaberne, har:

- fokus på energibesparelser
- kendskab og kontakter til virksomheder
- mulighed for at påpege u hensigtsmæssig drift.

Såfremt energirådgiverne også gøres opmærksom på denne mulighed, vil de kunne bruge muligheden som et yderligere redskab/værktøj i deres tilbud til virksomhederne. Det vil ikke

nødvendigt være sikkert, at rådgiverne vil være i stand til at foretage klassifikation, men de vil som det mindste være i stand til at vurdere, hvorvidt en given produktionsproces bør underkastes nærmere undersøgelser.

Denne målgruppe er primært søgt ramt gennem udarbejdelse af en projektfolder, som uddeles centralt fra Dansk Energi - Net. Endvidere søges målgruppen ramt via en artikel udarbejdet af fagbladet El og Energi.

6.2.4 Producenter og forhandlere af EX-udstyr

Producenter af EX-udstyr - og i særdeleshed - virksomheder som laver specielle ventilations- og udsugningsanlæg til EX-områder, bør være bevidst om mulighederne. Årsagen til dette er dels, at de så vil være i stand til at rådgive virksomheder bedre. En anden grund er naturligvis, at de i mange tilfælde gives mulighed for at sælge et anlæg, som i investering måske er dyrere for virksomheden. Virksomheden vil dog tjene merinvesteringen hjem via energibesparelser, således at såvel virksomheden som producenten/forhandleren er tilfredse.

Denne målgruppe er igen søgt ramt via gå-hjem-møde i Ingeniørforeningen Danmark (IDA), ligesom de søges ramt via en artikel i VVS-bladet.

6.2.5 Myndigheder

De relevante myndigheder er her Beredskabsstyrelsen, Arbejdstilsynet samt de lokale beredskabsmyndigheder. Hvor Beredskabsstyrelsen og de lokale beredskabsmyndigheder primært beskæftiger sig med klassifikation i form af godkendelse af klassifikationen med henblik på at sikre brand- og eksplosionssikkerheden, varetager Arbejdstilsynets ansatte personers sikkerhed.

Uanset hvilken tilgangsvinkel den enkelte myndighed har, ligger fokus hos den pågældende myndighed ikke i energibesparelser. Det kan derfor ikke forventes, at den pågældende myndighed vil gøre virksomheder opmærksomme på muligheden, da det ikke er deres fokusområde. Tiltag såsom punktudsugning og indkapsling der anbefales i denne rapport vil dog også have positiv indflydelse på såvel arbejdsmiljø som brandrisiko. Myndigheden skal i disse tilfælde være i stand til at gennemskue, at hensynet til opnåelse af energibesparelser med de rette tiltag kan ske uden at gå på kompromis med sikkerheden, herunder at grænseværdier overholdes og at der ikke sker unødigt påvirkning af personer ved de gennemførte ændringer. Det er her at skiftet fra de gamle regler til de nye regler er opstået.

I dette projekt har myndighederne således også været involveret med henblik på, at de dels bliver informeret om de nye muligheder, og dels at de kan få lejlighed til at påvirke de tolkninger og antagelser, der i mange tilfælde ligger til grund for beregningerne.

I dette projekt er myndighederne direkte involveret i projektet, og der dermed løbende blevet informeret om projektets resultater. Ligeledes er der udarbejdet en artikel i HVAC magasinet, nr. 10, 2006.

7 Konklusion

Projektets formål var at udvikle metoder til- samt demonstrere hvorledes elforbruget til ventilation i områder med risiko for brand og farlige stoffer, sikkerheds- og brandmæssigt forsvarligt, kan minimeres og styres efter behov, ud fra en mere nuanceret og risikobaseret vurdering.

Årsagen til, at dette er blevet muligt skyldes en ændring i reglerne om principperne for klassifikation. Således baseres klassifikation og ventilation i EX-områder nu på den nye "Bekendtgørelse nr. 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder". Der lægges her op til en individuel funktionsbaseret risikovurdering. Det giver mulighed for, at ventilationen dimensioneres ud fra en analyse på grundlag af de pågældende stoffers egenskaber og brug, således at en tilfredsstillende brandsikkerhed opnås. De arbejdsmiljømæssige krav til grænseværdier skal desuden tilgodeses.

Projekt har været gennemført i samarbejde med lovgivende og kontrollerende myndigheder, for at sikre en afdækning af de grænseflader der vil opstå ved den ændrede og mere nuancerede tilgangsvinkel.

Den overordnede konklusion er, at der er udviklet en systematisk metode til at gennemgå en virksomheds EX-områder med speciel fokus på, om det er muligt at reducere energiforbruget til ventilation. Metoden er testet på EX-rum hos virksomhederne Cheminova og Alpharma. Under dette forløb er metodikken tilrettet til den nuværende form.

Metodikken er papirbaseret, og er retningsgivende for hvilke muligheder for energibesparelser der er på de specifikke anlæg. Metodikken kan dog ikke anvendes isoleret set, men kræver kendskab til og anvendelse af den nye bekendtgørelse samt i særdeleshed den tilhørende vejledning fra Beredskabsstyrelsen samt den europæiske standard for klassifikation af eksplosionsfarlige områder (DS/EN 60079-10).

Kapitel 2 er en kortlægning af elforbruget til EX-ventilation i Danmark. Kortlægningen tager udgangspunkt i indmeldinger af forbrug til ventilation og procesblæsere i elselskabernes registreringsdatabase "Unitool". Disse forbrug er derefter manuelt sorteret efter, hvor der specifikt findes forbrug til EX-ventilation. Udtrækkene af data er foretaget i NESA's forsyningsområde og derefter skaleret op til landsplan. Resultaterne af kortlægningen viser et estimeret elforbrug til EX-ventilation i NESA's område på 18 GWh. Skaleret til landsbasis svarer dette til et forbrug på ca. 94 GWh. Det har ikke været muligt at opdele forbruget korrekt på brancher, da fordelingen på virksomheder i specifikke brancher ikke er repræsentativ. I stedet indeholder kapitlet en opstilling af brancher, hvor der forventeligt vil kunne findes EX-ventilation i større eller mindre grad.

I kapitel 3 gives en kort baggrund for klassifikation og EX-ventilation. I kapitlet redegøres endvidere for, hvorledes ventilation af central betydning for klassifikationen. Desto større luftskifte desto mindre område skal klassificeres og omvendt. I kapitlet gives endvidere kort baggrund og beskrivelse for ændringerne i reglerne der betyder, at frihedsgraderne til at bestemme "forholdet" mellem klassifikation og ventilation er øget. Endelig gives en kort introduktion til begreber som: klassifikation, zoner, ventilationsgrad og ventilationens tilgængelighed. Begreber som er nødvendige for at forstå de følgende cases. Kapitlet er langt fra uddybende, og er alene givet med det formål at give læseren et overblik over de begreber der anvendes.

