

# **Risicanalys av farligtgoodsled i Kalmar**

**Rekommendationer med avseende på  
detaljplan Södra vägen**

***Håkan Sanglén***

---

**Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden**

**Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5158, Lund 2005**



# **Risicanalys av farligtgoodsled i Kalmar**

- **Rekommendationer med avseende på detaljplan Södra vägen**

**Håkan Sanglén**

**Lund 2005**

Risicanalys av farligtgoodsled i Kalmar - Rekommendationer med avseende på detaljplan Södra vägen

Håkan Sanglén

**Report 5158**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5158--SE**

Number of pages: 147

Illustrations: Håkan Sanglén

Keywords

Kalmar, Risk analysis, Dangerous goods, Roads, Individual risk, Societal risk

Sökord

Kalmar, Riskanalys, Farligtgoods, Vägar, Individrisk, Samhällsrisk,

Abstract

This report contains a risk analysis of transportation of dangerous goods in Kalmar. The analysis is based on quantitative data and an evaluation of the risks based on both the probability of occurring accidents as well as the consequences of those. The risks are presented as both individual and societal risks.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2005.

---

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60

## **Förord**

Jag vill inleda med att tacka Berit Andersson, Henrik Johansson och Jerry Nilsson på avdelningen för brandteknik som ställt upp med idéer och synpunkter då jag har behövt diskutera uppkomna frågeställningar och problem.

Tacksamhet riktas även till de företag och verksamheter i Kalmar som efter bästa förmåga bidragit med indata till genomförandet av denna riskanalys. Ett särskilt tack även till alla på Brand & riskanalys AB i Kalmar vars trevliga bemötande och kreativa idéer bidragit med inspiration under arbetets gång.

Avslutningsvis vill jag tacka Mia för all förståelse och stöd under de åren jag studerat i Lund. Särskilt tack för allt tålamod alla sena kvällar och helger under den tid då detta arbete genomfördes.

Handledare vid avdelningen för brandteknik har varit Berit Andersson. Från Brand & riskanalys AB i Kalmar har Magnus Widlind och Anders Sporrang bidragit med handledning och stöd.



## Sammanfattning

Kalmar kommun önskar att genomföra förändringar av både vägsträckning samt byggnadsstruktur längs farligt godsleden Södra vägen i Kalmar. Enligt detaljplan över aktuellt område bör inga nya bostäder tillföras området kring Södra vägen inom ett avstånd på 100 meter utan att riskanalys genomförs för att utreda den lokala riskbilden.

Genomförd riskanalys baseras på kvantitativa data samt värdering av riskerna utifrån både sannolikheter för eventuella olyckor, samt konsekvenserna av desamma. Riskerna presenteras som individ och samhällsrisker.

Analysen visar att leden trafikeras av cirka 30 fordon med farligt gods varje dygn. Nästan 95 % av dessa transporter utgörs av brandfarliga vätskor som bensin, diesel och eldningsolja. Dessa förutsättningar resulterar i en samhällsrisk i det så kallade ALARP-området. ALARP står för ”As low as reasonably practicable” vilket tolkas så att om riskerna ligger inom detta område bör inga nya risker tillföras och åtgärder bör utföras för att sänka de befintliga riskerna.

Då inga nationella rekommendationer finns i dagsläget är det upp till enskild utredare samt kommun att både sätta gränserna för ALARP-området, samt bedöma riskerna i detta område. Med anledning av detta är det viktigt att politiska beslut tas lokalt gällande hur stora risker som skall accepteras.

Uppförandet av planerad nybyggnation kommer endast att förvärra samhällsrisken obetydligt. Istället är det individrisken som är dimensionerande. Individrisken är acceptabel på ett avstånd av cirka 35 meter från Södra vägen. Detta innebär att inga åtgärder krävs vid uppförandet av nya byggnader längre än cirka 35 meter från leden. Närmare vägen hamnar även individrisken inom ALARP-området.

De kortaste avstånden till planerad nybyggnation är cirka 10 meter. Detta innebär att individer i dessa byggnader kommer att utsättas för en förhöjd risksituation.

Till följd av den totala riskbilden längs den del av Södra vägen som är aktuell för ombyggnation, bör åtgärder genomföras för att reduceras riskerna. Både samhällsrisk och

individrisk ligger inom ALARP-området och att tillföra nya risker i form av fastigheter nära leden, utan att genomföra några riskreducerande åtgärder, bedöms inte som försvarbart ur risksynpunkt.

Avsaknaden av verktyg för att kvantitativt bedöma olika riskreducerande åtgärder för att sedan kunna återföra dessa till risakanalysen medför att varje utredare tillsammans med kommunen gör en bedömning av vilka åtgärder som bör prioriteras och genomföras. Dock är det viktigt att i utredningen kunna påvisa effektiviteten i föreslagna åtgärder för att dessa skall vinna stöd jämfört med åtgärder som bedöms mindre effektiva men som är mer ekonomiska.

Ovanstående problematik bör kunna ligga till grund för en djupare analys där erfarenheter och slutsatser från inträffade olyckor med farligt gods, samt effektiviteten av eventuella åtgärder sammanställs.

Nedan redovisas några av de riskreducerande åtgärder som i rapporten föreslås längs den del av Södra vägen som är aktuell för ombyggnation. Förslagen redovisas utan inbördes rangordning.

- Södra vägen klassas om till B-led.
- Hastighetsbegränsande åtgärder genomförs.
- Särskild hänsyn tas till tunga fordon vid utformning av cirkulationsplatser.
- Avkörningsskydd dimensionerade för tunga fordon uppförs.
- Vägdiken utformas som ”fack” för att begränsa utsläppsarean.
- Föreslagen nybyggnation placeras så långt söderut som möjligt.
- Entréer och utrymningsvägar förläggs söderut, bort från Södra vägen.
- Fasader uppförs i obrännbart material samt fönster förses med brandklassat glas.
- Resurser på Räddningstjänsten inventeras samt kompletteras vid behov.



## Summary

The city of Kalmar wishes to carry out changes in terms of routing as well as constructional structure along Södra Vägen in Kalmar. According to the city plan, no new dwellings should be added within a periphery distance of 100 meter without conducting a risk analysis to assess the local risk.

Performed risk analysis is founded on quantitative data as well as an evaluation of risks based on both the probability of potential accidents along with the consequences of those. These risks are presented as both individual and societal risks.

The analysis shows a traffic load of about 30 vehicles over a 24-hour period carrying dangerous goods along the route. Close to 95% of these transports are constituted by flammable liquids such as petrol, diesel and oil. These conditions result in a societal risk within the theoretical area of “ALARP” (As low as reasonably practicable). The area should be interpreted such as if the risks are within the boundaries for this area no additional risks should be introduced and measures to lower the present risk situation should be introduced.

As of today, no national recommendations exists and it is therefore the responsibility of every single investigator, along with the constituting county, to state the defining borders of the ALARP-area as well as assess the potential danger of that particular area. Based on this, the importance of local political definitions regarding the area and its risk acceptance can not be emphasized enough.

The introduction of already planned constructions will only mildly increase the risk for the society. Instead it is the individual risk that is the dimensioning factor. That risk is acceptable from a point of 35 meters from the route and outwards. This concludes that no additional measure needs to be undertaken for new buildings further than 35 meter away from the road. Looking at a scenario closer than the described 35 meter would, however, include the individual risk in the ALARP-area.

The shortest distance to any planned new building is approximately 10 m. This involves the individuals in those buildings resulting in an increased risk situation. Concluding from the total risk analysis along the part of Södra vägen currently in review of reconstruction, measures to reduce potential risks are recommended. Both from a societal as well as from an individual point of view, the risk analysis puts them both within the stated boundaries of the ALARP-area . It would not be considered neither wise nor appropriate from a risk assessment standpoint to introduce additional risks in the form of new buildings so close to the concerned route, without performing risk minimizing procedures.

The absence of existing tools to quantitatively assess potential risk reducing measures, states that each investigator along with the governing county must make an assessment on appropriate actions that needs to be prioritized and reinforced. It is however important to be able to show the effectiveness of the suggested proposals to receive full support when faced with counterproposals with a lower cost efficiency ratio.

The complex of problems above should make a suitable foundation for a more deepening analysis where experiences and conclusions from occurred accidents involving dangerous goods, along with the resulting effectiveness of possible measures, should be compiled.

Down below some risk minimizing procedures are suggested along the part of Södra vägen that is up for reconstruction.

- Södra vägen is declassified as a B-route.
- Speed limiting measurements are conducted.
- Special consideration for heavy vehicles when reconstructing roundabouts.
- Derailing protection dimensioned for heavy vehicles are constructed.
- Road ditches are designed as compartments to limit potential contamination areas.
- Suggested new buildings are placed as far south as possible.
- Entrances and evacuation doors are situated south, away from Södra vägen.
- Facades are constructed using incombustible material and windows are constructed with fireproof glass.
- Resources at the Fire and Rescue department are inventoried and upgraded based on need.

## Innehållsförteckning

<b>1. INLEDNING</b>	<b>- 9 -</b>
1.1 BAKGRUND	- 9 -
1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	- 9 -
1.3 METOD	- 10 -
1.4 ANVÄNDA DATORPROGRAM FÖR BERÄKNINGAR	- 11 -
1.4.1 Bfk	- 11 -
1.4.2 GASOL	- 11 -
1.4.3 Precision Tree	- 11 -
1.5 AVGRÄNSNINGAR	- 12 -
<b>2. OMRÅDESBESKRIVNING</b>	<b>- 13 -</b>
2.1 ALLMÄNT OM SÖDRA VÄGEN	- 13 -
2.2 BESKRIVNING AV SÖDRA VÄGEN	- 13 -
2.2.1 Delsträcka 1	- 14 -
2.2.2 Delsträcka 2	- 15 -
2.2.3 Delsträcka 3	- 16 -
2.2.4 Delsträcka 4	- 18 -
2.2.5 Delsträcka 5	- 19 -
<b>3. RISK</b>	<b>- 21 -</b>
3.1 DEFINITION AV RISK	- 21 -
3.2 DEN UPPLEVDA RISKEN	- 22 -
3.3 RISKKRITERIER	- 23 -
3.3.1 Fastställda riskkriterier	- 23 -
3.3.2 Individrisk	- 23 -
3.3.3 Samhällsrisk	- 25 -
<b>4. FARLIGT GODS</b>	<b>- 27 -</b>
4.1 DEFINITION AV FARLIGT GODS	- 27 -
4.2 KLASSINDELNING	- 27 -
4.3 ÄMNEN OCH MÄNGDER SOM TRANSPORTERAS PÅ SÖDRA VÄGEN	- 28 -
4.3.1 Verksamheter på Tjärhovet	- 28 -
4.3.2 Verksamheter längs Södra vägen	- 30 -
4.3.3 Antal transporter med farligt gods	- 30 -
<b>5. TRAFIKBELASTNING</b>	<b>- 33 -</b>
<b>6 FÖRVÄNTAT ANTAL FARLIGTGODSOLYCKOR</b>	<b>- 35 -</b>
6.1 METOD	- 35 -
6.2 ANTAL OLYCKOR MED FARLIG GODS	- 36 -
<b>7. VÄDERFÖRHÅLLANDEN</b>	<b>- 37 -</b>
7.1 VINDRIKTNING OCH VINDHASTIGHET	- 37 -
7.2 SOLINSTRÅLNING	- 38 -
7.3 STABILITETSKLASSER	- 39 -
<b>8. SANNOLIKHET OCH KONSEKVENS AV OLYCKA MED FARLIGT GODS</b>	<b>- 41 -</b>
8.2 KLASS 2 KONDENSERADE GASER	- 41 -
8.2.1 Brännbar kondenserad gas	- 42 -
8.2.2 Giftig kondenserad gas	- 44 -
8.3 KLASS 3 BRÄNNBARA VÄTSKOR	- 45 -
8.4 KLASS 5 OXIDERANDE ÄMNEN	- 46 -
8.5 KLASS 6 GIFTIGA OCH SMITTFÖRANDE ÄMNEN	- 46 -
8.6 KLASS 9 ÖVRIGA ÄMNEN	- 47 -
<b>9. IDENTIFIERADE SCENARIER</b>	<b>- 49 -</b>
<b>10. BEFOLKNINGSTÄTHET</b>	<b>- 53 -</b>

