

Miljømedisinsk vurdering av kjemikalieulykken ved Vest Tank 24.5.2007 i Gulen

Nasjonalt folkehelseinstitutt 30. juni 2008

Innholdsfortegnelse

Bakgrunn	3
Innledning.....	3
Kjemiske aspekter i forbindelse med ulykken hos Vest Tank i Sløvåg	4
Kjemiske stoffer i tankene like før eksplosjonen	4
Kjemiske stoffer ved eksplosjon og brann	5
Analyseresultater av ulike prøver fra ulykkesområdet.....	5
Eksposering.....	6
Akutt fase	6
Nærområdet ved Vest Tank.....	6
Belastning med luftforurensning utenfor brannstedet	7
Opprydningsfase.....	9
Senfase	9
Helseeffekter av stoffene som er sluppet ut	9
Svoveldioksid.....	9
Hydrogensulfid.....	10
Merkaptaner (tioler)	11
Helseplager i forbindelse med ubehagelig lukt	11
Andre stoffer	12
Helseplager i Gulen i forbindelse med kjemikalieulykken ved Vest Tank.....	12
Helseundersøkelsen i Gulen og Masfjorden.....	13
Sammenheng mellom helseplager og eksponering i forbindelse med kjemikalieulykken ..	13
Akuttfasen og opprydningsfasen	13
Senfasen	14
Risiko for langtidseffekter.....	15
Tiltak	15
Befolkningseksponering fra omgivelsene	15
Personer med helseplager	16
Konklusjoner	16
Referanser.....	16

Bakgrunn

Torsdag 24 mai 2007 eksploderte to tanker ved Vest Tanks anlegg i Sløvåg. Tankene inneholdt store mengder avsvovlingsavfall fra behandling av "coker gasoline" (en bensinlignende fraksjon fra raffinering av olje) og oljerester. Eksplosjonen og brannen førte til en illeluktende stank over store områder av Gulen kommune og dels over Masfjorden kommune. En stor del av befolkningen rapporterte om betydelige helseplager i forbindelse med ulykken og utover sommeren. Spørsmålet om helseplager ble fulgt opp i en undersøkelse av kommunelege 1 i de to kommunene i april 2008. Da en betydelig andel, i følge foreløpige tall fra undersøkelsen, fortsatt rapporterte om helseplager er det ønske fra de lokale helsemyndigheter, fylkeslegen og kommunene at Folkehelseinstituttet bistår i vurdering av situasjonen og foreslår tiltak.

Det vises til konklusjonene i "Referat frå møte om Vest Tank 30. mai 2008, i Gulen kommune kalla inn av ordføraren i Gulen kommune" (referent: Fylkeslegen i Sogn og Fjordane):

"Det vert forventa at *Folkehelseinstituttet* (FHI) vurderer helsesituasjonen ut i frå den faktakunnskapen som no ligg føre og vidare dialog med dei som kan utdjupe denne kunnskapen. Følgjande spørsmål er det viktig å prøve å få gode svar på:

- Kva skuldast helseplagene folk i området framleis har?
- I kva grad er dei farlege no og i eit lengre tidsperspektiv?
- Bør det setjast i verk andre tiltak utover det å fjerne kjent forureina, luktande materiale snarast mogeleg? "

Rapporten fra kommunelege 1 i de to kommunene ble lagt fram 13. juni 2008 (Rapport om helseplager i Gulen og Masfjorden kommunar etter ulukka i Vest Tank sitt anlegg i Sløvåg 24.05.2007, Gulen og Masfjorden kommunar 13.06.08).

Folkehelseinstituttet er kommunehelsetjenestens ekspertorgan når det gjelder miljørettet helsevern. Instituttet har imidlertid ikkje noe lovpålagt myndighetsansvar vedrørende beredskap i forbindelse med ulykker der kjemiske stoffer inngår.

Det vises også til en rapport om erfaringer fra myndighetenes samlede håndtering av Vest Tank ulykken i Gulen kommune. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) (2007).

Innledning

I denne vurderingen vil Folkehelseinstituttet gå igjennom de kjemiske aspektene i forbindelse med ulykken. Dette omfatter hvilke eksponeringer som befolkningen har vært utsatt for og hvilke helsevirkninger en kan forvente av eksponeringene. Ettersom tankene som eksploderte inneholdt avsvovlingsavfall fra coker gasoline vil vi spesielt diskutere betydningen av svovelforbindelser. På grunn av deres svært illeluktende egenskaper selv ved svært lave konsentrasjoner vil vi også gå inn på helsevirkninger av eksponering for sterkt illeluktende kjemikalier. Vi vil deretter komme inn på helseplagene som er rapportert blant befolkningen i Gulen, og diskutere hvilket samsvar det er mellom eksponeringen og plagene. Til slutt vil Folkehelseinstituttet konkludere ved å svare på spørsmålene som ble er stilt i referatet fra møtet i Gulen kommune 30. mai i år.

Kjemiske aspekter i forbindelse med ulykken hos Vest Tank i Sløvåg

GexCon AS har på oppdrag fra Politiet (Kripes) og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) oppsummert ulykkesgranskningen etter eksplosjonen ved tankanlegget til Vest Tank i Sløvåg 24.5.07 i en detaljert rapport. Denne rapporten er grunnlaget for å estimere hvilke kjemikalier og forurensninger som kan ha vært spredt i området (T. Skjold o.a., Ulykkesgranskning etter eksplosjon ved Vest Tank på Sløvåg industriområdet – Åpen anonymisert versjon, GexCon AS, Bergen 31.10.2007). Videre har Norges geotekniske institutt (NGI), på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT), laget en rapport fra gjennomføring av en miljøteknisk undersøkelse (A. Pettersen o.a., Vest Tank, Gulen kommune – Miljøteknisk undersøkelse etter eksplosjon og brann 24. mai 2007, Rapport nr. 20071531-1, NGI, Oslo).

Det antas at det først fant sted en kjemisk eksplosjon i tank T3 som førte til at også tank T4 eksploderte kort tid etter. Disse to tankene ble benyttet til fjerning av svovelforbindelser fra "coker gasoline" som er en bensinlignende fraksjon fra raffinering av olje. Ved eksplosjonen inneholdt tank T3 et bunnfall som besto av ca. 50 m³ basisk bunnslam av natriumtiolater (utfelte merkaptaner) tilsatt ca. 200 m³ avfallsvann og ca. 15 m³ konsentrert saltsyre. Det er også sannsynlig at T3 inneholdt en ukjent mengde med rester av coker gasoline. Tank T4 inneholdt ca. 350 m³ rester fra rensing av coker gasoline inklusive noe bunnslam.

Kjemiske stoffer i tankene like før eksplosjonen

Coker gasoline er et petroleumsprodukt som er ganske flyktig (kokepunkt omkring 50 °C). Produktet er komplekst sammensatt av mettede (parafiner) og umettede (olefiner) hydrokarboner, sykloalkaner (naftener), aromater samt tiolforbindelser (merkaptaner) og andre organiske svovelforbindelser (sulfider, disulfider, tiofener). Sammensetningen av coker gasoline i henhold til datablad fra PEMEX Refinacon, Mexico er gitt i tabellen nedenfor.