I kapitel 4 præsenteres den udviklede metodik til identifikation af mulighederne for energibesparelser på ventilationen i EX-områder. Metodikken er udviklet på baggrund af den eksisterende metodik til klassifikation. Det skyldes, at klassifikation af et område primært benyttes til at identificere risikoområderne og de dertil hørende muligheder der findes for at mindske påvirkningen på mennesker - herunder også muligheden for "ned-klassificering" af områder, hvilket giver mulighed for at indkøbte komponenter, såsom elektrisk udstyr, ventiler og pumper mv. kan gøres billigere. I den eksisterende metodik har der imidlertid aldrig været fokus på muligheden for at mindske udgifterne til ventilation. Den nye metodik udvider således mulighederne i virksomhederne for at optimere forholdet mellem klassificering - og de dertil hørende krav om ventilation og udstyr - og driftsbesparelser på ventilation.

Kapitel 5 består af 3 cases, hvor metodikken anvendes. Formålet med casene var således dels at vise metodikken i anvendelse og dels at give eksempler på, hvilke muligheder for energibesparelser der kan opnås. Hertil kommer naturligvis, at metodikken løbende er justeret ved anvendelse af de 3 cases. Metodikken er således udviklet som en iterativ proces gennem forløbet af casene.

Resultatet af case nr.1 foretaget hos Cheminova viste, at rumventilationen uden nogen arbejdsmiljømæssig risiko kan nedsættes med 80% af det eksisterende niveau. Da ventilationsanlægget også bruges som opvarmning i arbejdsområdet opnås der i praksis ikke en tilsvarende høj besparelse, men dog stadig en årlig elbesparelse på 55% af det eksisterende elforbrug. Der opnås en procentuel ligeså høj varmebesparelse. Alle anlæg var i forvejen udstyret med reguleringsmæssige muligheder, således at besparelsen opnås omkostningsfrit.

Resultatet af case nr.2 foretaget i et blanderum hos Alpharma viste, at ventilationen i rummet under normal drift alene skal sikre acceptable arbejdsmiljøforhold. Under sekundær drift skal ventilationen sikre tilstrækkelig fortynding af sekundære udslip i sammenhæng med den valgte klassifikation. Da rummet er forsynet med gasdetekteringsanlæg er det muligt at opdage sekundære udslip og forcere ventilationen. Luftskiftet kan derfor, under normal drift, nedsættes fra de eksisterende ca. 9 gange i timen til ca. 1 gang i timen - altså en reduktion af luftmængden i størstedelen af året på ca. 90%. Besparelserne i elforbruget er beregnet til

mere end 90% af det eksisterende elforbrug, mens besparelserne i varmeforbruget er beregnet til 85% af det eksisterende.

Resultatet af case nr.3 foretaget i et produktionsrum hos Alpharma viste, at ventilationen i rummet i kombination med punktsug ved procesbeholdere skal sikre fortynding af dampe fra primære udslip under normal drift. Under sekundær drift skal ventilationen sikre tilstrækkelig fortynding af sekundære udslip, så disse kun giver anledning til klassifikation som zone 2. En beregning viser, at luftskiftet kan nedsættes fra de eksisterende 25 h⁻¹ til 4,6 h⁻¹. Af sikkerhedsmæssige årsager ændres dette til at anbefale 6 h⁻¹. Det er dog vurderet, at der i så fald skal etableres punktsug ved et kulvaskfilter af arbejdsmiljømæssige årsager. Dette svarer til en reduktion i luftmængden på 75% ved normal drift. Besparelserne i elforbruget er beregnet til ca. 65% af det eksisterende elforbrug, mens besparelserne i varmeforbruget er beregnet til 70% af det eksisterende.

I kapitel 6 redegøres for besparelspotentialet. I kapitlet peges på, at det "teoretiske" mulige besparelspotentiale er vurderet til 47 GWh svarende til ca. 50% af det totale forbrug til EX-ventilation i Danmark. Potentialet er dog ikke mere teoretisk end at det er opnået i de 3 cases gennemgået i projektet. Set mere realistisk, vurderes det dog, at besparelspotentialet er 24 GWh svarende til ca. 25% af det samlede forbrug.

I kapitlet peges endvidere på, at besparelspotentialet ikke umiddelbart realiseres så let. Årsagen skyldes, at personer i virksomheder med EX-ventilation, der laver klassifikationen, ikke typisk har indblik i, at der samtidig kan opnås energibesparelser. Myndighederne der forholder sig til de APV'er, som virksomhederne selv udarbejder, har heller ikke incitament til at påpege muligheden, da fokus for den udarbejdede APV er på arbejdsmiljø og ikke på energibesparelser.

Konsulenter, der rådgiver virksomhederne, samt energiselskabernes energirådgivere har derimod oplagt mulighed for at påpege muligheden for energibesparelser. Da mange af energibesparelserne tilmed kan realiseres uden større omkostninger, er det et oplagt emne for energiselskaberne - specielt nu, når varmebesparelser kan medtages i opgørelsen af besparelserne.

De 4 bilag i rapporten tjener til formål, at give en række anvisninger og eksempler på udsliprater fra udstyr samt hvorledes dette kan beregnes. Ligeledes er der beskrevet, hvilke tiltag til effektivisering af ventilationens effektivitet der kan tages i anvendelse. Endelig er der givet en række eksempler på, hvilke konsekvenser det har på ventilationsbehovet, når der foretages valg af forskellige komponenttyper.

8 Referencer

8.1 Referencer fra hovedrapport

- /1/: Jensen, M.L. m.fl.: "336-59. Udvikling af metodikker til elbesparende ventilation i områder med risiko for brand eller farlige dampe", Elfor PSO-F&U Ansøgning år 2004, Birch & Krogboe, September 2003.
- /2/: Jensen, M.L. m.fl.: "Udvikling af metodikker til elbesparende ventilation i områder med risiko for brand eller farlige dampe – uddybende projektansøgning", Elfor PSO-F&U Ansøgning år 2004, Birch & Krogboe, September 2003.
- /3/: Indenrigs- og Sundhedsministeriet: "Bekendtgørelse nr. 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder", 26. juni 2003.
- /4/: Dansk Standard: "DS/EN 60079-10:2003 klassifikation af farlige områder", december 2003.
- /5/: Beredskabsstyrelsen: "Beredskabsstyrelsens vejledning om klassifikation af eksplosionsfarlige områder", 30. juni 2003.