<b>11. BERÄKNAD RISKNIVÅ</b>	<b>- 55 -</b>
11.1 INDIVIDRISK	- 55 -
11.2 SAMHÄLLSRISK	- 57 -
<b>12. KÄNSLIGHETSANALYS</b>	<b>- 59 -</b>
12.1 OSÄKERHETER	- 59 -
12.2 KÄNSLIGHETSANALYS FÖR INDIVID- OCH SAMHÄLLSRISKER	- 61 -
12.3 DISKUSSION	- 63 -
<b>13. PLANERADE FÖRÄNDRINGAR SÖDRA VÄGEN</b>	<b>- 65 -</b>
13.1 TRAFIKFÖRÄNDRINGAR	- 65 -
13.2 FÖRESLAGEN NYBYGGNATION	- 66 -
13.2.1 Kvarteret Syrenen	- 66 -
13.2.2 Kvarteret Spirean	- 66 -
13.2.3 Kvarteret Vesslan	- 66 -
13.3 FÖRÄNDRINGAR I RISKBILDEN	- 66 -
<b>14. AKTUELL LAGSTIFTNING OCH REKOMMENDERADE SKYDDSAVSTÅND TILL FARLIGTGODSLED</b>	<b>- 69 -</b>
14.1 LAG OM SKYDD MOT OLYCKOR SFS 2003:778	- 69 -
14.2 PLAN OCH BYGGLAGEN SFS 1987:10	- 69 -
14.3 VÄGLAGEN SFS 1971:948	- 70 -
14.4 TRAFIKFÖRORDNINGEN SFS 1998:1276	- 70 -
14.5 REKOMMENDERADE SKYDDSAVSTÅND TILL FARLIGT GODSLED	- 71 -
14.5.1 Länsstyrelsen Stockholms län	- 71 -
14.5.2 Vägverket	- 72 -
14.5.3 Göteborgs stad	- 72 -
14.5.4 Boverket	- 72 -
14.6 DISKUSSION	- 72 -
<b>15. RISKVÄRDERING</b>	<b>- 75 -</b>
15.1 VÄGLEDANDE PRINCIPER	- 75 -
15.2 DISKUSSION	- 76 -
15.3 SLUTSATS	- 78 -
<b>16. RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER SÖDRA VÄGEN</b>	<b>- 79 -</b>
16.1 AVLÄGSNANDE AV RISKER	- 79 -
16.2 OLYCKSFÖREBYGGANDE ÅTGÄRDER	- 80 -
16.3 SKADEBEGRÄNSANDE ÅTGÄRDER	- 83 -
16.4 AKUTA SKADEBEGRÄNSANDE ÅTGÄRDER	- 84 -
<b>KÄLLFÖRTECKNING</b>	<b>- 85 -</b>
<b>BILAGA 1. BERÄKNING AV ANTALET TRANSPORTER MED FARLIGT GODS</b>	<b>- 91 -</b>
<b>BILAGA 2. BERÄKNING AV FÖRVÄNTAT ANTAL OLYCKOR MED FARLIGT GODS</b>	<b>- 97 -</b>
<b>BILAGA 3. SAMMANSTÄLLNING AV VÄDERSTATISTIK</b>	<b>- 99 -</b>
<b>BILAGA 4. BERÄKNING AV RISKAVSTÅND</b>	<b>- 105 -</b>
<b>BILAGA 5. BERÄKNING AV BEFOLKNINGSTÄTHET</b>	<b>- 131 -</b>
<b>BILAGA 6. BERÄKNING AV INDIVID- OCH SAMHÄLLSRISK</b>	<b>- 137 -</b>
<b>BILAGA 7. STRÅLNINGSBERÄKNINGAR</b>	<b>- 145 -</b>

## **1. Inledning**

Hantering av farligt gods är idag en förutsättning för flera centrala funktioner i samhället. Dock utgör dessa transporter en betydande risk mot både hälsa, miljö och egendom. Dessa risker måste hanteras och, i största möjliga utsträckning, minimeras för att skapa ett säkert och tryggt samhälle för samtliga medborgare. Verktöget för att identifiera dessa risker är riskanalyser.

### **1.1 Bakgrund**

Det förebyggande arbetet mot olyckor med farligt gods regleras främst genom omfattande lagar och regler beslutade på en central statlig nivå. Detta för att minska riskerna och sänka frekvensen av denna typ av olyckor. Det är omöjligt att dessa transporter blir helt riskfria och därför måste även arbetet med skadebegränsande åtgärder utvecklas. Detta för att åtgärderna skall vara så effektiva som möjligt men även för att begränsa de negativa inskränkningarna i samhället som åtgärderna kan ge upphov till.

Utvecklingen av städer och tätorter idag ger upphov till ett allt större intresse av att kunna utnyttja tillgängliga markområden för exploatering. Denna utbredda vilja, att så effektivt som möjligt utnyttja lediga ytor, lyfter frågor om de faktiska riskerna kring farligt godsleder och därigenom behovet av olika typer av riskanalyser.

Svårigheterna med dessa riskanalyser, och all riskanalys överhuvudtaget, är behandlingen av de osäkerheter som förekommer. Dessa osäkerheter kan finnas i brister i det tillgängliga statistiska materialet, olika typer av förenklingar, använda beräkningsmodeller, med mera. Dessa osäkerheter kommer att fortplanta sig genom alla beräkningssteg för att slutligen även påverka resultatet. Det är därför viktigt att i resultaten, på ett lättbegripligt sätt, redovisa vilka inneboende osäkerheter som finns.

### **1.2 Syfte och målsättning**

Syftet med detta arbete är att genomföra en riskanalys för farligt godsleden längs Södra vägen i Kalmar. Riskanalysen skall baseras på kvantitativa data och riskerna värderas utifrån både sannolikheter för eventuella olyckor, samt konsekvenserna av desamma. Rapporten skall behandla hur bristfällig statistik och annan avsaknad av fakta hanteras. Vidare skall

risikanalysen innefatta en uttömmande riskvärdering samt en värdering av eventuella riskreducerande åtgärder som kan tänkas bli aktuella för att uppnå tolerabel säkerhetsnivå.

Risikanalysens tyngdpunkt kommer att vila på områden där nybyggnation planeras av Kalmar kommun. Arbetet skall resultera i en allmän slutsats om säkerheten med avseende på leden innefattande både individ- och samhällsrisk. Dessutom skall analysen utreda riskerna med den planerade nybyggnationen i aktuellt område. En bedömning skall presenteras om byggnation överhuvudtaget är lämplig i området. Då rapporten och hela analysen skall kunna utvärderas och tolkas av politiker och kommunala tjänstemän kommer hela riskbegreppet men även specifika beräkningsmodeller att redovisas tämligen utförligt. Detta för att skapa en förståelse och en helhet över ingående parametrar i utförd riskanalys.

Arbetet utförs dels som det huvudsakliga momentet i kursen ”Brandtekniskt projektarbete” 10 p på Lunds tekniska högskola, dels som ett projekt åt Kalmar kommun.

### **1.3 Metod**

Arbetet inleds med en litteraturstudie av tillgängligt relevant material. Detta i syfte att skapa en grund att utveckla arbetet ifrån. Nästa steg är att kartlägga hur stora mängder farligt gods som transporteras på leden i dagsläget, vilket utförs främst genom kontakter med företag och kommun. Därefter sammanställs en mängd statistiska uppgifter gällande trafikflöden, befolkningstäthet, olyckstatistik, väderförhållanden, med mera.

Vidare beräknas sannolikheterna för ett antal olyckscenarier. Dessa sannolikheter bygger till allra största del på vilka ämnen, samt hur stora mängder av dessa ämnen som transporteras längs leden. För att så tydligt som möjligt redovisa olyckscenarier samt dess sannolikhet redovisas dessa i form av händelsetråd. Konsekvenserna för respektive olyckscenario beräknas genom hand- och databeräkningar där tillgänglig statistik över befolkningstätheten är central.

Med denna insamlade kunskap som grund genomförs slutligen beräkningar av individ- och samhällsrisker för olika delsträckor på farligtgoodsleden.

För att beräkna det förväntade antalet farligtgoodsolyckor används metoden beskriven i Räddningsverkets ”*Farligt gods – Riskbedömning vid transport*”.

## **1.4 Använda datorprogram för beräkningar**

För att så effektivt som möjligt kunna beräkna riskavstånd och sannolikheter har ett antal olika datorprogram använts i analysen. Datorprogrammen underlättar beräkningar och möjliggör att på ett enkelt sätt förändra ingående parametrar för att jämföra olika utfall.

### **1.4.1 Bfk**

Bfk är ett datorprogram som ingår i Räddningsverkets Informationsbank, RIB. Programmet är utvecklat av Totalförsvarets Forskningsinstitut och tillhandahåller en beräkningsmodell för exponering av olika kemikalier och simulerar kemolyckor och kemangrepp (C stridsmedel). Programmet kan användas av räddningstjänsten som beslutsstöd vid olyckor.

Bfk tar främst hänsyn till den passiva spridningen där vinden är den dominerande faktorn. Detta är en nackdel som blir särskilt relevant nära utsläppspunkten. Där är nämligen inverkan av den aktiva spridningen som störst. Detta sammantaget kan resultera i för korta avstånd till olika koncentrationer nära källan.