Komponent	Konsentrasjon
Parafiner	56 vol %
Olefiner	23 vol %
Naftener	11 vol %
Aromater	5 vol %
Ikke identifisert	5 vol %
Totalt svovelinnhold	8500 ppm wt (11,8 kg/m ³)
Merkaptansvovel	1 ppm wt (1,4 g/m ³)

Totalt svovelinnhold og merkaptansvovel er i databladet angitt i ppm, dvs. mg/kg, men er i tabellen også regnet om til vekt/volum ved bruk av en spesifikk tetthet på 0,72.

Det er et åpenbart misforhold mellom databladet og vitneutsagn sitert i GexCon-rapporten som angir mengde merkaptansvovel til 1 200 ppm (i stedet for 1 ppm) før rensingen og 500 – 900 ppm etter rensingen. Det antas at konsentrasjon av merkaptaner i coker gasoline kan variere sterkt avhengig av råoljen og raffineringprosessen som er brukt. Dette endrer imidlertid ikke opplysningene om mengden avsvovlingsbunnfall på tankene.

Det antas at bunnslammet i hovedsak besto av natriumsalter av tiolforbindelsene (avsvovlingsmasse). Det er imidlertid også påvist høye konsentrasjoner av fenoler i prøver av slam/avfall lagret etter ulykken i containere merket T3+4. Fenoler vil også ekstraheres med lut og samle seg som natriumsalter i slammet. Ved tilsetning av saltsyre vil fenol- og tiolforbindelsene frisettes og flyktige komponenter som hydrogensulfid og metylmerkaptan, vil kunne fordampe. Et kullfilter hadde til hensikt å fange opp disse sterkt luktende forbindelsene for at de ikke skulle bli sluppet ut i omgivelsene. Imidlertid oppsto det glødebrann i filteret, noe som trolig har utløst eksplosjonen.

Kjemiske stoffer ved eksplosjon og brann

Den voldsomme eksplosjonen og brannen førte til en mørk røykfane. Den sterke varmeutviklingen medførte at røyken ble ført opp til flere hundre meter over eksplosjonsstedet. Den svarte røyken består i en stor grad av sotpartikler (karbon) som dannes ved ufullstendig forbrenning av de organiske komponentene i tankene. Forbrenningsprosessen resulterer i dannelse nye kjemiske forbindelser, for eksempel polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og delvis oksiderte hydrokarboner som karbonylforbindelser, fenoler m.v. Disse stoffene vil kunne være bundet til sotpartiklene og følge disse i røykfanen. Merkaptanene og øvrige svovelforbindelser kan under eksplosjonen og etterfølgende brann delvis ha blitt oksidert til svoveldioksid (SO₂). Det er også tenkelig at det er dannet mindre mengder klorerte dioksiner under brannen idet klorid var til stede i den brennende massen.

Det er sannsynlig at den voldsomme eksplosjonen har ført til spredning av avsvovlingsmasse fra tank T3 til området rundt tankanlegget. Svovelforbindelser kan dermed ha blitt liggende på bakken i omgivelsene og ført til luktproblemer. Det er strødd kalk på deler av området for å binde svovelforbindelsene og hindre luktproblemer.

Eksempler på organiske forbindelser i tankene ved Vest Tank

Parafiner	Pentan
Olefiner	Okten
Naftener	Syklopentan
Aromater	Benzen, toluen
Merkaptaner	Metyltiol, etyltiol
Andre svovelforbindelser	Tiofener

Eksempler på organiske forbindelser ved eksplosjonen og brannen ved Vest Tank

Opprinnelige komponenter i coker gasoline	Parafiner, olefiner, naftener, aromater, merkaptaner og andre svovelforbindelser
Oksidasjonsprodukter av svovelforbindelser	SO ₂
Ufullstendige forbrenningsprodukter	PAH, dioksiner

Analyseresultater av ulike prøver fra ulykkesområdet

Norges geotekniske institutt (NGI) tok i perioden 11. – 12. juli 2007 til sammen 12 overflateprøver av jord og 10 prøver av vannkilder (drikkevann og overflatevann). Prøvene ble analysert for organiske svovelforbindelser, olje, BTEX (benzen, toluen, etylbenzen, xylener), fenoler, PAH, PCB og klorerte bensener.

NGI sammenfatter resultatene på følgende måte:

- Det er ikke påvist organiske svovelforbindelser i jord- og vannprøver fra kildeområdet, nærområdet til brannen eller flere kilometer unna.
- For de andre kjemiske parametrene kan forurensingsnivået i jordprøvene karakteriseres som lavt. Det er kun funnet en lav overskridelse av normverdien for toluen og xylener i nærliggende myrområde og for PAH og PCB i jordprøven fra grasåker på Halsen.
- I prøvene fra drikkevann fra Eidsbotn vassverk og vannbassenget ved Halsvik ble det påvist toluen og xylener samt spor av fenoler. Toluene og xylener er også påvist i andre overflatevann og i bekker. Slammet fra Vest Tank hadde høyt innhold av disse forbindelsene og det anses som sannsynlig at spredning fra brannen er årsak til forekomst av stoffene i vannprøvene. Konsentrasjonsnivået i vannprøvene ligger imidlertid betydelig lavere enn WHO's anbefalte maksimale grenseverdier for drikkevann (0,7 mg/L for toluen og 0,5 mg/L for xylener).
- Det er påvist forhøyet innhold av PCB i vannprøve fra myrområdet i nærheten av Vest Tank samt i en dremsdam inne på industriområdet. Det er også registrert forhøyete konsentrasjoner av PCB i slam fra Vest Tank. Det betyr at eksplosjonen kan være en mulig kilde til forurensningen av omgivelsene.

Molab AS har analysert slam/avfall som var lagret i containere i tankgården på Vest Tank og i tillegg en sandprøve og slam fra tank T3 (rapport 10.7.2007). Analysen omfattet screening av utvalgte stoffgrupper. I rapporten fra Molab AS heter det at *"det er også påvist et større antall aromatiske hydrokarboner med oksygen- eller nitrogenholdige funksjonelle grupper... Ikke alle forbindelser er strukturidentifisert, men resultatet indikerer at luktinntrykket i hovedsak kan relateres til innhold av svovelholdige forbindelser, i noen grad også til fenoler"*. Det er spesielt merkaptaner som har en lav lukterskel, dvs. de kan luktes ved meget lave konsentrasjoner (0,0016 – 0,0021 ppm). Mange merkaptaner kan faktisk luktes i konsentrasjonsområder lenge før de kan påvises ved kjemisk analyse.