8.2 Referencer fra bilag

- /I/: Cox A. W., Lees F. P. og Ang M. L.: "Classification of Hazardous Locations", Institution of Chemical Engineers, 1990.
- /II/: The Institute of Petroleum: "Area Classification Code for Installations handling flammable fluids", 2nd edition, August 2002.
- /III/: Zalosh, R.G.: "Industrial Fire Protection Engineering", Wiley 2003, ISBN: 0-471-49677-4.
- /IV/: Reid, R.C., Prausnitz, J.M., and Poling, B.E.: "The properties of Gases & Liquids", fourth edition 1987

Bilag 1: Forhold af betydning for ventilationsbehovet

B.1.1: Design af ventilation

B.1.1.1: Indkapsling

Den mest effektive måde til at minimere ventilationsbehovet samt sikre sikkerheden er at indkapsle den produktionsproces, hvor udslippet foregår. Indkapslingen kan ske fuldstændigt eller kan ske delvist.

Ved en fuldstændig indkapsling opnås de bedste resultater rent arbejdsmiljømæssigt. Det vil typisk også være billigst, da ventilationsmængden kan minimeres til kun af dække behovet i selve indkapslingen. Selve anlægget vil derfor også være relativt småt i forhold til, hvis det var hele produktionsrummet der skal dækkes. Det er imidlertid sjældent muligt at lave en total indkapsling, da det altid er vanskeligt at lave manuelt arbejde i forbindelse med produktionsprocessen.

Det er betydelig mere anvendt at lave delvis indkapsling af processerne. Typiske eksempler er stinkskebe, sprøjtemaling i kabiner, ovne mv. Selv ved delvist indkapslede processer er det muligt at reducere luftmængden betragteligt. Såvel ved fuldstændigt indkapslede processer som ved delvist indkapslede processer, er det uundgåeligt, at der er utætheder. Det skal sikres, at der ikke forsvinder eksplosionsfarlige stoffer ud af indkapslingen, hvilket typisk foretages ved at holde et undertryk inde i selve indkapslingen. Med et tilpas godt design af indkapsling, vil et lille undertryk i indkapslingen sikre, at der ikke slipper uønskede stoffer til omgivelserne. Ofte anvendes en indadrettet lufthastighed på 0,5 m/s som et kriterium for hvorvidt der kan ske spredning til omgivelserne.

Uanset om der foretages en hel eller delvis indkapsling af den proces, hvor der kan slippe eksplosionsfarlige stoffer ud til omgivelserne, vil denne metode oftest resultere i, at luftmængderne kan nedsættes meget betragteligt. Hvis der i et produktionsrum på 100 m³ skal ventileres 5 gange i timen (500 m³/h), beregnet efter metoderne i denne rapport, vil en indkapsling af produktionsprocessen i en 2 m³ ganske vist sandsynligvis nok kræve et højere luftskifte, men da volumenet er betydelig mindre, vil luftmængden falde betydeligt. Antages det, at luftskiftet stiger til 10 gange i timen i den delvist indkapslede beholder, og at der stadig skal opretholdes et luftskifte i produktionsrummet på 1 gang i timen, vil den nødvendige luftmængde være $10 \cdot 2 \text{ m}^3/\text{h} + 100 \text{ m}^3/\text{h} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ - altså en reduktion af luftmængden med 75%. Dette vil medføre meget betydelige besparelser på såvel elforbruget som energiforbruget.

Ovenstående betragtninger kan ikke anvendes generelt, men skal baseres på beregninger. De tjener dog til illustration af, hvor store ændringer det kan medføre, at indkapsle proces-

sen. Der vil naturligvis være omkostninger forbundet med etablering af indkapslingen samt ændringer på ventilationsanlægget, eventuel installation af en frekvensomformer samt indregulering af luftmængder. Dette skal holdes op mod besparelsen på energiforbruget, men naturligvis også, at eventuelle besparelser i produktionsprocessen som følge af at elinstallationer ikke kræver så høj grad af sikring som uden indkapsling (eksempelvis behøver alle installationer måske ikke at være sikret til zone 1 forhold).

Ofte er det heller ikke muligt at lave en delvis indkapsling af produktionsprocessen, emnet eller hvad det måtte være. I sådanne tilfælde kan det være en fordel at etablere punktudsug. Punktudsug kan foretages på mange forskellige metoder og med forskellige virkningsgrader for det der skal udsuges. Formålet med punktudsugget er således også, at sikre sig at det ikke er nødvendigt at udskifte luften i hele produktionslokalet så ofte, men at man kan nøjes med at suge direkte fra forureningskilden, såvel til fordel for energiforbruget og til fordel for arbejdsmiljøet. Det er helt analogt med etablering af en emhætte i et køkken.

Selvsagt er formålet med punktudsug også at sikre, at der suges det sted fra hvor forureningen i form af eksplosionsfarlige dampe findes, eksempelvis at sikre at dampe fra en åben beholder også udsuges. Det er langt vanskeligere at sikre, at alle dampe bliver fjernet, hvis ventilationen kommer fra rummet, da det kræver at luften ledes de rigtige steder hen og at alle "hjørner" i produktionsrummet dækkes.

B.1.1.2: Luftstyring

På trods af de meget store fordele ved at indkapsle sine "forureninger", ses det alligevel ofte at dette løses gennem ventilation af hele produktionsrummet. Dette kan eksempelvis skyldes, at der er rigtig mange udslipsskilder, at udslippene er så diffuse, så de ikke effektivt kan fjernes gennem punktudsug eller - som det oftest er tilfældet - at den valgte løsning ikke er den mest hensigtsmæssige.

Når dette valg så er effektueret er der imidlertid stadig en række forhold som skal efterleves og sikres. Det første man skal sikre sig er, at luftindtag og luftafkast ikke er placeret på en u hensigtsmæssig måde i forhold til hinanden. Eksempelvis bør indsugning og udsugning ikke være placeret på samme facade. Den indsugede luft må ikke være mere eller mindre identisk med afkastluften, som jo kan indeholde eksplosionsfarlige dampe. Indtag bør heller ikke være placeret direkte i vindsiden, da dette kan medføre store trykvariationer. På samme måde skal afkastet ikke være placeret på en måde så der er risiko for, at luften ledes tilbage til indsugningen. Luften bør heller ikke ledes til steder eller facader, hvor mennesker kan blive påvirket af det, da der er tale om eksplosionsfarlige og eventuelt giftige dampe.