I aktuell riskanalys har programmet använts för att beräkna riskavstånd vid utsläpp av giftiga, tryckkondenserade gaser.

### **1.4.2 GASOL**

GASOL är ett datorprogram som ingår i Räddningsverkets Informationsbank, RIB. Programmet simulerar olika scenarier med utsläpp av gasol från tankar och rör och beskriver koncentrationer och spridning i luft.

Programmet har varit till hjälp vid beräkning av riskavstånd vid utsläpp av gasol.

### **1.4.3 Precision Tree**

Precision Tree är ett tilläggsprogram till Microsoft Excel och möjliggör konstruktion av händelsetråd samt sannolikhetsberäkningar i vanliga Excelark.

I aktuell riskanalys har programmet utnyttjas för att ta fram händelsetråd med ingående sannolikheter.

## 1.5 Avgränsningar

Analysen har genomförts med ett flertal nödvändiga antaganden och begränsningar:

- I projektarbete kommer endast farligtgodstransport på väg att studeras.
- Endast faktorer rörande individens hälsa och säkerhet kommer att behandlas.
- Endast plötsliga, oförutsedda händelser, kommer att behandlas. Buller, luftföroreningar etc. har ej beaktats.
- Modeller för hand- och databeräkningar innefattar vissa förenklingar och antaganden om till exempel utsläppsarea, tankvolym, med mera. På grund av dessa antaganden skall resultaten ej betraktas som exakta. Riskavstånden ger endast ungefärliga avstånd och skall betraktas som riktvärden.
- Konsekvenser av utsläpp kommer endast att behandlas för kondenserade gaser och brännbara vätskor. Detta beroende på att ämnena utgör de dominerande mängderna men huvudsakligen därför att de ger upphov till störst konsekvenser för människor.
- Ingen hänsyn har tagits till befintliga topografiska förhållanden.
- Beräknat antal förväntade olyckor med farligt gods per år bygger på metod beskriven i ”*Farligt gods. Riskbedömning vid transport*”, framtagen av Statens räddningsverk. Utvärdering eller analys av denna metod har ej genomförts.



## 2. Områdesbeskrivning

Kalmar har cirka 60 000 innevånare varav cirka 30 000 är bosatta i tätorten ([www.kalmar.se](http://www.kalmar.se), *Kalmar kommun*). Staden har många gamla byggnader och de centrala delarna präglas av en gammaldags atmosfär, förstärkt inte minst av de många kullerstensbelagda gatorna.

### 2.1 Allmänt om Södra vägen

Södra vägen sträcker sig, som namnet antyder, i Kalmars södra del mellan oljehamnen Tjärhovet i öster och E22 i väster. Vägen är idag en rekommenderad led för alla typer av farligt gods. I analysen delas leden in i 5 delsträckor. Förutom att detta underlättar redovisningen av leden som helhet utförs indelningen av nedanstående skäl.

- Hastigheten förändras längs Södra vägens sträckning.
- Trafikbelastningen varierar utefter Södra vägens sträckning.
- Befolkningstätheten skiftar på båda sidor om Södra vägen.

Då hela farligtgoodsleden från oljehamnen till E22 är cirka 5 km lång har indelningen i delsträckor medfört att varje delsträcka är cirka 1 km.

### 2.2 Beskrivning av Södra vägen

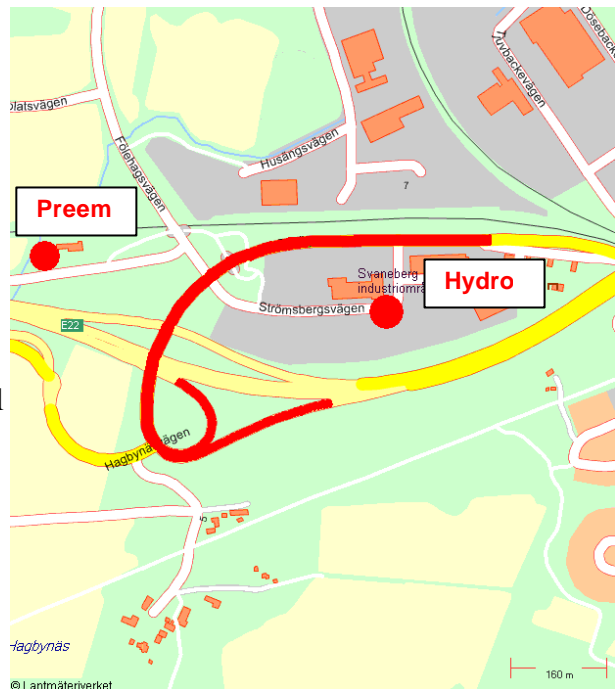
Följande kapitel redovisar ledens sträckning och utformning. Vidare beskrivs omgivande bebyggelse samt i förekommande fall objekt inom cirka 200 meter från leden där sådan verksamhet bedrivs där ett stort antal människor kan komma att vistas eller där människor behöver hjälp att utrymma. Dessa objekt redovisas allmänt för att läsaren lättare skall kunna bilda sig en helhetsbild av respektive delsträcka och presenteras som kvadrater i figurerna.

De objekt som redovisas med cirklar är de verksamheter längs Södra vägen som betjänas av transporter med farligt gods.

## 2.2.1 Delsträcka 1

Södra vägen börjar i Kalmars sydvästra del vid trafikplats Kalmar Dämme och sträcker sig cirka 1 km fram till Odalsvägen (se figur 1). Hastighetsbegränsningen på sträckan är 70 km/h.

Nordväst om delsträckan finns en Preem bensinstation vilken förses med bensin, diesel och etanol via transporter med tankbilar. Dessa transporter kör in till Preem via Södra vägen (Olsson, 2004).



Figur 1 Delsträcka 1

Söder om delsträckan ligger en Hydro mack. Även denna mack förses med drivmedel via tankbilstransporter på Södra vägen (Sunesson, 2004).

Nordväst om delsträckan, utanför kartan i figur 1, ligger Kalmar flygplats. Till flygplatsen transporteras flygbränsle i tankbilar. Dessa transporter anländer till flygplatsen via avfarten från E22 upp på Södra vägen. Dock avviker dessa transporter norrut vid den första plankorsningen på delsträckan (Uddhammar, 2004).

Bebyggelsen i anslutning till leden är nästan uteslutande industribebyggelse, både norr och söder om sträckan. Inga skyddsobjekt finns i närområdet (Persson, Rtj. Kalmar, 2004). Direkt söder om påfarten till Södra vägen finns dock enstaka bostadshus.

Trafiken är dubbelriktad, ingen avskiljning av körfälten förekommer (se bild 1). Vägsträckans skick är relativt gott.



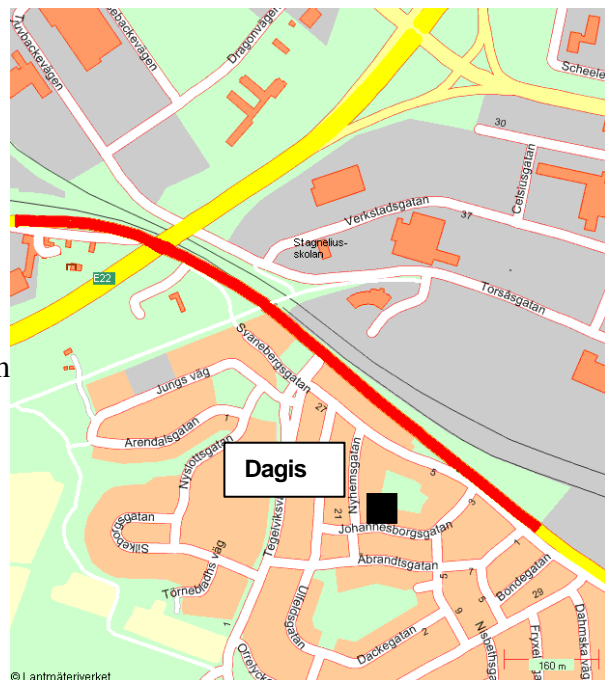
Bild 1. Vy från delsträcka 1, tagen mot öster (Sanglén, 2004)

### 2.2.2 Delsträcka 2

Delsträcka 2 tar vid i höjd med Odalsvägen och fortsätter cirka 1 km österut (se figur 2). Hastighetsbegränsningen är även på denna sträcka 70 km/h.

Längs sträckan finns inga verksamheter som betjänas av transporter med farligt gods. Dock drivs en dagisverksamhet strax söder om leden (Persson, Rtj. Kalmar, 2004).

I norr fortsätter, till uteslutande del, industribebyggelsen men bebyggelsen i söder består nu av bostadskvarter. Bostäderna är i huvudsak enfamiljshus.



Figur 2 Delsträcka 2

Trafiken på sträckan är dubbelriktad utan avskiljning av körfälten och vägsträckan är i relativt gott skick. Bostäderna i söder ligger i direkt anslutning till leden (se bild 2). Inga avkörningsskydd eller räcken skyddar befintlig bebyggelse.



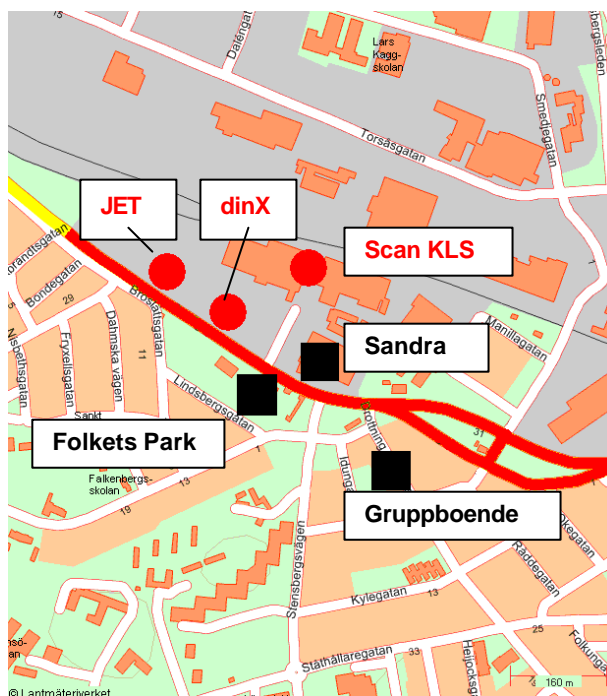
Bild 2 Vy från delsträcka 2, tagen mot väster (Sanglén 2004)

### 2.2.3 Delsträcka 3

Där sträcka 3 börjar är hastigheten sänkt till 50 km/h. I öster delas Södra vägen upp i två körbanor (se figur 3). Båda dessa är enkelriktade vilket innebär att på den norra körbanan är endast trafik tillåten västerut och på den södra tillåts endast trafik österut.