På oppdrag fra Vest Tank gjennomførte X-lab prøvetaking og analyse av hydrokarboner og merkaptaner i luft i umiddelbar nærhet av eksplosjonsstedet i første halvdel av juni 2007 i tillegg til prøvetaking ved bebyggelsen på Steine (S. Rasmussen, Luftprøver for analyse av svovelholdige forbindelser og løsemidler – Vest Tank, Rapport X-lab, Laksevåg, juni 2007). Det ble påvist merkaptaner i lave konsentrasjoner (1-2 % av administrativ norm i arbeidsatmosfære) på Vest Tanks område. Det ble også påvist noen hydrokarboner i prøvene tatt ved eksplosjonsstedet, og konsentrasjonen avtok etter hvert som man fjernet seg fra eksplosjonsområdet.

Eksposering

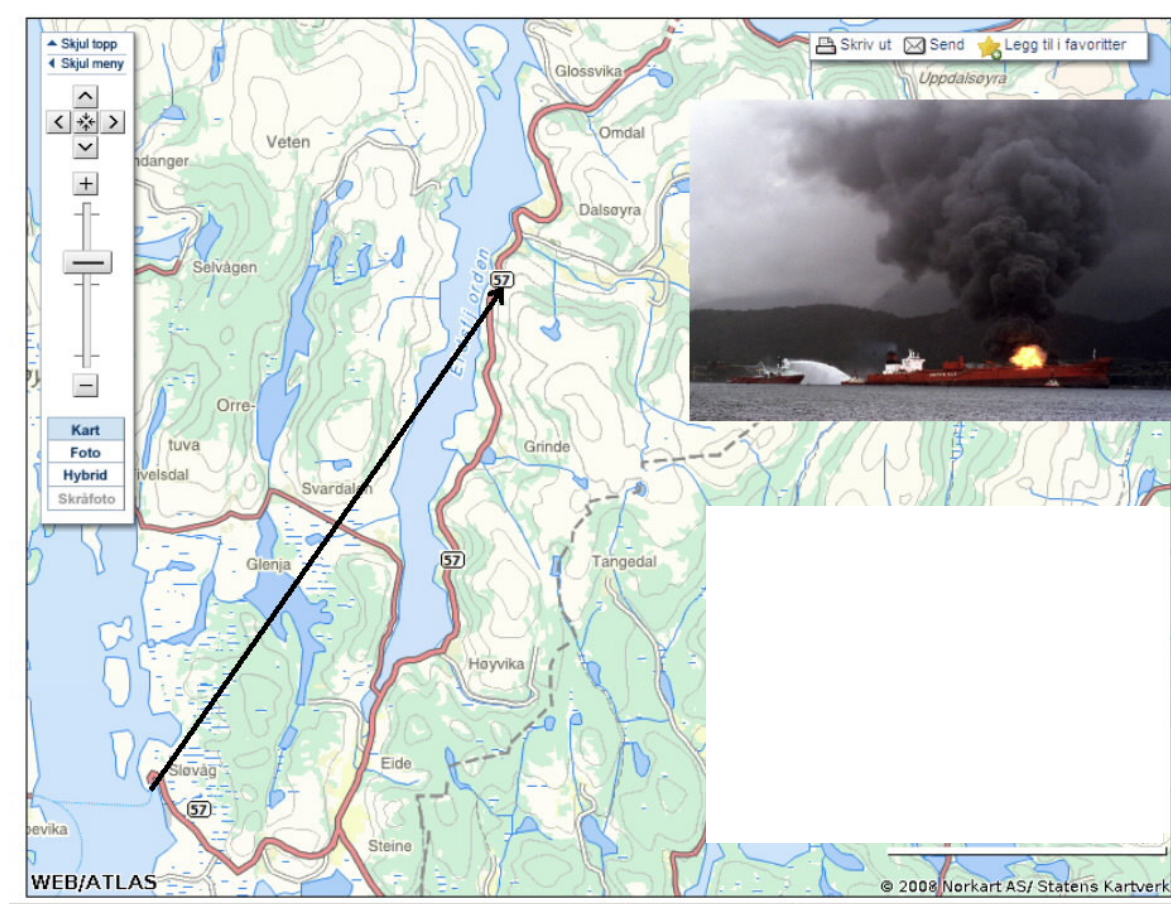
Akutt fase

Nærområdet ved Vest Tank

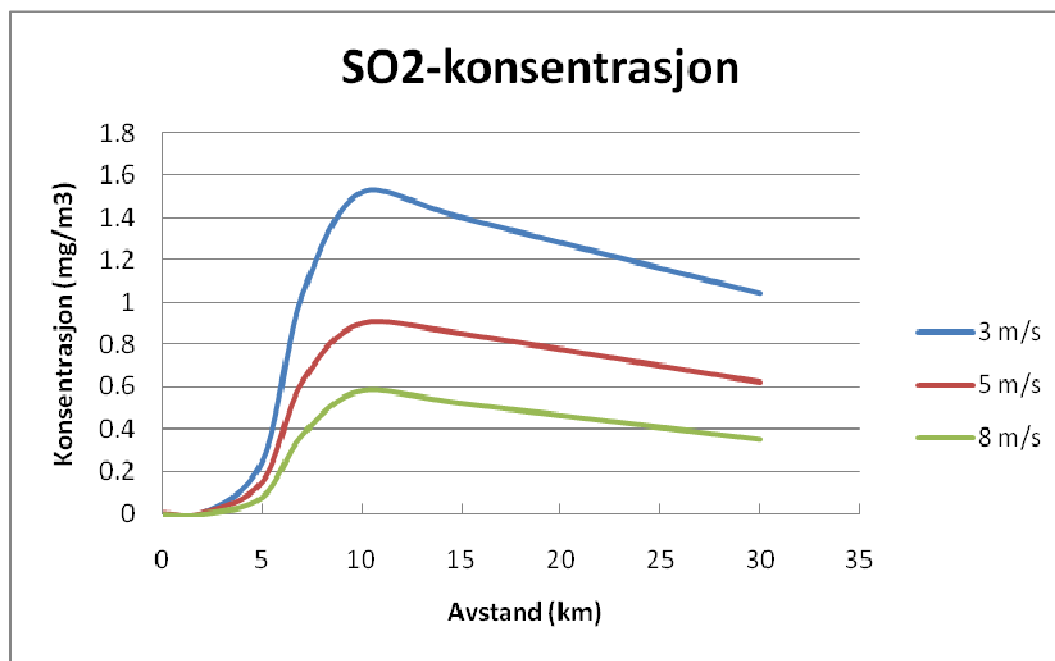
Eksplosjonen førte til spredning av tankinnhold inklusive bunnfall over hele nærområdet. Deler av tankene ble funnet over et stort område. Bunnfallet bestod av ulike utfelte svovelforbindelser i høy konsentrasjon som etter hvert ville dampe av. En må anta at det har vært høye luftkonsentrasjoner av ulike svovelforbindelser i nærområdet, under og i den nærmeste tiden, etter at brannen var slukket med vann.

Belastning med luftforurensning utenfor brannstedet

Norsk institutt for luftforskning (NILU) (v/ Dag Tønnesen, 20.6.2008) har beregnet konsentrasjon av SO_2 som følge av spredning fra brann i Vest-Tanks anlegg i Gulen. Kartutsnitt nedenfor viser retning for spredningen, basert på vindretning under ulykken.