Inde i selve produktionsrummet skal det sikres, at indblæsning og udsugning ikke kortslutter, eksempelvis ved at udsugningen er placeret meget tæt på indblæsningen, så der vil væ-

re store dele af rummet der ikke ventileres. Ligeledes kan rummet opbygges af ledeplader, der har til formål at lede den indblæste luft rundt i lokalet, men også til kilden for det eksplosionsfarlige stof, for at sikre, at der sker en effektiv ventilation.

Der er naturligvis lavet meget præcise anvisninger om, hvorledes man kan udforme sådanne systemer så effektivt som muligt, og formålet med denne beskrivelse er også alene at gøre opmærksom på, at der kan være meget betydelige besparelser ved at undersøge hvorvidt det er muligt at indkapsle den proces, hvor der skal foretages ventilation af hensyn eksplosionsfarlige stoffer (betragtningerne gælder i øvrigt alment og ikke kun omkring eksplosionsfarlige stoffer).

B.1.2: Valg af komponenter

I forbindelse med design af anlæg kan der indenfor hver komponenttype vælges mellem flere typer, der bl.a. kan have forskellige egenskaber med hensyn til størrelse af en eventuel lækage og sandsynligheden herfor. Valget har betydning for klassifikationen og ventilationsbehovet.

Afhængig af hvilken type produkter der håndteres, kan der være krav om, at der af miljømæssige og arbejdsmiljømæssige årsager anvendes komponenter med mindre risiko for udslip. Det er i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at valget af sådanne komponenter også kan have gunstig indflydelse på klassifikationen og/eller kravene til ventilationsanlæggets ydelse. På en del eksisterende anlæg vil der formentlig kunne ændres på klassifikation og ventilation som følge af allerede gennemførte tiltag. I det følgende er der beskrevet nogle eksempler på forskelle indenfor udvalgte komponenttyper.

B.1.2.1: Pumper

I relation til klassifikation vil en normal industripumpe have en risiko for lækage ved pumpeakseltætning (pakdåse) som følge af slitage. De følgende pumpetyper minimerer eller eliminerer denne risiko:

Magnetkoblede pumper:

Overførslen af kraften mellem motoren og pumpehjulet sker vha. magnetisme, og der vil derfor ikke være udslipskilder fra selve pumpen (men dog fra eventuelle flangesamlinger m.v.) i relation til klassifikation.

Pumper med dobbelt mekanisk pakdåse:

I stedet for en enkelt mekanisk pakdåse har disse pumper en dobbelt mekanisk pakdåse. Mellem pakdåserne er der et hulrum, der er forsynet med en spærrevæske (vand, olie m.v.), der har til formål at smøre den yderste pakning. For at sikre at pakningen altid smøres, tilfø-

res spærrevæsken fra en beholder med niveaudetektering. Endvidere tryksættes hulrummet med et tryk, der er højere end pumpetrykket, således at der ved en eventuel pakningslækage vil strømme spærrevæske ind i pumpen eller ud i omgivelserne i stedet for at den pumpe væske strømmer ud. Sandsynligheden for en lækage til omgivelserne - samt størrelsen af et eventuelt udslip - er hermed væsentligt reduceret. Såfremt der afgives alarm i/til be-mandet område ved lavt niveau af spærrevæske og lavt tryk i hulrummet er det vurderet, at der kan ses bort fra pumpen som udslipkilde (men dog fra eventuelle flangesamlinger m.v.)

B.1.2.2: Reguleringsventiler

I relation til klassifikation vil en normal reguleringsventil have en risiko for lækage ved pakningen omkring ventilens spindel. Den følgende ventiltipe minimerer denne risiko:

Reguleringsventiler med bælgætning, evt. overvåget:

Denne type reguleringsventil har som supplement en bælg omkring ventilspindelen, hvilket sikrer at der normalt ikke kommer væske i kontakt med spindelpakningen. Der er derfor kun risiko for udslip til omgivelserne, såfremt der er en lækage ved både bælgætning og spindel-pakning.

For nogle af ventiltyperne er der mulighed for at detektere i hulrummet mellem bælg og spindelpakningen. Hermed opdages en lækage på bælg hurtig og dermed er risikoen for et udslip til omgivelserne gennem spindelpakningen reduceret væsentligt. Ved detektering i hulrummet eller eventuelt regelmæssig visuel inspektion af hulrummet er risikoen for lækage praktisk taget elimineret.

B.1.3: Tekniske anlæg og foranstaltninger til begrænsning af udslip

I det følgende beskrives eksempler på en række tekniske anlæg og tekniske foranstaltninger, der kan bidrage til en begrænsning af et eventuelt udslip, minimere risikoen for at der opstår en eksplosionsfarlig atmosfære m.v.

B.1.3.1: Gasdetektering

Anvendelse af gasdetektering har bl.a. indflydelse på følgende forhold af betydning for kravene til klassifikation og ventilation:

1. Minimering af udslippets størrelse:

Ved alarm fra gasdetekteringsanlægget (typisk det høje alarmniveau) stoppes tilførslen af det brandfarlige produkt. Dette princip kan anvendes i mange situationer, fx pumperum og ved aftapningsudstyr. For visse pumper m.v. vil der dog ofte fortsat kunne ske et udslip efter at pumpen er stoppet og der bør derfor i disse tilfælde suppleres med en ventil før pumpen.

Såfremt anlægget alene afgiver alarm og, at der derfor kræves indgreb af en person for at stoppe pumper m.v. vil effekten heraf normalt ikke kunne inddrages i beregningerne, med mindre det kan dokumenteres, at der er personale til stede og at de er trænet i at håndtere disse situationer.

2. Minimere risikoen for antændelse:

Ved alarm fra gasdetekteringsanlægget (typisk det høje alarmniveau) udkobles alle installationer og udstyr, som kan være en potentiel antændelseskilde. Dette reducerer kun klassifikationen såfremt yderligere tilførsel af brandfarligt produkt samtidig standses, som beskrevet under punkt 1.

B.1.3.2: Inertering

Inertiering sker ved at der indeni udstyret tilføres en inaktiv gas (fx nitrogen eller CO₂). Herved nedbringes iltkoncentrationen til et niveau, hvor der ikke kan opstå brand eller eksplosion. I udstyret vil der således alene kunne forekomme eksplosiv atmosfære såfremt inerteringen svigter.

Ved tilstrækkelig inertiering vil man kunne opnå at atmosfæren ikke kan blive eksplosiv, selv efter opblanding med normal atmosfærisk luft. Ved iltkoncentrationer der er højere end dette niveau vil eventuelle udslip fra udstyret kunne danne en eksplosionsfarlig atmosfære, som følge af opblanding med luften. Den nødvendige koncentration afhængig af inerteringsmiddel kan findes i litteraturen.