Längs sträckans västra del går en smal dubbelriktad gata, endast avskild från Södra vägen med ett räcke. På denna gata, i direkt anslutning till Södra vägen finns 2 mackar, JET och dinX. Båda dessa får bensin via tankbilstransporter på Södra vägen.

(Bild, 2004).



Figur 3 Delsträcka 3

Scan KLS bedriver slakteriverksamhet och förbrukar olika gaser i sin produktion. Dessa transporteras med lastbil via Södra vägen (Boman, 2004).

I korsningen Södra vägen/Stenbergsvägen finns i dagsläget ännu en bensinstation. Då denna skall avvecklas inom maximalt 5 år kommer den ej att ingå i vidare riskanalys. I den nämnda korsningen finns två skyddsobjekt. Dessa är Folkets Park samt nöjeslokalen Sandra (se bild 3-

4). I båda lokalerna hålls idag olika former av nöjesarrangemang. Längre österut finns en lokal som inhyser gruppboende (*Persson, Rtj. Kalmar, 2004*).

Bebyggelsen längs sträckan är identisk med sträcka 2. Industriområde i norr samt i huvudsak bostäder i söder.

Trafiksituation på sträckan är relativt komplicerad. I väster löper en parallell gata norr om delsträckan. Denna gata avskiljs från Södra vägen av ett räcke (se bild 5) och tillfart kan ske både i korsningen Södra vägen/Stenbergsvägen och längre västerut mitt utför JET. Trafiken på Södra vägen är dubbelriktad halva sträckan för att sedan delas upp i två enkelriktade körfält i öster (se bild 6).



**Bild 3** Folkets Park (*Sanglén 2004*)



**Bild 4** Nöjeslokalen Sandra (*Sanglén 2004*)



**Bild 5** Vy från delsträcka 3, tagen mot väster  
(*Sanglén 2004*)



**Bild 6** Vy från delsträcka 3, tagen mot öster  
(*Sanglén 2004*)



## 2.2.4 Delsträcka 4

Sträcka 4 börjar vid Kungsgatan där Södra vägen återigen blir dubbelriktad (se figur 4). Den sträcker sig fram till Stadsparken och hastighetsbegränsningen är 50 km/h.

Inga verksamheter betjänas här av transporter med farligt gods. Dock finns ett antal objekt nära leden mot vilka särskild skyddshänsyn bör tas (Persson, Rtj. Kalmar, 2004).

Bebyggelse söder om delsträckan är fortsatt tät på bostadsbebyggelse. I norr byts industrierna mot bostadsbebyggelse. Befintliga hus ligger bitvis mycket nära Södra vägen (se bild 7).



Figur 4 Delsträcka 4

Flera större plankorsningar finns på denna sträcka vilka alla regleras med trafikljus. Trafiken är dubbelriktad utan avskiljning av körfälten och körbanans skick är relativt gott (se bild 8).



Bild 7 Vy från delsträcka 4, tagen mot öster (Sanglén 2004)



Bild 8 Vy från delsträcka 4, tagen mot öster (Sanglén 2004)

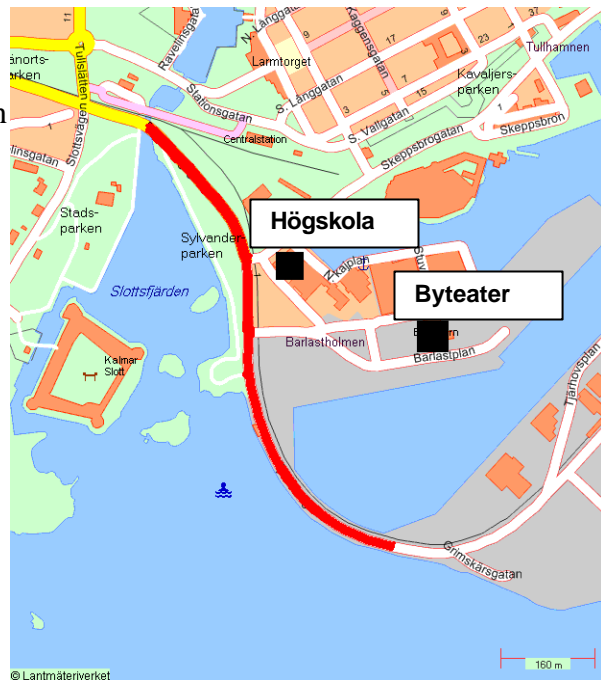
### 2.2.5 Delsträcka 5

Sista delsträckan på Södra vägen sträcker sig från Stadsparken och ut till oljehamnen Tjärhovet (se figur 5). Även här är hastigheten 50 km/h.

Inga verksamheter betjänade av farligt gods finns utefter denna sträcka. Dock ligger en byggnad, i vilken högskoleutbildning bedrivs, i direkt närhet till leden samt en tågstation där det stundtals vistas mycket folk. Dessutom finns en teaterlokal lite längre ut i hamnområdet (*Persson, Rtj. Kalmar, 2004*).

Söder om leden finns bara hav och således inga byggnader eller större grupper av människor.

I norr upptar hamnen huvuddelen av området. Början på sträckan ligger dock inte långt från centrum. Trafiken är dubbelriktad på sträckan och endast en större plankorsning finns. Sista delen av leden går i direkt närhet av havet. En solid stenmur utgör avkörningsskydd (se bild 9).



Figur 5 Delsträcka 5



Bild 9 Vy från delsträcka 5, tagen mot öster (*Sanglén, 2004*)





### 3. Risk

Begreppet risk används i många olika sammanhang och har många gånger helt olika betydelse. Det är därför mycket viktigt att i en rapport av denna karaktär på ett tidigt stadium klargöra hur riskbegreppet definieras.

#### 3.1 Definition av risk

Ofta nämns tre olika betydelser av begreppet risk som figurerar i skilda sammanhang (*Davidsson m.fl, 1997*).

1. Sannolikheten för att en viss oönskad händelse skall inträffa.
2. Konsekvensen av en viss oönskad händelse.
3. En sammanvägning av ovanstående sannolikhet och konsekvens.

I denna rapport kommer risk att definieras enligt punkt 3 ovan. Detta beroende på behovet av att utvärdera riskerna och olika riskreducerande åtgärder.

Enligt denna definition är det vidare fullt möjligt att två helt skilda typer av olyckor kan ha samma risk (*Nystedt, 2003*). Exempelvis innebär detta att om det inträffar 200 bilolyckor med ett dödsfall per olycka under ett år är denna risk identisk med en flygolycka under samma år med 200 omkomna. Sannolikheten att råka ut för en bilolycka är i vårt exempel betydligt mycket högre än att bli inblandad i en flygolycka, dock är konsekvenserna av en flygolycka mycket större.

Begreppet risk kommer fortsättningsvis i rapporten att vara definierat som en sammanvägning av sannolikheten och konsekvensen och kan matematiskt uttryckas som produkten av dessa parametrar enligt nedan

**Risk = Sannolikhet · Konsekvens**

I det ovan beskrivna exemplet kan risken för respektive transportmedel, sett ur ett samhällsperspektiv, beräknas enligt nedan:

Bilolycka

Risk = 200 ggr/år x 1 dödsfall = 200 dödsfall/år

Flygolycka

Risk = 1 ggr/år x 200 dödsfall = 200 dödsfall/år

### **3.2 Den upplevda risken**

Människor baserar vanligen sina åsikter om hur stor en viss risk är på hur de upplever risken, inte på hur stor den faktiskt är (*Upplevd risk, 1993*). Eftersom politiker och andra beslutsfattare behandlar risker i samhället där människor lever, är detta en faktor som ej får glömmas bort.

Påtvingade risker upplevs många gånger som större än de frivilliga risker som vi utsätter oss för. Trafiken i Sverige skördar årligen hundratals dödsoffer, men denna risk upplevs inte lika stor som till exempel nya dragningar av järnvägar eller vägar i närhet till vår boendemiljö. Detta beror delvis på att vi själva kan välja att ge oss ut i trafiken medan vi kanske inte har så mycket att säga till om var den nya järnvägen skall dras. Vidare har vi även en viss kontroll över vår situation om vi till exempel väljer att köra bil i trafiken. Skall vi däremot flyga är kontrollen mycket liten och riskerna upplevs genast som större. Möjlighet till kontroll är även det en faktor som inverkar på hur riskerna till slut upplevs.

Ett genomgående mönster för hur olika risker upplevs är att ju större konsekvenser de kan ge upphov till desto större upplevs också risken. Det klassiska exemplet innefattar även här att biltrafiken upplevs som mindre risk än kärnkraften. Det är troligtvis olyckan i Tjernobyl som i detta fall bidrar till vår riskbild. Risker som lett till en olycka upplevs som större precis efter att de inträffat än före. Veckorna efter katastrofen med Estonia var det många som valde att inte åka större passagerarbåtar överhuvudtaget. Detta trots att det, rent statistiskt, borde ha varit en av de säkraste dagarna på mycket länge att åka färja.

### **3.3 Riskkriterier**

Syftet med en riskanalys är att identifiera de risker som en viss verksamhet ger upphov till. För att kunna ta ett beslut om de befintliga riskerna är acceptabla måste en värdering av dessa genomföras. Syftet med riskkriterier är att underlätta denna värdering.

#### **3.3.1 Fastställda riskkriterier**

Idag finns inga fastställda kriterier i Sverige på hur stora risker som accepteras. Dessa finns dock i ett antal europeiska länder och det är många gånger dessa kriterier som svenska riskanalyser grundar sig på.

För att kunna relatera till de små siffror som det handlar om i riskanalyser listas nedan den individuella risken för att omkomma inom ett år av några olika händelser (*Stadsbyggande och farligt gods, 2004*).

Blixtnedslag	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Spela fotboll	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Bli överkörd	$5,9 \cdot 10^{-5}$
Köra bil	$1,7 \cdot 10^{-4}$
Influensa	$2,0 \cdot 10^{-4}$

#### **3.3.2 Individrisk**

Individrisken beskriver risken för en enskild individ som befinner sig i anslutning till en riskkälla som exempelvis en väg eller industri. Individrisken kan redovisas som frekvensen för att den enskilda individen skall omkomma på ett visst avstånd från den aktuella risken.

Denna analys kommer att redovisa individrisken som en funktion av avståndet från riskkällan, detta för att på ett tydligt sätt åskådliggöra hur riskerna förändras med avståndet.

Som tidigare nämnts finns inga fastställda kriterier i Sverige på vilka individrisker som accepteras. Nedan redovisas dock en sammanställning över de kriterier som används i ett flertal genomförda projekt i Sverige.