I figuren nedenfor vises konsentrasjonsfordeling av maksimalkonsentrasjon i bakkenivå sentralt langs transportretningen for røykskyen. Vindhastighetene som er brukt i modellen, er basert på målinger utført på Mongstad som ligger på den andre siden av fjorden. Vindhastigheten i bakkenivå lå på 3-5 m/sekund på det aktuelle tidspunkt.



Horisontal utbredelse (på tvers av vindretningen) er angitt i tabell under, den viser meter fra transportretningens sentralakse (mot en av sidene) til det punkt konsentrasjonen er halvert i forhold til maksimalkonsentrasjonen.

Nedvinds avstand (avstand fra kilde)	5 km	10 km	15 km	20 km
Tversvind, halveringsavstand for konsentrasjon fra sentralakse	300 m	500 m	800 m	1000 m

Forutsetningene for den beregnede konsentrasjonsfordelingen er at merkaptaner og tioler i tankene har 50 % av sin vekt som svovel, at tank 3 inneholdt 6,6 m³ tioler/merkaptaner, og at tank 4 inneholdt 29 m³ tioler/merkaptaner. Dette vil da utgjøre en utslippsrate på 65 tonn per time dersom all tilgjengelig svovel konverteres til SO₂ i den drøye halvtimen brannen var mest intens. Konsentrasjon på (eller omkring) nivået vist i figuren vil under forutsetningene over holde seg i ca. en halv time.

NILU har ikke beregnet sotavsetning. NILU har fra bilder anslått høyden på røykskyen til 400 meter i senter for horisontal transport. Partikler kan ha en fallhastighet på 1-3 cm/s (for diameter fra 60 µm og nedover. De vil altså nå bakken etter 15000-40000 sekunder (ca. 4 – 11 timer). Med 3 m/s vindhastighet ligger maksimal partikkelavsetning i avstand 45 – 120 km fra utslippet.

Kommentar (FHI):

I beregningen ovenfor foretatt av NILU er det forutsatt at alt svovelet vil bli oksidert til SO₂. Den store sotmengden viser imidlertid at forbrenningen av karbon er ufullstendig. Dette vil sannsynligvis også gjelde svovelforbindelsene. Mange av disulfidene, hydrogensulfid og de utfelte tioler (merkaptaner) som vil bli frigjort ved tilsetting av saltsyre eller ved reaksjon med

vann, er flyktige og vil derfor følge utbredelsen for SO₂ som er beskrevet av NILU. Røykskyen vil derfor bestå av ulike svovelforbindelser i ukjent blanding. Det bemerkes at de beregnede maksimumskonsentrasjonene som figuren beskriver, er de verst tenkelig og ikke nødvendigvis har vært tilfelle i den aktuelle situasjonen.

Opprydningsfase

Under opprydningsfasen i dagene etter ulykken må det antas at det har vært høye konsentrasjoner av svovelforbindelser på kaiområdet. Mannskapene fra Vest-Tank som foresto opprydningen brukte verneutstyr med åndedrettsvern. Mannskapene på båten som lå ved kai og som også deltok i arbeidet brukte i følge kommunelege 1 ikke noen form for verneutstyr. Det foreligger ikke målinger som kan si noe om konsentrasjonene av svovelforbindelser i denne perioden.

Senfase

Undersøkelser foretatt av NGI i nærområdet for eksplosjonen og flere kilometer fra eksplosjonen 7 uker etter ulykken kunne ikke påvise forurensning med organiske svovelforbindelser. I senfasen har det foreligget forurenset masse og slukningsvann i lukkede eller tildekkede containere på Vest-Tanks område. Dette har etter hvert i stor grad blitt fjernet, men ved senere rehabilitering av tankgård 2 har det blitt samlet opp forurenset luktende masse som ligger tildekket.

X-lab utførte i perioden 8.-13. juni 2007 luftmålinger i nærheten av tankgården. I et flertall av prøvene ble det ikke påvist merkaptaner over deteksjonsgrensen, bortsett fra små mengder metylmerkaptan (metantiol): 11 µg/m³, etylmerkaptan (etantiol): 55 – 142 µg/m³, propylmerkaptan (propantiol): 26 µg/m³. Det ble ikke funnet butylmerkaptan (butantiol) med deteksjonsgrenser mellom 8 og 18 µg/m³ for prøvene. Det ble videre påvist dietylsulfid. Prøvetakingen for hydrogensulfid var mislykket. Det er god grunn til å anta at luftkonsentrasjonen av merkaptaner vil avta betydelig ved økende avstand fra kilden. Man må også anta at avdampningen av merkaptaner nå er mindre ettersom betydelige mengder forurenset avfall er fjernet og avdamping fra annen forurenset mark har pågått over et år.

Arbeidstilsynets Administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfæren er 1000 µg/m³ for metylmerkaptan og etylmerkaptan, mens normen for butylmerkaptan er 1500 µg/m³. Disse normene tar sikte på å beskytte arbeidstakere mot helseskader fra arbeidsmiljøet. Når det gjelder retningslinjer for uteluft, foreligger det grenseverdier for metylmerkaptan på henholdsvis 3,3 og 10 µg/m³ i New York og North Dakota i USA. Disse grensene er satt med bakgrunn i at det ikke skal forekomme sjenerende lukt (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)).

Helseeffekter av stoffene som er sluppet ut

Svoveldioksid

Svoveldioksid (SO₂) er en gass med sterke slimhinneirriterende egenskaper. Den er vannløselig og virker som en syre på fuktige slimhinner (FHI, 2003). Den gir irritasjon i øye-, nese- og halsslimehinne og ved høyere konsentrasjoner irritasjon av slimhinnen i bronkiene (grener av luftrøret). Personer med astma og allergi er ofte mer følsomme for SO₂. Små

endringer i lungefunksjon uten klinisk betydning har tidligere vært påvist ved kortvarig påvirkning ved konsentrasjoner ned til $570 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hos astmatikere ned til halvparten av denne konsentrasjonen. Ved langvarig eksponering er det i epidemiologiske undersøkelser av utsatte befolkningsgrupper vist at lavere konsentrasjoner av SO_2 kan forverre hjerte- og karsykdom og lungesykdom. WHO's retningslinjer er $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for en 10 minutters påvirkning og $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for en 24 timers midlingstid (WHO 2006). Overskridelse av retningslinjene tilsier mulig utløsning av helseeffekter.