B.1.3.3: Automatisk nedlukning af anlæg ved svigtende ventilation

Såfremt ventilationen svigter, vil det kun i begrænset omfang være muligt at fjerne eksplosionsfarlige gasser. Det kan derfor have stor betydning for størrelsen af det klassificerede område, såfremt mulige udslip kan minimeres ved automatisk nedlukning af anlægget eller dele heraf. Dette gælder særligt primære udslipsskilder.

I mange situationer kan en automatisk nedlukning dog være forbundet med store omkostninger. Steder hvor princippet umiddelbart kan anvendes er fx aftapning til emballe samt sprøjtemaling, hvor tilførsel af maling afbrydes ved svigtende ventilation. Der vil dog fortsat være fordampning fra de malede emner.

Bilag 2: Udsliprater fra udstyr

B.2.1: Generelt

En af de store udfordringer ved vurdering af klassifikation og ventilationsbehov er fastlæggelse af udsliprater fra udstyr. Afhængig af hvordan anlægget er designet, hvor ofte anlægget visuelt gennemgås samt hvordan det vedligeholdes kan der være stor variation på udsliprater. Man skal i den forbindelse huske, at klassifikation af eksplosionsfarlige områder sker på baggrund af forventelige hændelser og ikke ekstreme og usandsynlige hændelser.

Det er generelt vanskeligt at finde litteratur, der beskriver størrelsen af udsliprater for forskellige typer af udstyr, ligesom det ikke indgår som en del af den normale komponentbeskrivelse fra producenterne. Forholdene er kompliceret af at lækagens størrelse ændres med tiden hvis der ikke gribes ind og, at lækagestørrelser i et bredt spektrum derfor kan være relevante for en given komponent.

Standarden for klassifikation beskriver en række eksempler, men da der ikke er angivet dimensioner og tryk dækker de over et stort spektrum. På dette punkt er standarden relativt svag, da fastlæggelse af udsliprater altid skal foretages.

I denne rapport er der angivet eksempler på data for lækagerater for forskellige typer af udstyr. Dataene er baseret på angivelserne for "minor leak" (forventelige hændelser) i Cox /I/ og er i mange tilfælde vurderet at være konservative i relation til klassifikation.

Som supplement er der regnet baglæns fra eksempel 1 i standarden /4/ for klassifikation ved en udendørs pumpe, for at vurdere størrelsesorden af det tilhørende udslip. Der er antaget, at eksemplet er konservativt og derfor baseret på et letfordampeligt stof (benzin er anvendt). Der er i øvrigt foretaget en række antagelser, bl.a. pumpeydelse 50 m³/h, pumpestryk 5 bar samt at udflydning af væske sker i et 5 mm tykt lag, da det er i det fri. Det er på baggrund heraf fundet, at den tilhørende hulstørrelse/lækagerate er ca. 1/6 af den angivet i /I/. Et lignende forhold er efterfølgende omtrentligt anvendt for ventiler og flanger.

For pumper vil lækagestørrelsen afhænge af pumpeakslens diameter og der er derfor foreslået en lineær sammenhæng til at tage hensyn til andre pumperater. Noget tilsvarende vil være relevant for flanger og ventiler, men er ikke indarbejdet i dette bilag.

Det anbefales, at værdierne fra Cox /I/ anvendes for anlæg eller dele af anlæg, hvor der ikke sker en regelmæssig visuel gennemgang med henblik på at detektere lækager.

Såfremt der sker en regelmæssig visuel gennemgang for at detektere lækager, vurderes det at de størrelsesmæssigt mindre værdier fundet på baggrund af "tilbagegning" fra standarden kan anvendes. De følgende parametre bør indgå i vurderingen:

Konstruktionsprincip:

I bilag 1 er der beskrevet forskellige konstruktionsprincipper for pumper og ventiler samt hvilken betydning det har for udslippenes størrelse.

Kontrol/detektering:

Med mindre udstyr udsættes for en voldsom påvirkning, er det sjældent at en større lækage opstår pludseligt. Udslip fra udstyr vil normalt starte i det små for med tiden at vokse sig større. Det er derfor af stor betydning hvor ofte udstyret kontrolleres visuelt, da det begrænser tidsrummet hvor lækagen kan vokse. For visse komponenttyper er det muligt at detektere, når der opstår en lækage af en vis størrelse. Såfremt der håndteres aggressive kemikalier kan dette også påvirke vurderingen.

Vedligehold:

Lækager kan opstå både på udstyr der er vedligeholdt og udstyr der ikke er vedligeholdt. Sandsynligheden reduceres dog væsentligt ved, at udstyret vedligeholdes forskriftsmæssigt eller eventuelt oftere end angivet af producenten.

De omtalte lækagerater fra udstyret er et udtryk for, hvor store mængder brandfarlig væske der strømmer ud af lækagen og potentielt kan afgive eksplosionsfarlige dampe. Det er kun den del af væsken der fordamper, der indgår som udslip i forbindelse med klassifikationen.

Eksempel:

Hvis en pumpe er anbragt i et bassin med en overflade på 2 m² og en tilstrækkelig dybde til at et udslip kan indeholdes, vil det ikke gøre nogen større forskel om bassinoverfladen kun lige er dækket eller om bassinet er næsten fyldt. I mange situationer kan det derfor være en farbar vej at vurdere, hvor stort et areal der vil blive væskedækket ved en lækage på det aktuelle anlæg samt hvor stor fordampningen herfra vil blive.

B.2.2: Pakdåse på pumper*B.2.2.1: Centrifugalpumpe med enkelt pakdåse**Primær (normal drift):*

Der vil være et udslip fra pakningen under normal drift, da den pumpede væske anvendes til at smøre og køle pakfladen. Pakdåser vil i forbindelse med indkøring have lækagerater i størrelsesordenen 5-10 ml/h, hvilket falder til ca. 1 ml/h når pumpen er indkørt. Disse mængder er så små, at de med blot beskeden rumventilation vil resultere i høj ventilationsgrad og ingen klassifikation, bortset fra et meget lille zone 1 område umiddelbart omkring pakdåsen.

Sekundær (ikke normal drift):

Pakdåsen er en sliddel og vil på sigt blive utæt. Normalt sker det gradvist, så den begynder at dryppe hvilket medfører lækagerater i størrelsesordenen 100-500 ml/h. Ved længere tids drift bliver udslippet større og større. Såfremt der ikke er gasdetekteringsanlæg bør der derfor anvendes en noget større lækagerate.

I /I/ er det angivet, at en pumpe med mekanisk pakdåse og en akseldiameter på 25 mm giver anledning til en hulstørrelse på 5 mm². For andre pumpestørrelser er hulstørrelsen proportional med kvadratroden af akseldiameteren.