Projekt	Maximalt tolerabel risk/år	Försumbar risk/år
Norra Älvstranden, Göteborg	$10^{-6}$	-
Resecentrum, Linköping	$10^{-5}$	$10^{-7}$
BP/OK Raffinaderi, Göteborg	$10^{-4}$	$10^{-6}$
<b>Förslag DNV</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>	<b><math>10^{-7}</math></b>

Tabell 1 Riskkriterier individrisk för projekt i Sverige (Davidsson m.fl, 1997)

Förslaget på kriterier från DNV, Det Norske Veritas, grundar sig på en omfattande analys av ett flertal riskkriterier, både utomlands och i genomförda projekt i Sverige. Huvuddelen av de riskanalyser som genomförs i Sverige idag använder dessa föreslagna riskkriterier. Kriterierna grundar sig på enskild individ i samhället som befinner sig utomhus och är kontinuerligt närvarande.

Av ovan nämnda skäl kommer DNV:s förslag till riskkriterier fortsättningsvis att tillämpas i denna riskanalys. Gränserna för det övre respektive undre kriteriet illustreras i diagrammet nedan.

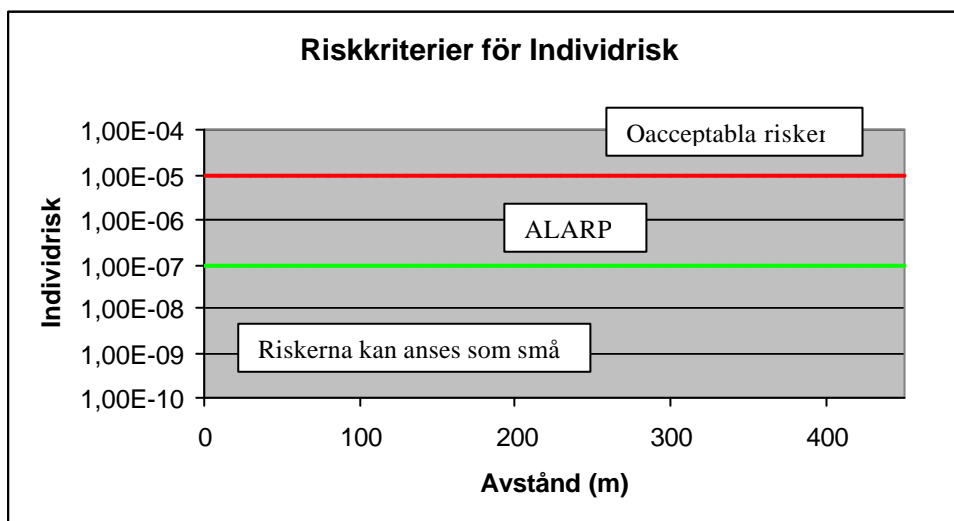


Diagram 1 Riskkriterier för individrisk

Området mellan de övre och undre kriterierna kallas för ALARP-området. ALARP betyder "As Low As Reasonably Practicable" vilket ungefär har betydelsen "så lågt som praktiskt möjligt" (Davidsson m.fl, 1997). Tolkningen för vad som bör anses som "praktiskt möjligt" är öppen och kommer att diskuteras längre fram i rapporten.

### 3.3.3 Samhällsrisk

Samhällsrisk definieras som sambandet mellan den sammanlagda frekvensen för att en olycka skall uppkomma och konsekvenserna för denna olycka. Medan individrisken endast belyser riskerna för varje enskild individ är samhällsrisk ett viktigt komplement som redovisar riskerna ur ett samhällsperspektiv.

Konsekvenserna mäts vanligtvis i antal omkomna individer. Denna form att redovisa samhällsrisk kallas för F/N-diagram och kommer att tillämpas i denna rapport.

Inte heller för samhällsrisk finns några fastställda kriterier i Sverige på vad som accepteras. Nedan redovisas dock en sammanställning över de kriterier som används i ett flertal genomförda projekt i Sverige. Nedan redovisas kriterierna för oacceptabla risker och kriterierna under vilka riskerna kan betraktas som små. N i tabellerna står för antalet döda individer.

Projekt	N=1	N=10	N=100
Norra Älvstranden, Göteborg	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-6}$
Resecentrum, Linköping	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
Liseberg, Göteborg	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-6}$
BP/OK Raffinaderi, Göteborg	$10^{-3}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$
<b>Förslag DNV</b>	<b><math>10^{-4}</math></b>	<b><math>10^{-5}</math></b>	<b><math>10^{-6}</math></b>

Tabell 2 Kriterier för oacceptabla samhällsrisker (Davidsson m.fl, 1997)

Projekt	N=1	N=10	N=100
Norra Älvstranden, Göteborg	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-8}$
Resecentrum, Linköping	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$
Liseberg, Göteborg	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-8}$
BP/OK Raffinaderi, Göteborg	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-9}$
<b>Förslag DNV</b>	<b><math>10^{-6}</math></b>	<b><math>10^{-7}</math></b>	<b><math>10^{-8}</math></b>

Tabell 3 Kriterier för när samhällsriskerna kan anses som små (Davidsson m.fl, 1997)

Fortsättningsvis kommer DNV:s förslag till riskkriterier att tillämpas i denna risikanalys. Gränserna för det övre respektive undre kriteriet illustreras i diagrammet nedan. Notera att dessa kriterier gäller för en sträcka av 1 km.

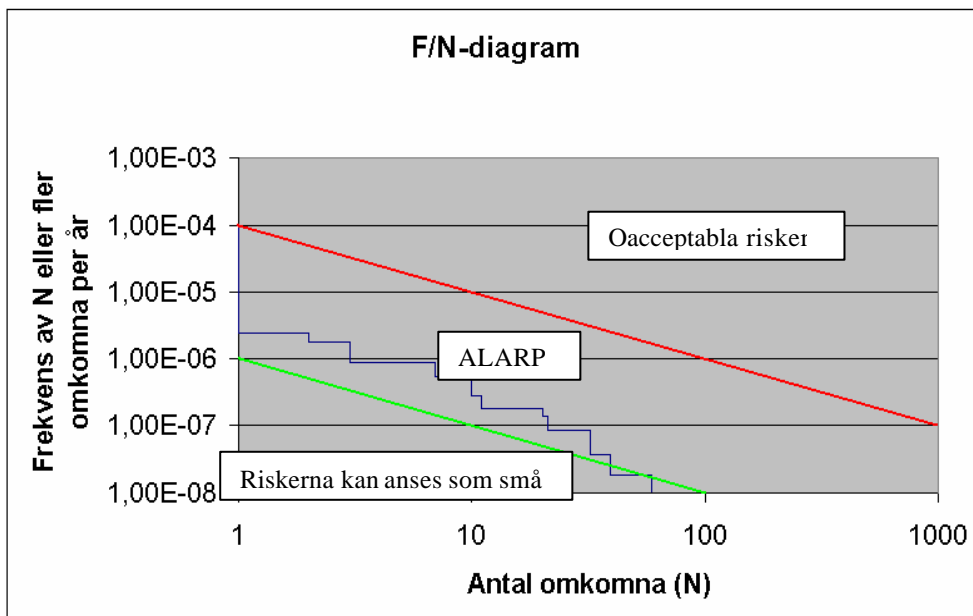


Diagram 2 Kriterier för undre respektive övre gräns för samhällsrisken

## 4. Farligt gods

I detta skede är det viktigt att definiera innebörden av farligt gods. Vad som är farligt och inte för människor har vidare stor betydelse i analysen. Ämnen som inte kategoriseras som farliga för människor kan dock ha påtaglig negativ effekt på miljön. Denna aspekt behandlas dock inte inom ramen för denna rapport.

### 4.1 Definition av farligt gods

Lag om transport av farligt gods SFS 1982:821 ger följande definition av innebörden med farligt gods:

*”Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods, om de inte hanteras rätt under en transport.”*

Transport innefattar inte bara själva förflyttningen av det farliga godset på vägarna utan även lastning och lossning av ämnen samt övrig förvaring och hantering i samband med transport.

Rekommendationer från FN utgör grund för all reglering av farligt gods. Dessa rekommendationer är utgångspunkt för de tekniska bilagorna i ADR-överenskommelsen. ADR är europeiska regler gällande vägtransport av farligt gods som gemensamt tagits mellan de flesta europeiska länder. Sverige anslöt till dessa regler 1974.

Enligt direktiv från EU skall ADR-reglerna även gälla för nationella transporter inom respektive medlemsstat. Statens räddningsverk har gett ut regler för vad som gäller i Sverige, vilka till allra största del överensstämmer med reglerna i ADR. De svenska föreskrifterna går under benämningen ADR-S (*Envall, 1998*).

### 4.2 Klassindelning

Det farliga godset delas in i sammanlagt 9 olika huvudklasser (*ADR-S, 2002*).

Huvudklasserna är i vissa fall även uppdelade i olika underklasser. Klassindelningen grundar sig på egenskaperna hos de transporterade ämnena. Om ett ämne har egenskaper som infaller under flera klasser klassificeras ämnet efter den dominerande faran (*SRV Broschyr, 2002*).

Metanol är till exempel både en brandfarlig och en giftig vätska men hamnar i klass 3 eftersom brandfaran anses vara den dominerande faran.

Farliga ämnen delas in i följand klasser enligt ADR-S.

Klass	Beskrivning	Exempel
1	Explosiva ämnen eller föremål	Raketer, ammunition
2	Gaser a. brännbara b. giftiga	Gasol, syre Ammoniak, klor
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel, eldningsolja
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	Braständare
4.2	Självantändande ämnen	Div. oljeindränkta trasor
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten	Natrium
5.1	Oxiderande ämnen	Natriumklorit
5.2	Organiska peroxider	Kaliumperoxid
6.1	Giftiga ämnen	Arsenik
6.2	Smittförande ämnen	Virus
7	Radioaktiva ämnen	Uran, torium
8	Frätande ämnen	Div. syror & baser
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Miljöfarliga ämnen

Tabell 4 Klassindelning av farliga ämnen (ADR-S, 2002).

### 4.3 Ämnen och mängder som transporteras på Södra vägen

En omfattande kartläggning av de ämnen samt volymer som transporteras på Södra vägen har genomförts. I följande delkapitel redovisas vilka ämnen samt hur stora volymer som respektive verksamhet betjänas av. Då verksamheterna har redovisat volymerna i olika enheter har dessa siffror räknats om till samma enhet för att möjliggöra jämförelser samt för att kunna beräkna hur många transporter som trafikerar Södra vägen varje dygn.

För en mer ingående beskrivning av beräkningarna hänvisas till bilaga 1.

#### 4.3.1 Verksamheter på Tjärhovet

Oljehamnen är den verksamhet som hanterar de största volymerna farligt gods. Godset anländer till hamnen på Tjärhovet med båt för att sedan distribueras vidare i regionen och 99% av mängderna transporteras från Tjärhovet med vägtransporter (Nordheim, 2004).



Nedanstående angivna mängder är de som kommer in med båt till Tjärhovet och som transporteras vidare med lastbilstransporter. Siffrorna gäller för 2003.