Hydrogensulfid

Den mest uttalte egenskap ved hydrogensulfid er at den har en svært ubehagelig råttent lukt ved lave konsentrasjoner. Lukterskelen er rapportert å ligge helt ned mot $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hydrogensulfid virker ved langt høyere konsentrasjoner irriterende på slimhinner i øyne, nese og hals. Terskelen for øyeirritasjon angis av WHO (2000) å ligge på mellom $15\ 000$ og $30\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (15 - $30 \text{ mg}/\text{m}^3$), mens mer alvorlige øyeskader forårsakes ved et nivå på mellom $70\ 000$ og $140\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (70 - $140 \text{ mg}/\text{m}^3$). Ved høyere konsentrasjoner, $210\ 000$ - $350\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (210 - $350 \text{ mg}/\text{m}^3$) inntreer tap av luktesansen. Ved enda høyere konsentrasjoner kan lungefunksjon og sentralnervesystem være påvirket. På bakgrunn av dette har WHO (2000) i sine retningslinjer angitt en grense på $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i uteluft med en midlingstid på 30 minutter for å unngå luktulempet og en grense på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med 24 timers midlingstid for å unngå helseskader. Til sammenlikning er den Administrative normen for forurensning i arbeidsatmosfæren for hydrogensulfid $15\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($15 \text{ mg}/\text{m}^3$) (Direktoratet for arbeidstilsynet, 2008)

Studier av befolkningsgrupper som har vært utsatt for hydrogensulfidutslipp og andre illeluktende svovelforbindelser (metylmerkaptan og metylsulfider) fra treforedlingsindustri i Sør-Karelen i Finland fra slutten av 1980 til begynnelsen av 1990 årene, kan imidlertid tyde på at helseplager kan inntre ved lavere konsentrasjoner. I en tverrsnittsstudie ble tre grupper med ulik eksponeringsgrad sammenliknet med hensyn til helseplager rapportert i spørreskjema (Jaakkola et al. 1990). Eksponeringen i det mest forurensete området var gjennom året henholdsvis 8 og 2 - $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for hydrogensulfid og metylmerkaptan og de høyeste daglige konsentrasjonene henholdsvis 100 og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En dose-respons sammenheng ble observert for øye- og nesesyntomer og hoste. Etter en akutt utslippssituasjon med et høyeste nivå på $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av hydrogensulfid (to dagers gjennomsnitt 35 - $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) rapporterte en befolkningsgruppe i en tverrsnittsstudie signifikant høyere forekomst av symptomer som øyeirritasjon, pustebesvær, hodepine, depresjon og engstelse når dette ble sammenliknet med en kontrollperiode med lave utslipp ($0,1$ - $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Haahtela et al. 1992). SO_2 -konsentrasjonen var meget lav også under den akutte utslippssituasjonen. I en senere longitudinell studie ble gruppen sammenliknet med hensyn høy, midlere og lav eksponeringssituasjon (Marttila et al. 1995). Eksponeringsnivåene var henholdsvis 2 - 6 , 11 - 14 og 44 - $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ av totalreduert svovel (hydrogensulfid, metylmerkaptan og metylsulfider), for lav, midlere og høy eksponering. For de tre gruppene var SO_2 -nivåene henholdsvis 5 - 7 , 4 - 16 og 20 - $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det ble rapportert øye- og nesesyntomer, hoste, pustevansker, hodepine og kvalme. Overhyppighet av symptomer ble også funnet ved sammenlikning med en gruppe fra et ikke forurenset område (Partti-Pellinen et al. 1996). Den samme tendensen til økt symptomhyppighet ble også funnet blant barn (Marttila et al. 1994). Symptomer (brystmerter, magesmerter, leddsmerter og muskelsmerter) som var antatt ikke å ha sammenheng med eksponering for svovelforbindelser viste heller ingen sammenheng med eksponering i de finske studiene.

Merkaptaner (tioler)

Merkaptaner eller organiske tioler er en gruppe organiske kjemiske forbindelser som i likhet med hydrogensulfid har en meget ubehagelig lukt som likner råttne kål og egg. Luktterskelen ligger i samme område eller lavere enn for hydrogensulfid. Når det gjelder den helseskadelige virkningen av merkaptaner er denne mindre kjent enn for hydrogensulfid. De kortkjedete merkaptanene er generelt sett mindre helseskadelige enn hydrogensulfid. I likhet med hydrogensulfid er de vannløselige og kroppen har en effektiv måte å omdanne disse på og skille dem ut. Merkaptaner med større kjedelengde vil sannsynligvis være noe mer fettløselige, men det er ingen holdepunkter for at disse vil bli lagret i fettvev og ikke raskt skilt ut. (Basert på en e-post korrespondanse mellom Vest Tank v/Karl-Jan Erstad og Gerd Göbel, Sachverständiger im Brand-, Chemie- und Umweltschutz, GMAG, Frankfurt, skriver NGI i sin rapport at helseplagene lenge etter ulykken kan antas å skyldes at merkaptaner akkumulerer i cellene under eksponering. Det finnes ikke vitenskapelig grunnlag for å komme med en slik påstand.) Det er vel kjent fra kjemisk industri og kjemikalietransport at lekkasje eller spill av merkaptaner fører til en intens ubehagelig lukt. Arbeidere som i slike sammenhenger har vært utsatt for merkaptaner utvikler symptomer som kvalme, oppkast og hodepine. Hoste og irritasjon i luftveier og øyne er vanlig. Først ved meget høye konsentrasjoner vil det kunne oppstå pustevansker og påvirkning av sentralnervesystemet (ATSDR; Hazardous Substances Data Bank (HSDB)).

Helseplager i forbindelse med ubehagelig lukt

Felles for hydrogensulfid, merkaptaner og metylsulfider er deres meget sterke og ubehagelige luktegenskaper. Den sterke og ubehagelige lukten opptrer også ved meget lave konsentrasjoner som ikke skader kroppen direkte. Imidlertid fremkaller lukten i seg selv symptomer som kvalme, oppkast, hodepine og engstelse. I tillegg registreres irritasjon i øyne og luftveier og hoste. Alle disse symptomene er uspesifikke, dvs. de kan ha ulike årsaker og forekommer med en viss hyppighet i enhver befolkning. I en amerikansk undersøkelse finner en bakgrunnsforekomst i befolkninger som ikke er utsatt for lukt på rundt 10 % for hodepine, 5 % for kvalme, 10 % for hals- og 15 % for øyeirritasjon (Shusterman et al. 1991). Videre fant man at lukt alene førte til en 4 – 6 gangers økning i forekomsten av hodepine, kvalme, hals- og øyeirritasjon. Det har vist seg at engstelse for mulige skadevirkninger på helsen av et sterkt lukttende utslipp forsterker plagene ytterligere.

Karakteristisk for symptomene som er utløst av svovelforbindelsene, er at symptomene oppstår ved svært lave konsentrasjoner. Kvalme, oppkast, hodepine og andre symptomer fra sentralnervesystemet kan meget vel forklares av fysiologiske reaksjoner på den meget sterke og ubehagelige lukten. Når det gjelder de slimhinneirriterende effektene, er det klart at stoffene er direkte irriterende ved høyere konsentrasjoner, mens mekanismene ved meget lave konsentrasjoner imidlertid er mer usikre. Dette diskuteres også av de finske forskerne i forbindelse med deres studier som er nevnt ovenfor (Marttila et al. 1995). En fysiologisk forklaringsmodell for de opplevde irritasjonseffektene og hosten ved lave konsentrasjoner kan være aktivering av spesielle nervefibre, såkalt C-fibre (fra nervus trigeminus eller nervus vagus) i luftveisslimhinnen uten at det foreligger direkte skade på slimhinnen. Det er også vist at det er en sterk sammenheng mellom luktoverfølsomhet og hypersensitivitet i luftveisslimhinner (Johansson et al. 2006; Millquist et al. 2005; Ternsten-Hasséus et al. 2007).