Ved tilbageregning, som beskrevet tidligere, fra Standarden /4/, er det vurderet, at en hulstørrelse på 0,7 mm² kan anvendes for en pumpe med en kapacitet på 50 m³/h og et pumpetryk på 5 bar. Hulstørrelsen er regnet at være lineært afhængig af pumpekapaciteten idet der er antaget en hulstørrelse på 0,2 mm² ved en ydelse på 0 m³/h.

*B.2.2.2: Centrifugalpumpe med dobbelt pakdåse**Primær (normal drift):*

Som for pumpen med enkelt pakdåse anvendes der væske til at smøre og køle pakfladen. I forhold til omgivelserne vil der alene være udslip af spærrevæske, som sædvanligvis ikke er en brandfarlig væske.

Sekundær (ikke normal drift):

Pakdåsen er en sliddel og vil på sigt blive utæt. Spærrevæsken er normalt sat under et tryk der ligger 2-3 bar over medietrykket. Ved utætheder på pakdåsen vil udslippet derfor ske i form af spærrevæske der siver ind i pumpemediet, eller spærrevæske der lækker til omgivelserne. Såfremt spærrevæskens tryk falder under et givent niveau eller mængden af spærrevæske falder under et givent niveau (indikerer utætheder på pakdåsen) afgives der alarm og pumpen kan stoppes. Slidtage på pakdåsen indikeres således inden der sker et udslip af pumpemediet til omgivelserne. Udslip af pumpemediet kræver derfor en pludselig - og stor - lækage på begge dele af pakdåsen (hvilket er meget usandsynligt) eller en fejl mht. spærrevæsken, således at manglende tryk og niveau af spærrevæske ikke registreres eller der ikke afgives alarm.

Sandsynligheden for udslip er nedbragt til et niveau, hvor det kan overvejes om den skal medtages i forbindelse med klassifikationen. Såfremt alarm for spærrevæskens tryk og niveau afgives til bemandet område er det vurderet, at der kan ses bort fra pumpen som udslipskilde. Såfremt dette ikke er tilfældet kan et udslip ikke helt udelukkes og i disse tilfælde anbefales det, at regne med en lille lækagerate, fx 500 ml/h.

B.2.2.3: Membranpumpe

Mulige lækagesteder på en membranpumpe er membranerne. Sandsynligheden for lækage og størrelsen af udslip er typisk sammenlignelige med de udslip sker ved flangesamlinger.

B.2.2.4: Magnetkoblede pumper

I dette tilfælde er der ingen pakdåser, og derfor ingen udslipkilde i forbindelse med klassifikation.

B.2.3: Pakninger på ventiler og i flangesamlinger

Sandsynligheden for lækager på vedligeholdte ventiler og flanger er generelt meget lille. Ifølge Cox /I/ opstår en "minor leak" med en sandsynlighed på 10^{-3} pr. år - eller én gang hver 1.000 år.

I situationer hvor der kun er enkelte flangesamlinger og/eller ventiler kan det således, ud fra en risikobaseret vurdering, overvejes om sandsynligheden for udslip er så lille, at det giver anledning til fjerne klassifikation som eksplosionsfarligt område. Ifølge Institute of Petroleum [II] er det som retningslinie angivet, at der kun klassificeres på lokaliteter, hvor der er 10 eller flere ventiler og flanger placeret så tæt, at klassifikationen fra de enkelte komponenter overlapper hinanden. Omkring ofte anvendte ventiler angives dog, at der som følge af slitage altid skal regnes med, at der kan opstå en eksplosionsfarlig atmosfære indenfor 0,3 m fra ventilen.

B.2.3.1: Ventiler med enkelt pakning

I /I/ er der angivet en hulstørrelse på 0,25 mm² for normalt anvendte ventiler og 2,5 mm² for ofte anvendte ventiler samt ventiler på rørledninger med en diameter større end 150 mm. Med reduktion i størrelsesorden som for den beskrevne tilbageregning for standard-pumpen foreslås følgende hulstørrelser på udstyr med jævnlig inspektion:

Ventiltipe	Hulstørrelse [mm ²]
Normal ventil	0,05
Ofte anvendt ventil, diameter <150 mm	0,2
Ofte anvendt ventil, diameter >150 mm	0,5

Tabel B.2.1. Typiske hulstørrelser på forskellige ventiltyper med jævnlig inspektion.

B.2.3.2: Ventiler med bælgætning

Såfremt komponenten visuelt inspiceres systematisk er sandsynligheden for lækage så lille, at ventilen ikke giver anledning til klassifikation.

B.2.3.3: Pakninger i flangesamling**Primær (normal drift):**

I eksempel B.7 (1) i Standarden /4/ er der angivet udslipshastigheder på $2,8 \cdot 10^{-10}$ kg/s, hvilket svarer til et milligram pr time. Udslippet er så beskedent, at ventilationsgraden altid vil være høj og dermed vil det ikke give anledning til klassifikation.

Sekundær (ikke normal drift):

Som angivet for pumper er pakningen en sliddel, og derfor vil den på sigt blive utæt. I beregningseksemplerne B.7 (2) og (7) i Standarden /4/ er der for væsker angivet udslipshastigheder på henholdsvis $2,8 \cdot 10^{-6}$ kg/s og $6 \cdot 10^{-4}$ kg/s på dampform, hvilket svarer til 10 gram i timen og 2.160 gram i timen. Det bør inddrages i vurderingen om der er risiko for påkørsel, manglende muligheder for termisk udvidelse uden der opstår skadelige spændinger og lign. I disse tilfælde bør det dog overvejes at ændre designet i stedet. I Cox /1/ er følgende hulstørrelser angivet for en lille lækage:

Pakningstype	Hulstørrelse (lille lækage) [mm ²]
(CAF) Compressed Asbestos Fibre ¹⁾	2,5
Spiral Wounded Joint (SWJ)	0,25
Metal-to-metal ring-type joints (RTJ)	0,1

Tabel B.2.2. Typiske hulstørrelser på forskellige pakningstyper under ikke normal drift uden normal inspektion.

¹⁾ CAF anvendes ikke længere, men vurderes at være sammenlignelig med egenskaberne for en armeret grafitpakning.

Med reduktion i størrelsesorden som for den beskrevne tilbageregning for standardpumpe foreslås følgende hulstørrelser på udstyr med jævnlig inspektion.

Pakningstype	Hulstørrelse (lille lækage) [mm ²]
(CAF) Compressed Asbestos Fibre Armeret grafitpakning	0,4
Spiral Wounded Joint (SWJ)	0,05
Metal-to-metal ring-type joints (RTJ)	0,02

Tabel B.2.3. Typiske hulstørrelser på forskellige pakningstyper under ikke normal drift ved jævnlig inspektion.