Ämne	Mängd ton/år
Bensin	77 000
Mellandestillat	160 000
Bitumen	17 000
Kemikalier	16 000
<b>Summa</b>	<b>270 000</b>

Tabell 5 Mängder transporterade från Tjärhovet 2003 (Nordheim, 2004)

Hamnens ambition är att hantera 300 000 ton varje år. Baserat på denna ambition från verksamhetens sida har i analysen antagits en total transporterad mängd på 300 000 ton/år. Ungefär samma procentuella fördelning av ämnen antas som under 2003 vilket leder till mängderna redovisade nedan.

Ämne	Mängd ton/år
Bensin	87 000
Mellandestillat	177 000
Bitumen	21 000
Kemikalier	15 000
<b>Summa</b>	<b>300 000</b>

Tabell 6 Antagna mängder i analysen

Kalmar Lantmän tar in ammoniumnitrat med båt till Tjärhovet som sedan distribueras vidare med lastbil. Mängderna uppgår årligen till cirka 5000 (Algotsson, 2004). Eftersom dessa mängder kommer med båt är de inräknade i de redovisade mängderna tabellen ovan.

Reci Industri AB transporterar brandfarliga färger och lösningsmedel från/till sin verksamhet på Tjärhovet. De totala mängderna uppgår till cirka 26 000 ton/år (Larsson, 2004).

Även FH Tankstorage transporterar brandfarliga vätskor från/till Tjärhovet och mängderna uppgår till cirka 10 000 ton/år. De transporterar även små mängder av klass 9 cirka 250 ton/år (Ferm, 2004).

Ragnsells har en mellanlagringsstation för farligt avfall på Tjärhovet. 2003 transporterades cirka 1400 ton av bl.a. petroleumprodukter till/från området (*Danesten, 2004*).

#### 4.3.2 Verksamheter längs Södra vägen

Verksamheterna längs Södra vägen som betjänas av transporter med farligt gods är redovisade i kapitel 2. Nedan redovisar vilka ämnen samt mängder som transporteras till dessa verksamheter. Samtliga uppgifter kommer direkt från personliga kontakter från respektive verksamhet. Undantaget är bensinstationen JET där ingen information har kunnat uppbringas. Transporterade mängder har därför antagits till liknande volymer som för de andra stationerna.

Verksamhet	Ämne	Mängd
Kalmar flygplats ( <i>Lövgren, 2004</i> )	Jet A1	3 000 m <sup>3</sup> /år
Preem ( <i>Olsson, 2004</i> )	Bensin	1 100 m <sup>3</sup> /år
	Diesel	600 m <sup>3</sup> /år
	Etanol	125 m <sup>3</sup> /år
Hydro ( <i>Sunesson, 2004</i> )	Bensin	600 m <sup>3</sup> /år
Jet ( <i>Antaget värde</i> )	Bensin	1 100 m <sup>3</sup> /år
dinX ( <i>Bild, 2004</i> )	Bensin	1 100 m <sup>3</sup> /år
Scan KLS ( <i>Boman, 2004</i> )	Gasol	40 transporter/år
	Koldioxid	87 transporter/år
	Ammoniak	4 transporter/år
	Syre	43 transporter/år

Tabell 7 Ämnen och mängder för verksamheter längs Södra vägen.

#### 4.3.3 Antal transporter med farligt gods

Alla ämnen och volymer som transporteras på Södra vägen har kategoriserats efter den ADR-klass som respektive ämne tillhör. Diagrammet nedan visar hur fördelningen ser ut av de olika transportererna som trafikerar Södra vägen. Det som klart dominerar är brandfarliga vätskor. Nästan 95 % av alla farligtgodstransporter på Södra vägen är klass 3 vätskor.

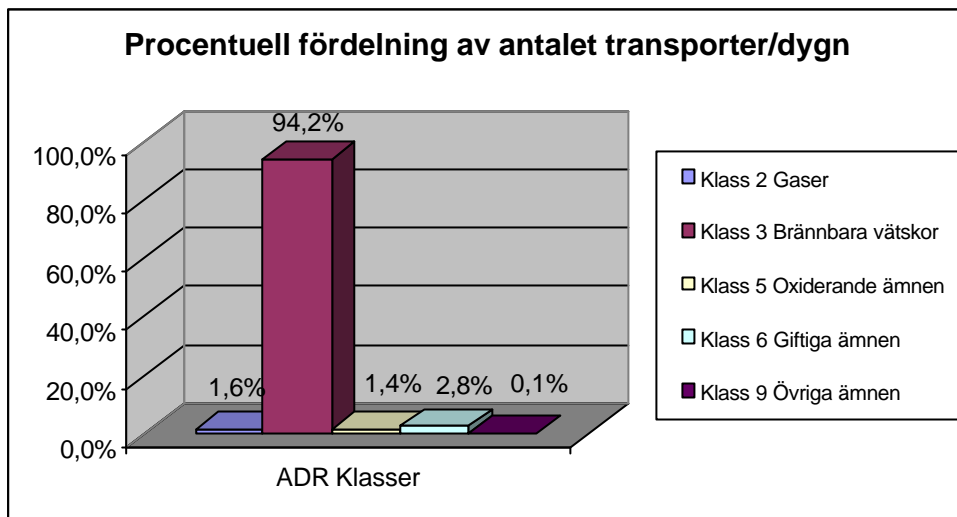


Diagram 3 Fördelning av antalet farligtgodstransporter/dygn

Nedan redovisas hur många transporter ur respektive klass som trafikerar Södra vägen. Både antal transporter per år samt antal transporter per dygn redovisas.

Klass	Antal Transporter/år	Antal Transporter/dygn
2. Kondenserade gaser	174	0,48
3. Brandfarlig vätska	10 392	28,47
5. Oxiderande ämnen	155	0,42
6. Giftiga ämnen	308	0,84
9. Övriga ämnen	8	0,02
<b>Totalt</b>	<b>11 037</b>	<b>30,2</b>

Tabell 8 Totalt antal transporter per år och dygn

I medeltal trafikerar alltså farligtgodsleden av cirka 30 fordon med farligt gods varje dygn. I den fortsatta analysen antas att 30 fordon med farligt gods trafikerar varje delsträcka per dygn.

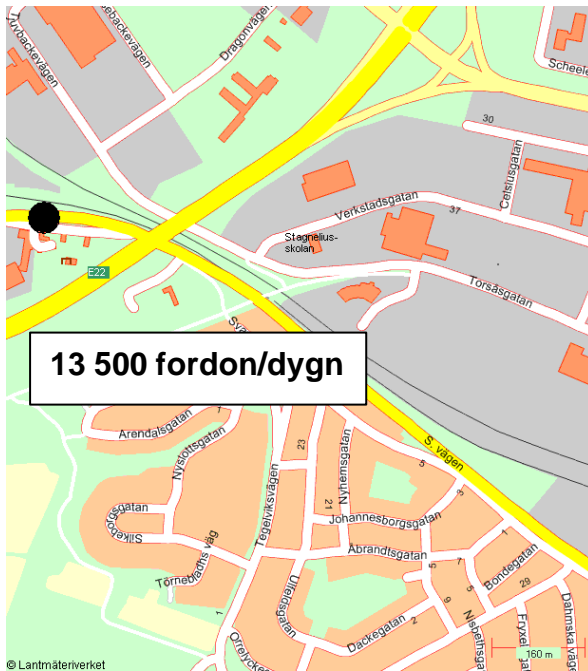


## 5. Trafikbelastning

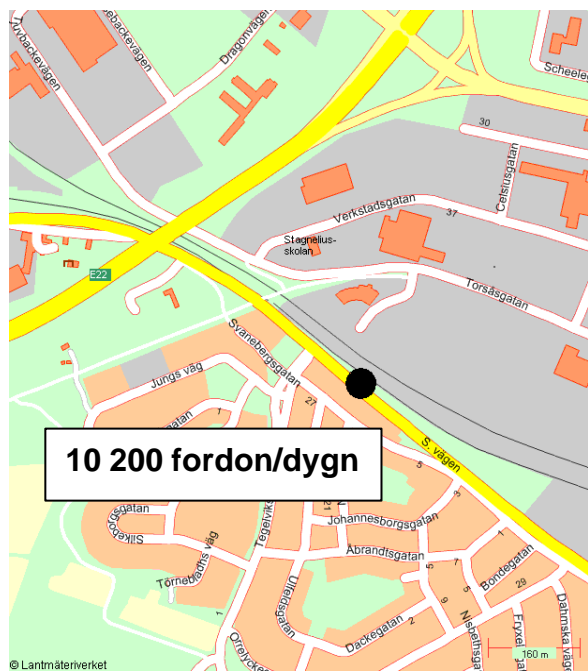
På Södra vägen finns ett antal mätpunkter där trafikintensiteten mäts med jämna mellanrum.

De siffror som redovisas i bilderna nedan är ÅDT, årsmedeldygnstrafiken. Denna siffra beskriver hur många fordon som i genomsnitt passerar mätpunkten under ett dygn.

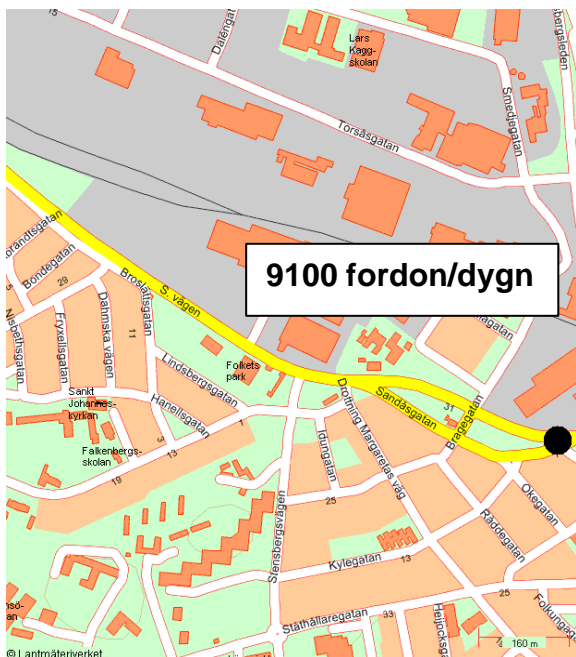
Redovisade uppgifter är från 2002 och 2003 (*Sjögren, 2004*).



Figur 6 Mätpunkt delsträcka 1



Figur 7 Mätpunkt delsträcka 2



Figur 8 Mätpunkt delsträcka 3-4



Figur 9 Mätpunkt delsträcka 4-5



## 6 Förväntat antal farligt godsolyckor

För att kunna komma fram till de risker som farligtgodstransporterna på Södra vägen innebär måste en bedömning göras hur ofta en olycka med farligt gods förväntas inträffa. Detta kan göras genom att studera tillgänglig statistik över det aktuella området. I detta fall innebär denna metod dock ett problem eftersom så få olyckor med farligt gods inträffar. Det statistiska underlaget är helt enkelt för litet.