Det er videre sannsynlig at personer som allerede lider av hodepine eller har slimhinner som kan være hyperreaktive (allergi og lignende) vil ha en forsterket virkning av sterk luktpåvirkning.

Meget sterk luktpåvirkning med uttalte symptomer som kvalme, oppkast og hodepine vil gjøre at det ved senere svakere påvirkning av samme lukt lettere vil kunne oppstå samme symptomer.

Andre stoffer

Ufullstendig forbrenning av organisk materiale vil som tidligere omtalt føre til dannelse av polysykliske aromatiske hydrokationer (PAH). Disse vil være bundet til sotpartikler i røykfanen under brannen. Flere PAH-er er kreftfremkallende. Eksponeringsdosen over den relativt korte tiden brannen varte må imidlertid ansees for å være minimal i forhold til den fra andre kilder, for eksempel mat. Krefttrisikoen bedømmes til å være neglisjerbar, dvs. uten betydning. Bensen er et annet flyktig kreftfremkallende stoff som finnes i bensinfraksjonen. Også mengden av bensen som kan ha påvirket folk må anses for å være ubetydelig. Samlet sett vurderer Folkehelseinstituttet at eksponering for kreftfremkallende stoffer under brannen og senere har vært ubetydelig og at hendelsen på sikt ikke representerer økt kreftisiko.

Under ufullstendig forbrenning av organisk materiale med klor til stede vil det kunne dannes polyklorerte dibensdioksiner og -furaner (dioksiner). Disse vil også være bundet til sotpartikler. Mengdene har sannsynligvis vært svært lave siden slike stoffer ikke er påvist i prøver etter brannen. Eksponeringen må anses for å være helt ubetydelig i forhold til andre vanlige eksponeringskilder som mat.

Helseplager i Gulen i forbindelse med kjemikalieulykken ved Vest Tank

Helseplagene som befolkningen i Gulen og Masfjorden kommuner har rapportert etter ulykken ved Vest Tanks anlegg i Sløvåg 24. mai 2007 er redegjort for i en rapport fra kommunelege 1 i de to kommunene (Rapport om helseplager i Gulen og Masfjorden kommuner etter ulykken i Vest Tank sitt anlegg i Sløvåg 24.05.2007, Gulen og Masfjorden kommuner 13.06.08). Denne er omtalt nedenfor.

Utover dette har kommunelege 1 Tommy Norman i Gulen ved flere anledninger (møte i Gulen kommune 11. juli 2007 og folkemøte i Gulen 23. juli 2007) rapportert muntlig om befolkningens plager (skriftlig rapportering er ikke fremlagt). Han har også orientert om beskrivelser av funn hos pasienter som oppholdt seg i nærheten av ulykkesstedet. Blant disse var sjøfolk om bord på båten som lå ved kai i Sløvåg og som hjalp til ved slukking og opprydding. Norman ble tilkalt til båten for å undersøke pasienter og registrerte hos flere kraftig betennelsesreaksjon med bringebærrød slimhinne og blemmer i svelget, pipelyder i brystet hos flere samt at det ble rapportert om hodepine og kvalme. Også blant personer som arbeidet ved bedrifter i nærheten har kommunelege 1 funnet betennelsesliknende forandringer i svelget. Ansatte ved Vest Tank som deltok i oppryddingen brukte verneutstyr inklusive åndedrettsvern.

De to andre kommunelegene i Gulen kommune har til sammen hatt henvendelser fra i alt 7 personer som hadde helseplager i ukene etter ulykken. Plagene var relatert til sterk ubehagelig lukt. Noen har fortsatt plager når de utsettes for lukt (kommunelege II Tom Bache-Wiig, personlig meddelelse, 24.6.08).

Helseundersøkelsen i Gulen og Masfjorden

I ukene etter ulykken var det mange som rapporterte om helseplager blant dem som arbeidet eller bodde i nærområdet for brannen. Også blant personer som bodde i en viss avstand fra anlegget ble det rapportert om helseplager. Kommunelege 1 i Gulen tok derfor initiativ til en spørreundersøkelse for å kartlegge i hvilket omfang befolkningen hadde plager. En tilsvarende undersøkelse ble gjort i nabokommunen Masfjorden som også var affisert av luktplager. En ny undersøkelse ble gjennomført i begge kommuner i mars 2008 (Rapport om helseplager i Gulen og Masfjorden kommunar etter ulykka i Vest Tank sitt anlegg i Sløvåg 24.05.2007, Gulen og Masfjorden kommunar 13.06.08).

Spørreundersøkelsen i Gulen 2007 var avgrenset til innbyggere i boligområder i nærheten av ulykkesområdet, fra Sløvåg til Hovden i sør til Fivelsdal og Eidsbotn i nord. Befolkningsgrunnlaget var ca. 215 og svarandelen var høy, 209 personer (tallet 211 fremkommer når barn og voksne adderes) (ifølge rapporten 67 barn og 144 voksne). Undersøkelsen som ble utført i 2008 omfattet de som svarte i 2007. I 2008 svarte totalt 128 voksne og 62 barn, i alt 190; dette er 21 færre enn i 2007. Dersom en antar at de 21 som ikke svarte, ikke har plager, vil andelen med plager i 2008 gå noe ned i forhold til det som er angitt i rapporten. Tilsvarende var det 55 arbeidere i området som besvarte spørreskjema i 2007 og 27 som besvarte i 2008. Andelen med plager i de to gruppene var relativt lik. Hvis en antar at de som ikke svarte i 2008, var uten plager, er andelen med plager halvparten i 2008 sammenlignet med 2007.

I undersøkelsene utført i Masfjorden svarte 117 av 140 aktuelle. I 2008 fulgte en opp alle som rapporterte plager i 2007, bortsett fra 8 personer. Bare en liten andel av dem med plager i 2007 hadde plager i 2008. Sammenlikningen med forekomsten av plager i de to gruppene blir ikke riktig da en må anta at de uten plager i 2007 også er uten plager i 2008. Dermed vil forekomsten av ulike plager i 2008 for hele gruppen være betydelig mindre.

Helseundersøkelsene av befolkningsgrupper i Gulen og Masfjorden omfatter ikke en sammenliknbar befolkningsgruppe uten eksponering. Det er i undersøkelsen ikke tatt hensyn til andre eksponeringer, for eksempel røyking eller tilsvarende, og om personene samtidig lider av andre sykdommer, for eksempel astma og allergi, og hyppig hodepine, migrene etc. noe som vil påvirke resultatet av undersøkelsen. Det er heller ikke spurt om varighet av helseplagene, om de er vedvarende eller om de opptrer i forbindelse med luktplager.