B.2.4: Hulstørrelser - sammenfatning

I den følgende tabel B.2.4 er hulstørrelserne fra ovenstående afsnit samlet.

Komponenttype	Hulstørrelse [mm ²]	
	Ingen regelmæssig visuel inspektion for lækager efter /I/	Regelmæssig visuel inspektion for lækager efter /4/
Pumpe		
Centrifugalpumpe med enkelt pakning	5 (25 mm aksel)	0,7 (ydelse 50 m ³ /h) ¹⁾
Centrifugalpumpe med dobbelt pakdåse	-	0 ²⁾
Membranpumpe	-	Som flangesamling
Magnetkoblet Pumpe	-	0 (ingen lækage)
Ventiler		
Normal ventil	0,25	0,05
Oftede anvendt ventil, diameter < 150 mm	2,5	0,2
Oftede anvendt ventil, diameter > 150 mm	2,5	0,5
Flangesamlinger		
(CAF) Compressed Asbestos Fibre Armeret grafitpakning	2,5	0,4
Spiral Wounded Joint (SWJ)	0,25	0,05
Metal-to-metal ring-type joints (RTJ)	0,1	0,02

Tabel B.2.4. Typiske hulstørrelser for forskellige komponenter i afhængighed af inspektionsniveau.

¹⁾ = For andre pumpeydelse foreslås lineær sammenhæng med hulstørrelse på 0,2 mm² ved kapacitet på 0 m³/h.

²⁾ Såfremt der er alarmgivning ved lavt tryk og niveau af spærrevæske.

B.2.5: Beregning af størrelsen af udslippet gennem en given hulstørrelse

Når hulstørrelsen for udstyret er fastlagt skal det vurderes hvor meget væske der strømmer ud gennem hullet. Dette afhænger af trykket i anlægget og kan under forudsætning om konstant tryk beregnes som:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{P_{ex}}{\rho}} \quad , \quad \dot{m} = Q \cdot \rho$$

hvor:

- Q er volumenstrøm i m³/s
- m er massestrømme i kg/s
- C_d er udløbskoefficienten, der normalt kan sættes til 0,60 for et skarpkantet hul
- A er hullets areal i m²
- P_{ex} er trykforskellen mellem medietrykket og atmosfæretrykket i Pa
- ρ er væskens densitet i kg/m³.

Eksempel:

Der forventes at kunne opstå et hul med et areal på 1 mm^2 på en pakning på et rørstykke med et tryk på $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ (5 bar). Væsken er ethanol med en densitet på 800 kg/m^3 . Der fås:

$$Q = 0,60 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{5 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^5}{800}} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} = 0,068 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\dot{m} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot 800 \text{ kg} / \text{m}^3 = 0,015 \text{ kg} / \text{s}$$

Bilag 3: Ventilationsbehovets indflydelse på valg af komponent

Dette bilag indeholder et eksempel til illustration af hvilken betydning valget af komponenttype kan have for kravene til ventilation og klassifikation. Eksemplet omhandler forskellen mellem valg af følgende 3 pumpetyper:

- Centrifugalpumpe med enkelt pakdåse
- Centrifugalpumpe med dobbelt pakdåse / magnetkoblet Pumpe

B.3.1: Indledende forudsætninger

B.3.1.1: Rumdimension

Rummet hvor pumpen er opstillet har dimensionerne 5 x 10 x 3 m (l x b x h) = 150 m³.

B.3.1.2: Pumpeydelse

Der er regnet med pumper med en kapacitet på 50 m³/h og et differenstryk over pumpens flanger på 5 bar.

B.3.1.3: Pumpet medie

- Håndtering sker ved 20°C.
- Ethanol med et flammepunkt på 13°C (der skal klassificeres da flammepunkt ligger indenfor rum-/produkttemperatur + 10°C).

B.3.1.4: Klassifikation

Der er taget udgangspunkt i et luftskifte der medfører klassifikation som zone 2. Det kræver, jf. DS/EN 60079-10, at det hypotetiske volumen er mindre end det reelle rumvolumen, og at det ikke tager for lang tid at fortynde dampene når et eventuelt udslip er stoppet. Da væskedampene er tungere end luften er der dog alene medtaget 1,5 m af rumhøjden. De valgte kriterier er således:

- $V_z < 75 \text{ m}^3$ og varighed for fortynding (t) < 1 time
- Ventilationens kvalitetsfaktor er sat til $f=3$ på baggrund af udsugning ved gulv (men ikke punktudsugning) og indblæsning ved loft.

B.3.1.5: Fordampning fra væskeoverflade

Ved vurdering af fordampningens størrelse er der regnet med en lufthastighed på 0,1 m/s hen over overfladen.

B.3.2: Ventilationsbehov afhængig af pumpetype

B.3.2.1: Centrifugalpumpe med enkelt pakdåse

Lækagestørrelse er for denne pumpestørrelse sat til $0,7 \text{ mm}^2$ med den aktuelle pumpekapacitet jf. tabel B.2.4. På baggrund af følgende data:

- Hulstørrelse $A = 0,7 \text{ mm}^2$, (der udføres regelmæssig inspektion for begyndende lækage)
- $C_d = 0,6$
- $P_{ex} = 5 \text{ bar}$ minus atmosfæretryk
- $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$

og formlen i afsnit B.2.5 fås volumenstrømmen $Q = 0,0478 \text{ m}^3/\text{h}$ og massestrømmen $0,011 \text{ kg/s}$ eller $38,3 \text{ kg/h}$.

Ved vurdering af hvor stort område væsken vil flyde ud over, er der taget udgangspunkt i, at den samlede udslipsmængde på 1 time opbygger en gennemsnitlig lagtykkelse på 3 mm med fradrag for den væskemængde, der fordampes fra arealet i løbet af en time. Ved anvendelse af formlen for fordampning i afsnit B.4.1 med følgende data:

- Molvægt $M_v = 46,1 \text{ kg/kmol}$
- vindhastighed $u = 0,1 \text{ m/s}$
- Arealet $A = 1 \text{ m}^2$
- Væsketemperatur $T_L = 293 \text{ K}$
- Damptryk $P_{sat} = 5878 \text{ Pa}$

fås fordampningshastigheden $E_v = 0,121 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} = 0,14 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h} = 0,00014 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Spildets areal beregnes på baggrund af 1 times udslip:

$$A_{spild} \cdot 0,003 + E_v (i \text{ m}^3) \cdot A_{spild} \cdot 1.000/850 = \text{volumen} \Rightarrow$$

$$A_{spild} \cdot 0,003 + 0,00014 \cdot A_{spild} = 0,0546 \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$A_{spild} = 0,0546 / (0,003 + 0,00014) = 17,4 \text{ m}^2$$

Den samlede fordampning til rummet bliver derfor

$$DG/dt = A_{spild} \cdot E_v = 17,4 \text{ m}^2 \cdot 0,121 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} = 2,10 \text{ kg/h} = 0,00058 \text{ kg/s}$$

Ved anvendelse af metodikken i DS/EN 60079-10 og de angivne forudsætninger fås et nødvendigt luftskifte på $0,00105 \text{ s}^{-1} = 3,8 \text{ h}^{-1}$. Det tilsvarende hypotetiske volumen er 52 m^3 og tid for fortynding er 1 time. Luftskiftet svarer til en luftmængde på $285 \text{ m}^3/\text{h}$.