### 6.1 Metod

I analysen har det förväntade antalet olyckor beräknats enligt Statens räddningsverks handbok ”*Farligt gods riskbedömning vid transport*” som baseras på Väg- och trafikinstitutets rapportserie 387:1-6. För en mer ingående beskrivning av beräkningarna hänvisas till bilaga 2.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor/år beräknas enligt metoden med nedanstående formel:

$$O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

där

O = Antalet trafikolyckor på aktuell vägsträcka.

Y = Andelen singelolyckor.

X = Andelen fordon skyltade som farligt gods.

Antal olyckor med farligt gods beräknas genom att multiplicera det ovan uträknade antalet fordon med farligt gods i trafikolyckor med ett farligt godsindex. Detta index varierar beroende på hastighetsbegränsningen, vägtypen, med mera på den aktuella vägsträckan.

Olycka med farligt gods definieras i beräkningsmetoden som en olycka där det farliga ämnet kommer ut i omgivningen.

## 6.2 Antal olyckor med farlig gods

Delsträcka	Beräknat antal olyckor med farligt gods /år	Beräknat antal år mellan olyckor
1	$1,685 \cdot 10^{-3}$	594
2	$1,684 \cdot 10^{-3}$	594
3	$7,48 \cdot 10^{-4}$	1337
4	$7,48 \cdot 10^{-4}$	1337
5	$7,47 \cdot 10^{-4}$	1338

Tabell 9 Beräknat antal olyckor med farligt gods för respektive delsträcka

Sammanställningen ovan visar att frekvensen för en olycka med farligt gods är mer än dubbelt så stor för sträcka 1-2 jämfört med sträcka 3-5. Eftersom beräkningarna grundas på att 30 transporter trafikerar hela Södra vägen per dygn beror skillnaderna delvis på trafikintensiteten men framförallt på hastighetsbegränsningen. På delsträcka 1-2 är det 70 km/h medan 50 km/h råder på sträcka 3-5. Redan nu står det alltså klart att hastigheten på Södra vägen är en viktig del i det övergripande riskreducerande arbetet.



## 7. Väderförhållanden

Väderleken har stor betydelse på hur stora konsekvenser ett utsläpp av farliga ämnen ger upphov till. Särskilt viktiga är vindförhållandena, främst vid ett utsläpp av giftig gas. Det är viktigt att ta reda på om vinden vanligen blåser in över tätbebyggda områden eller ut över havet. Detta kommer att påverka hela riskbilden längs Södra vägen.

Ett utsläpp av brännbar vätska påverkas inte så mycket av vinden som av solinstrålningen. Om det är varmt och soligt ute förångas vätskan snabbare än vid mulen väderlek. Således är det även viktigt att analysera denna parameter.

För en mer ingående beskrivning av de antaganden som gjorts samt hur materialet sammanställts hänvisas till bilaga 3.

### 7.1 Vindriktning och vindhastighet

Nedan redovisad statistik över vindriktningar och vindhastigheter är uppmätta av SMHI på flygplatsen i Kalmar från februari 1996 till september 2004 (SMHI, 2004). Under denna tidsperiod utfördes 8 observationer/dygn och materialet består av över 25 000 observationer.

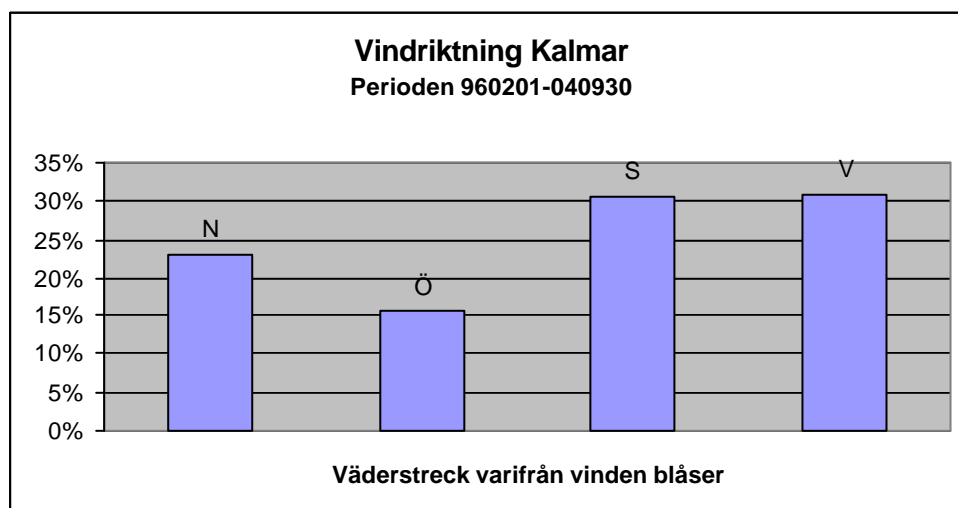


Diagram 4 Procentuell fördelning över vindriktning i Kalmar (SMHI, 2004)

De dominerande vindriktningarna i Kalmar är sydlig och västlig vind. Hänsyn till den procentuella fördelningen av vindriktningarna kommer att tas längre fram i analysen då den totala samhällsrisk för Södra vägen beräknas.

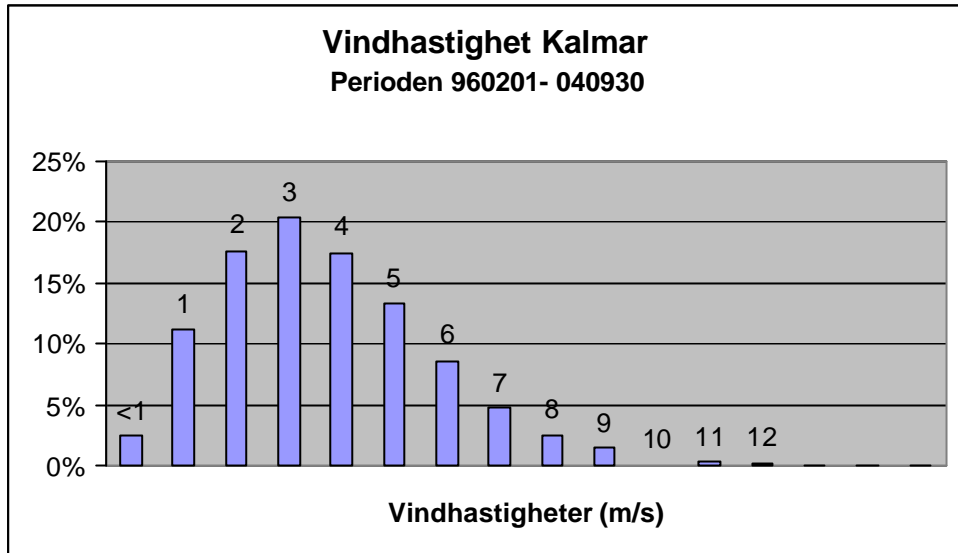


Diagram 5 Procentuell fördelning över vindhastigheter i Kalmar (SMHI, 2004)

Den dominerande vindhastigheten i Kalmar är mellan 2-4 m/s. Detta tas hänsyn till vid sammanställningen av stabilitetsklasserna där vindhastigheten är en avgörande parameter.

## 7.2 Solinstrålning

Uppgifter redovisade nedan bygger på antalet registrerade dagar med nederbörd i Kalmar mellan 1961-2001 (Statistisk årsbok för Kalmar, 2002).

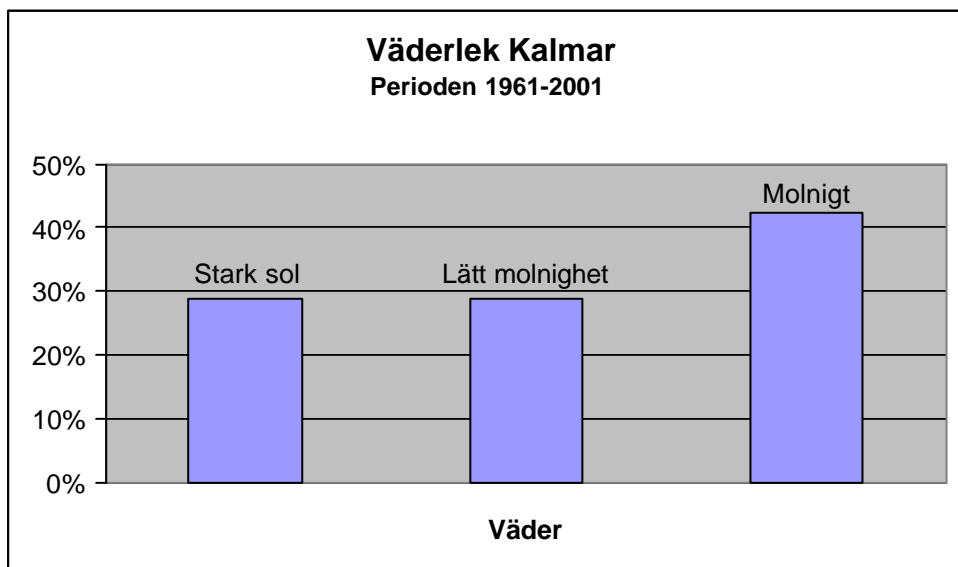


Diagram 6 Procentuell fördelning över solinstrålning i Kalmar (Statistik årsbok för Kalmar, 2002)

Fördelningen av hur mycket solen skiner tas hänsyn till vid sammanställningen av stabilitetsklasserna där solinstrålningen är en avgörande parameter.

### 7.3 Stabilitetsklasser

Vid spridningsberäkningar av utsläpp är atmosfärens stabilitet en viktig parameter. Som nämnts ovan inverkar vindhastigheten på vilken stabilitetsklass som atmosfären får, men också mängden solinstrålning har betydelse (*Fischer m.fl, 1998*).