Sammenheng mellom helseplager og eksponering i forbindelse med kjemikalieulykken

Akuttfasen og opprydningsfasen

Funn av helseskade i form av betennelsesforandringer i slimhinnen hos personer som oppholdt seg i nærområdet den første tiden uten åndedrettsvern er vel forenelig med at det sannsynligvis har vært høye konsentrasjoner av irriterende gasser som fantes i tankene. De irriterende gassene ble spredt i forbindelse med eksplosjonen og har senere dampet av fra de forurensede massene og slukningsvannet.

Når det gjelder akuttfasen av ulykken og røyk-/gasskyen fra brannen har denne inneholdt hydrokarboner og en blanding av SO₂ og andre reduserte svovelforbindelser. Det er mulig at konsentrasjonen har vært så høy at den har kunnet fremkalle akutt direkte slimhinneirritasjon

hos personer som oppholdt seg i området for spredning av røykskyen. I tillegg har røykskyen vært ledsaget av en meget sterk og ubehagelig stank. Utløsning av kvalme, oppkast og hodepine samt sterk sykdomsfølelse er vel forenelig med den eksponering befolkningen har vært utsatt for.

Senfasen

Målinger av svovelforbindelser i luften ved kilden i juli 2007 viste lave verdier (X-lab 2007). Vi må anta at konsentrasjonen siden den gang har gått ned. På avstand fra kilden er mengdene enda lavere. Til tross for dette rapporterte en betydelig andel av befolkningen helseplager i form av hoste, hodepine, vond hals, irriterte øyne, kvalme og generell uvelhet både i 2007 og året etter.. Det er en noe mindre andel av de spurte i Gulen som rapporterer om helseplager ved undersøkelsen i 2008 enn det som fremkom av undersøkelsen i 2007.

De vanligste helseproblemene som ble rapportert for barna var hodepine, hoste, vond hals, irriterte øyne og kvalme. Dette er vanlige plager som kan fremkalles av sterk og ubehagelig lukt. Man skal imidlertid være klar over at denne type symptomer er hyppig forekommende generelt uten eksponering, men øker ofte ved eksponering for illeluktende svovelforbindelser som vist i en finsk undersøkelse (Marttila et al. 1994). I 2008 rapporteres det en høy andel andre kroppslige plager blant barna uten at disse er spesifisert nærmere. Det er vanskelig å si sikkert om det virkelig er en økning av symptomer blant barna i 2008 sammenliknet med i 2007.

Blant de voksne i Gulen var følgende symptomer mest hyppig i 2007 og 2008: Hoste, hodepine, søvnnvanser, vond hals, redusert smaksopplevelse, irriterte øyne, kvalme og generell uvelhet. I tillegg kommer flere andre symptomer med lavere hyppighet. Sammenliknet med i 2007 er det generelt lavere hyppighet i 2008 for symptomer som vanligvis kan utløses av lukt. Det er klart økt forekomst både i 2007 og 2008 for de vanligste symptomene i forhold til det en vil forvente i en ueksponert befolkning. Dette vises klart dersom en sammenligner med forekomsten i Masfjorden fra 2008 da det ikke var lukt (se nedenfor). Blant personer som arbeider på bedrifter i nærområdet er plagene av samme karakter, men forekomsten noe høyere.

Det er imidlertid uklart i hvilken grad helseplagene er relatert til luktproblemer, men rapporten anfører for Gulen at noen har svart at plagene kom når det var lukt. På møte i Gulen i fjor sommer fortalte kommunelege Norman at folks helseplager forsvant eller ble bedre hvis de hadde vært borte fra kommunen i helgen. Videre opplyses det i rapporten om at flere kontaktet lege i forbindelse med lukt og helseproblemer senere på våren 2008, da lukten ble sterkere. Til sammenlikning illustrerer undersøkelsene i Masfjorden sammenheng mellom plager og lukt. Av de som hadde plager i 2007, hadde bare 10 % plager i 2008. Generelt var forekomsten av enkeltplager under 5 % i 2008. Samtidig rapporterte ingen av de spurte om lukt i den perioden undersøkelsen ble foretatt i 2008. Denne forekomsten av uspesifikke helseplager i en befolkning er i overensstemmelse med hva en ellers finner i befolkninger uten noen spesiell form for påvirkning (Haahtela et al. 1992; Shusterman et al. 1991). Det er verd å merke seg at andelen som hadde kroppslige plager ved undersøkelsen i 2007 var 62 % mens omkring 90 % merket lukt. Det er derfor sannsynlig at helseplagene som beskrives har sammenheng med luktplagene. De vanligste plagene som ble registrert i 2007 var hoste, hodepine, vond hals, irriterte øyene, kvalme, generell uvelhet og tappet for energi. Dette er plager som er vel forenelig med plager som er beskrevet etter påvirkning med svært

ubehagelig lukt. Det ble også rapportert om en del andre plager som forekom mindre hyppig. I hvilken grad disse er forbundet med luktpåvirkning er ikke mulig å si.

Folkehelseinstituttet konkluderer på bakgrunn av det foreliggende materiale med at helseplagene i senfasen mest sannsynlig er forårsaket av svært ubehagelig lukt fra ulykkesområdet og at mange personer som følge av åpenbare helseplager i den første fasen av ulykken erfarer en forsterket kroppslig reaksjon for den samme lukten.

Opplysningen om at avfall tilsvarende det som var lagret på Vest Tanks anlegg i Sløvåg, har forårsaket 14 dødsfall og sykdom hos et stort antall personer etter at dette ble deponert på fyllinger i Elfenbenskysten (Dagbladet 2006, www.firda.no, 2008) har naturlig nok ført til engstelse for egen helse blant befolkningen i Gulen. Situasjonen i Elfenbenskysten er imidlertid ikke sammenliknbar siden avsvovlingsavfallet i dette tilfelle ble spredt på en fylling der mange mennesker oppholdt seg i tett fysisk kontakt med avfallet. Her har eksponeringen for svovelforbindelser høyst sannsynlig vært massiv, og annerledes enn situasjonen i Sløvåg hvor deler av avfallet brant opp og hvor befolkningen ikke har vært i direkte kontakt med avfallet.

Risiko for langtidseffekter

Det har høyst sannsynlig ikke forekommet eksponering for kreftfremkallende stoffer i mengder av helsemessig betydning. Det er derfor ingen grunn til å forvente økt kreftrisiko i forhold til eksplosjonsulykken.

Eventuell slimhinneirritasjon forårsaket av SO₂ og andre svovelforbindelser i akutfasen vil raskt bli leget. Mulig opptak i kroppen av organiske svovelforbindelser og andre organiske forbindelser fra bensinfraksjonen vil raskt omsettes og skilles ut. Det er heller ikke noen grunn til å anta at det har forekommet eksponering for stoffer som lagrer seg i kroppen og som skulle kunne føre til helseskade på lang sikt.