B.3.2.2: Magnetkoblet pumpe og centrifugalpumpe med dobbelt pakdåse og overvågning

Disse pumpetyper giver i sig selv ingen udslip til rummet. Såfremt samlinger er svejst og ventiler er af særlig type (fx med bælgtætning) kan ventilation af rummet udelades.

Såfremt der anvendes flangesamlinger og ventiler er disse dimensionsgivende. Det må i den forbindelse vurderes, om antallet og placeringen af dem er sådan at det ud fra en risikovurdering giver anledning til klassifikation. Uanset hvad bør der dog etableres et luftskifte på mindst 1 gang i timen.

Oftentimes er udslip fra pumper det dimensionsgivende udslip og der vil derfor normalt være et potentiale for at reducere ventilationens kapacitet når der anvendes magnetkoblede pumper eller pumper med dobbelt pakdåse og overvågning.

B.3.3: Konklusion

Det fremgår af vurderingerne, at valget af komponenter har stor betydning for ventilationsbehovet. I det valgte eksempel skal der for en centrifugalpumpe med enkelt pakdåse etableres et luftskifte på $3,8 \text{ h}^{-1}$ i hele rummet. Ved anvendelse af pumpe med dobbelt pakdåse og overvågning eller magnetkoblet pumpe kræves der i sig selv ingen ventilation. Er der andre komponenter i rummet (fx flangesamlinger og ventiler) kan det dog medføre et behov for ventilation. Konklusionen er således, at valget af komponenttype i høj grad er bestemmende for behovet og omfanget af ventilation.

Bilag 4: Fordampning fra frie væskeoverflader

Ved klassifikation af eksplosionsfarlige områder vil et eller flere af de relevante scenarier for lækage/udslip normalt ske som fordampning fra en fri væskeoverflade. Som eksempler kan nævnes udslip fra pumpepakning, der danner en sø på gulvet eller en beholder der væltes i forbindelse med fyldning eller anden håndtering.

I dette kapitel beskrives en forholdsvis enkel metode til at beregne fordampningshastigheden fra en fri væskeoverflade ved en given lufthastighed og størrelse af spild. Metoden er baseret på fordampningshastighed i det fri, hvor der normalt er turbulent strømning. Dette giver en relativt høj fordampning, da koncentrationen over væskeoverfladen ved en given lufthastighed er lavere end hvis der var tale om en laminær strømning. Metoden samt de nødvendige parametre gennemgås.

Afsnittet indeholder desuden fordampningshastigheden for udvalgte stoffer, temperaturer, arealer af væskeoverflader og lufthastigheder.

B.4.1: Beskrivelse af metode til beregning af fordampning

I Zalosh /III/ er fordampningshastigheden givet ved

$$E_v = \frac{M_v \cdot k \cdot A \cdot P_{sat}}{R \cdot T_L}$$

Hvor:

- M_v er molvægten i kg/kmol
- k er massetransportkoefficienten i m/min
- A er arealet af spildet i m²
- P_{sat} er mætningstrykket for væskedampene ved den aktuelle temperatur i Pa
- R er idealgaskonstanten = 8314 J/(kmol·K)
- T_L er væsketemperaturen i K.

Massetransportkoefficienten udregnes ifølge Zalosh /III/ efter følgende udtryk ved udendørs forhold:

$$k = 0,15 \cdot u^{0,78} \cdot \left(\frac{18}{M_v} \right)^{1/3}$$

hvor u er lufthastigheden i m/s.

B.4.2: Eksempler på stoffers damptryk

Damptrykket for stoffer ved 20°C kan findes i en lang række databaser og opslagsværker. En del af dem er tilgængelige på Internettet og der kan bl.a. henvises til www.kemikalieberedskab.dk, som er udarbejdet af Beredskabsstyrelsen.

Såfremt stoffernes damptryk ved andre temperaturer skal findes er datamaterialet mere begrænset. I Reid, m.fl. /IV/ findes matematiske udtryk og tilhørende data til beregning af damptrykket ved varierende temperaturer for en lang række stoffer. Nedenfor er vist damptryk i kPa for en række stoffer ved forskellige temperaturer.

Damptryk [kPa]

	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Diethylether	38,95	58,91	71,56	86,27	122,79	170,38	231,13
Ethanol	3,15	5,88	7,89	10,48	17,92	29,53	47,00
Acetone	15,53	24,75	30,81	38,04	56,64	81,96	115,62
Eddikesyre	0,83	1,55	2,08	2,76	4,69	7,66	12,09
Toluen	1,66	2,91	3,78	4,87	7,86	12,24	18,46
n-Pentan	37,75	56,43	68,20	81,82	115,44	158,97	214,19
methanol	7,44	13,02	16,97	21,89	35,48	55,63	84,65
Xylen	0,35	0,66	0,89	1,19	2,05	3,40	5,43

B.4.3: Eksempler på fordampningsrater

I det følgende er vist beregningsresultater for fordampningshastigheder baseret på metoden beskrevet i dette afsnit. Fordampningshastighederne gælder for en 1 m² stor flade og en lufthastighed på 1 m/s.

Fordampningshastighed [g/s]

	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	50°C	60°C
Diethylether	1,91	2,79	3,34	3,96	5,45	7,33	9,65
Ethanol	0,11	0,20	0,27	0,35	0,58	0,93	1,43
Acetone	0,65	1,00	1,22	1,48	2,14	3,00	4,10
Eddikesyre	0,04	0,06	0,08	0,11	0,18	0,29	0,44
Toluen	0,09	0,16	0,20	0,26	0,40	0,61	0,89
n-Pentan	1,82	2,63	3,12	3,69	5,03	6,72	8,78
Methanol	0,21	0,35	0,45	0,57	0,90	1,37	2,02
Xylen	0,02	0,04	0,05	0,07	0,12	0,19	0,29