Tiltak

Befolkningseksponering fra omgivelsene

Det er klare holdepunkter for at luktulempene er den viktigste årsak til helseplagene i befolkningen. Det er hittil fjernet betydelige mengder forurenset avfall (iflg. SFT ca 1500 tonn). Det ligger nå igjen ca 4-500 tonn med forurensete masser som er gravd ut i forbindelse med rehabilitering av tankgården. Disse er planlagt fjernet innen utgangen av juni d.å. Fjerning av avfall og forurensete masser har tatt betydelig lenger tid enn forutsatt. Det ble for eksempel på folkemøte i Gulen sommeren 2007 sagt fra Vest Tanks ledelse at avfallet skulle være fjernet i løpet av tre uker. Fortsatte luktplager er høyst sannsynlig den viktigste årsaken til at folk fortsatt rapporterer om helseplager. Det er derfor viktig at forurensete masser fjernes så fort som mulig. På møte i Gulen 30. mai i år ble mulighet for andre luktkilder drøftet. Folkehelseinstituttet er kjent med at SFT er i kontakt med bedriften om identifisering av andre mulige luktkilder i området som kan være forurenset med det svovelholdige avfallet som ble spredt under eksplosjonen. Tiltak for å redusere lukt fra andre kilder relatert til eksplosjonen bør gis høy prioritet.

Personer med helseplager

Personer som føler seg syke eller har betydelige helseplager må konsultere fastlegen og pasientene må følges opp i den alminnelige helsetjenesten, eventuelt med henvisning til videre utredning og behandling av spesialisthelsetjenesten.

Konklusjoner

- Helseplagene som fortsatt rapporteres i Gulen har mest sannsynlig sammenheng med eksponering for lukt fra rester av svovelforbindelser. Av betydning er også tidligere betydelig eksponering for den samme svært ubehagelige lukten i 2007 og åpenbare helseplager i den forbindelse.
- Det er ikke noen grunn til å anta at det har forekommet eksponering for stoffer som lagrer seg i kroppen eller eksponering i en grad som skulle kunne føre til helseskader eller sykdom som skulle opptre på lang sikt (for eksempel kreft). Eksponering for kreftfremkallende stoffer har vært neglisjerbar i forhold til andre generelle kilder.
- Fordi luktulempene trolig er den viktigste årsak til helseplagene, vil det være viktig at forurensede masser fjernes så fort som mulig. I tillegg er det viktig å identifisere andre mulige luktkilder i området som kan være forurenset med det svovelholdige avfallet som ble spredt under eksplosjonen. Det bør iverksettes tiltak for å redusere lukt fra andre kilder.
- Personer som føler seg syke eller har betydelige helseplager må konsultere lege og følges opp av det ordinære helsevesenet, dvs. fastlegen og spesialisthelsetjenesten.

Referanser

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Methyl Mercaptan. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp139.html> (tilgang: 25.6.2008)

Dagbladet. 12.10.2006 Avfall fra dette skipet drepte 14
<http://www.dagbladet.no/magasinet/2006/10/12/479460.html> (tilgang: 25.6.2008)

Direktoratet for Arbeidstilsynet. Veiledning om administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære. <http://www.arbeidstilsynet.no/c28864/artikkel/vis.html?tid=28880> (tilgang: 25.6.2008)

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) (2007). Erfaringer fra myndighetenes samlede håndtering av Vest Tank ulykken i Gulen kommune.
http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/vesttank_erfaringsrapport281107.pdf (tilgang: 25.6.2008)

www.firda.no (07.6.2008) Hadde dødeleg gift i tankane.
<http://www.firda.no/nyhende/article3591528.ece?service=print> (tilgang: 25.6.2008)

Folkehelseinstituttet (FHI) 2003. Miljø og helse - en forskningsbasert kunnskapsbase, rev. 2003 - Rapport 2003:9 (under revisjon, ny utgave høsten 2008) <http://www.fhi.no/dav/f6bcfac619.pdf> (tilgang: 25.6.2008)

GexCon. Skjold T. o.a. Ulykkesgranskning etter eksplosjon ved Vest Tank på Sløvåg industriområdet – Åpen anonymisert versjon, GexCon AS, Bergen 31.10.2007.

Hazardous Substances Data Bank (HSDB). Søkord: Mercaptan. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> (tilgang: 25.6.2008)

Haahtela T, Marttila O, Vilkkka V, Jäppinen P, Jaakkola JJ. The South Karelia Air Pollution Study: acute health effects of malodorous sulfur air pollutants released by a pulp mill. *Am J Public Health*. 1992;82:603-5.

Johansson A, Millqvist E, Nordin S, Bende M. Relationship between self-reported odour intolerance and sensitivity to inhaled capsaicin: proposed definition of airway sensory hyper reactivity and estimation of its prevalence. *Chest*. 2006;129:1623-8.

Jaakkola JJ, Vilkkka V, Marttila O, Jäppinen P, Haahtela T. The South Karelia Air Pollution Study. The effects of malodorous sulfur compounds from pulp mills on respiratory and other symptoms. *Am. Rev. Respir. Dis*. 1990;142:1344-50.

Marttila O, Jaakkola JJ, Partti-Pellinen K, Vilkkka V, Haahtela T. South Karelia Air Pollution Study: daily symptom intensity in relation to exposure levels of malodorous sulfur compounds from pulp mills. *Environ Res*. 1995;71:122-7.

Marttila O, Jaakkola JJ, Vilkkka V, Jäppinen P, Haahtela T. The South Karelia Air Pollution Study: the effects of malodorous sulfur compounds from pulp mills on respiratory and other symptoms in children. *Environ Res*. 1994;66:152-9.

Millqvist E, Ternesten-Hasséus E, Ståhl A, Bende M. Changes in levels of nerve growth factor in nasal secretions after capsaicin inhalation in patients with airway symptoms from scents and chemicals. *Environ Health Perspect*. 2005;113:849-52.

NGI. Pettersen A. o.a. Vest Tank, Gulen kommune – Miljøteknisk undersøkelse etter eksplosjon og brann 24. mai 2007, Rapport nr. 20071531-1, NGI, Oslo.

Partti-Pellinen K, Marttila O, Vilkkka V, Jaakkola JJ, Jäppinen P, Haahtela T. The South Karelia Air Pollution Study: effects of low-level exposure to malodorous sulfur compounds on symptoms. *Arch Environ Health*. 1996;51:315-20.

Rapport om helseplager i Gulen og Masfjorden kommunar etter ulukka i Vest Tank sitt anlegg i Sløvåg 24.05.2007, Gulen og Masfjorden kommunar 13.06.08

Shusterman D, Lipscomb J, Neutra R, Satin K. Symptom prevalence and odour-worry interaction near hazardous waste sites. *Environ Health Perspect*. 1991;94:25-30.

Ternesten-Hasséus E, Lowhagen O, Millqvist E. Quality of life and capsaicin sensitivity in patients with airway symptoms induced by chemicals and scents: a longitudinal study. *Environ Health Perspect*. 2007;115:425-9. Epub 2006 Dec 19

WHO 2000 Air Quality Guidelines for Europe Second Edition
<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf> (tilgang: 25.6.2008)

WHO 2006 Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide <http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf> (tilgang: 25.6.2008)

X-lab. Rasmussen S. Luftprøver for analyse av svovelholdige forbindelser og løsemidler – Vest Tank, Rapport X-lab, Laksevåg, juni 2007.