Det finns många olika sätt att klassificera atmosfärens stabilitet. Den metod som ligger till grund för sammanställningen i diagram nedan baseras på Pasquills stabilitetsklasser (*Fischer m.fl, 1998*). Klasserna definieras enligt följande:

- A           Extremt instabil
- B           Måttligt instabil
- C           Svagt instabil
- D           Neutral
- E           Svagt stabil

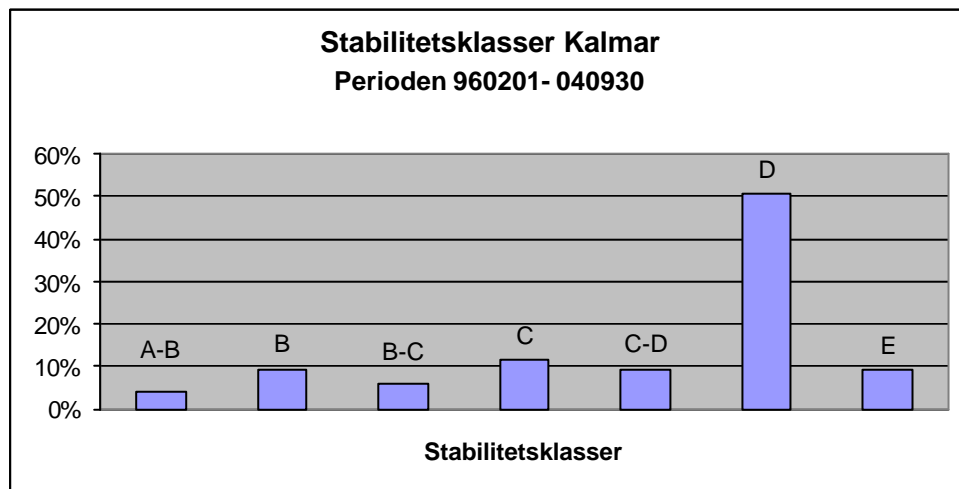


Diagram 7 Procentuell fördelning av stabilitetsklasser i Kalmar

Den klart dominerande stabilitetsklassen i Kalmar är klass D vilken har antagits i samtliga beräkningar i analysen.



## 8. Sannolikhet och konsekvens av olycka med farligt gods

Sammanställningen av de ämnen som transporteras på Södra vägen, visar att det förekommer transporter av ämnen ur 5 av ADR-klasserna.

Följande kapitel kommer mer i detalj att beskriva de klasser som transporteras på Södra vägen samt vilka konsekvenser en eventuell olycka skulle kunna ge upphov till.

För en mer ingående beskrivning av hur riskavstånden beräknats med modeller och antaganden hänvisas till bilaga 4.

### 8.2 Klass 2 Kondenserade gaser

Denna klass delas in i två undergrupper, giftiga gaser och brännbara gaser. Gaserna kan transporteras antingen som styckegods i små behållare eller med stora tankvagnar. Tankarna är tillverkade i ett segt tryckkärlsstål som tål större deformationskrafter än till exempel en tankvagn med brännbar vätska (*Envall, 1998*).

Vilka konsekvenser som en olycka med kondenserad gas ger upphov till beror till stor del på hur stort hål som uppstår i tanken. Vidare i analysen har antagits att tre olika hålstorlekar kan uppkomma vid en olycka. Dessa benämns som stort, medel och litet och antagna diametrar redovisas nedan. Även sannolikheten för att respektive hålstorlek skall uppkomma redovisas (*Farligt gods. Riskbedömning vid transport, 1996*).

Hålstorlek	Diameter (cm)	Sannolikhet
Stort	10	16,7 %
Medel	5	20,8 %
Litet	1	62,5 %

Tabell 10 Antagna hålstorlekar samt dess sannolikhet vid en olycka med kondenserad gas.

De ämnen som delas in under klass 2 och som transporteras på Södra vägen är gasol, syre, koldioxid och ammoniak. Beräkningarna kommer vidare att baseras på gasol och ammoniak. Anledningen till att dessa ämnen valts är att de ger upphov till störst konsekvenser vid en eventuell olycka.

### 8.2.1 Brännbar kondenserad gas

Gasol är handelsnamnet för en brännbar gasblandning av i huvudsak propan och butan. Internationellt är den vanligaste benämningen LPG eller Liquefied Petroleum Gas. Vid normalt tryck och temperatur är gasolen en gas men genom att öka trycket eller sänka temperaturen på gasen kan den omvandlas till vätskeform. Gasolen transporteras i vätskefas (*Envall, 1998*).

Som nämnts i tidigare kapitel har antagandet gjorts att tre olika storlekar på utsläppet kan inträffa. Sannolikheten att gasolen antänds vid läckage bedöms till 70% enligt svenska källor (*Lamnevik och Palme, 1997*) samt till 80 % enligt brittisk statistik om utsläppet är stort (*Purdy, 1993*).

Antändningen kan leda till tre olika skadeförlopp. Om gasen antänds direkt uppstår en jetflamma som kan uppgå till flera meter. Värmestrålningen mot människor och byggnader blir betydande, i synnerhet i jetflammans riktning.

Om gasen inte antänds direkt utan istället driver iväg i ett moln från platsen för utsläppet finns risk för en fördröjd antändning. Molnet antänds då av någon form av extern antändningskälla och risken finns att detta inträffar i ett tätbefolkat område. Hur långt molnet driver innan det antänds beror på tillgång till antändningskälla, väderlek, områdets utformning, med mera.

Den tredje skadehändelsen som riskerar att inträffa är en s.k. BLEVE eller Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion. BLEVE riskerar att inträffa då en oskadad tank med tryckkondenserad gas värms upp. Detta kan inträffa då en tankbil med släp får ena tanken punkterad och en jetflamma uppstår som i sin tur värmer den oskadade tanken på dragbilen. Trycket i den oskadade tanken stiger och till slut brister tanken momentant. Tankens innehåll antänds och ett stort eddklot uppstår. BLEVE är ett mycket allvarligt skadeförlopp men sannolikheten för att den skall inträffa är mycket låg. Vid ett litet utsläpp bedöms BLEVE ej kunna inträffa alls.

En bedömning av sannolikhetsfördelningen för respektive av de tre ovan beskrivna olyckscenarierna redovisas nedan.

Skadehändelse	Sannolikhetsfördelning
Jetflamma	69 %
Fördröjd antändning	30 %
BLEVE	1 %

Tabell 11 Skadehändelse samt sannolikhetsfördelning brännbar gas (Lamnevik och Palme, 1997)

Vid beräkningarna av konsekvenserna för respektive skadehändelse antas vidare att 100 % av de individer som befinner sig utomhus inom riskavståndet för 2:a gradens brännskador kommer att avlida. Av de individer som befinner sig inomhus antas att 0 % avlider.

Att 100 % avlider av 2:a gradens brännskador får anses som ett konservativt antagande då många människor kan förväntas överleva denna typ av brännskador. Dock vägs detta antagande upp av att ingen individ som befinner sig inomhus avlider. Detta antagande betraktas ej som konservativt då människor löper risk att avlida av exempelvis en stor jetflamma eller en BLEVE även inomhus.

Storlek på utsläpp	Skadehändelse	Riskavstånd (m) 2:a gradens brännskador Handberäkningar	Riskavstånd (m) 2:a gradens brännskador Simuleringar GASOL
Stort	Jetflamma	107	<u>111</u>
	Fördröjd antändning	<u>257</u>	250
	BLEVE	<u>250</u>	205
Medel	Jetflamma	<u>63</u>	56
	Fördröjd antändning	128	<u>130</u>
	BLEVE	<u>250</u>	205
Litet	Jetflamma	<u>29</u>	12
	Fördröjd antändning	<u>26</u>	10

Tabell 12 Riskavstånd till 2:a gradens brännskador

Riskavstånden beräknade med handberäkningsmetoder stämmer väl överens med de riskavstånd som simulerats fram med datorprogrammet GASOL. I den fortsatta analysen kommer de längsta riskavstånden av de redovisade i tabellen ovan att användas. Detta för att ge denna parameter en konservativ prägel. De använda riskavstånden är understruken i ovanstående tabell.

## 8.2.2 Giftig kondenserad gas

Ammoniak är en färglös giftig gas med en starkt stickande lukt och redan mycket små mängder kan påverka människors hälsa allvarligt. Vid normalt tryck och temperatur är ammoniak en gas men genom att öka trycket eller sänka temperaturen på gasen kan den omvandlas till vätskeform. Ammoniak transporteras i vätskefas (*Envall, 1998*).

Utsläpp av giftiga gaser kan leda till dödsfall på ett långt avstånd från utsläppspunkten. Flera faktorer påverkar hur långt dödliga doser av den giftiga gasen sprids. Några faktorer är utsläppets storlek, väderförhållanden, områdets utformning, med mera.

Ett värde som används för att beskriva hur giftigt ett ämne är, är den dos som resulterar i att 50 % av dem som utsätts avlider, LD<sub>50</sub> eller Lethal Dose 50%. För gaser är ett liknande värde LC<sub>50</sub> eller Lethal Concentration 50 %. Detta värde definieras av hur stor koncentration, i ppm, som resulterar i att 50 % av de utsatta dör (*Fischer m.fl, 1998*).

Beräkningarna av konsekvenserna för respektive skadehändelse grundas på liknande antaganden som för den brännbara gasen. 100 % avlider av de individer som befinner sig utomhus inom riskavståndet för bestående men. Av de individer som befinner sig inomhus antas att 0 % avlider.

Att 100 % avlider innanför gränsen för bestående men får anses som ett konservativt antagande då många människor kan förväntas överleva denna koncentration. Dock vägs detta antagande upp av att ingen individ som befinner sig inomhus avlider. Detta antagande betraktas ej som konservativt då människor löper risk att avlida även inomhus på grund av öppna fönster och ventilation av tilluft till bostäder.

Storlek på utsläpp	Avstånd (m)	
	Risk för bestående men	Död
Stort	<u>450</u>	250
Medel	<u>220</u>	120
Litet	<u>80</u>	45

Tabell 13 Beräknade riskavstånd till risk för bestående men samt till död.



I den fortsatta analysen kommer de längsta riskavstånden av de redovisade i tabellen ovan att användas. Detta för att ge denna parameter en konservativ prägel. Dessa riskavstånd är understruken i ovanstående tabell.

### 8.3 Klass 3 Brännbara vätskor

Bensin, diesel, eldningsolja, metanol mm är alla exempel på vätskor som enligt ADR-S klassas under brännbara vätskor klass 3. Bensin är den vätska som har lägst flampunkt och antänds lättast jämfört med diesel eller eldningsolja som är relativt svåra att antända (*Envall, 1998*). Den sammanlagda sannolikheten för antändning av en läckande brännbar vätska vid en olycka uppgår enligt brittisk statistik till 6 % (*Purdy, 1993*).

Tankarna på fordon som transporterar brandfarliga vätskor är tunnare och har följaktligen inte samma hållfasthet mot mekanisk åverkan som de tankar i vilka kondenserade gaser transporteras. Sannolikheten att det skall uppstå en skada, på en tank med brännbar vätska, är alltså större. Vidare är också sannolikheten större att utsläppet skall bli stort (*Lamnevik och Palme, 1997*).

Konsekvenserna av ett utsläpp med brandfarlig vätska beror inte så mycket på storleken på hålet som av storleken av den pöl som bildas ovan marken. Desto större pöl som bildas desto större blir branden och flammornas höjd om pölen antänds. En stor brand genererar vidare en hög strålningsvärme mot människor och byggnader i brandens närområde. Vidare i rapporten antas att olycka med brännbar vätska ger upphov till pölstorlekar med sannolikhetsfördelning enligt tabellen nedan.

Storlek på utsläppet	Diameter på pölen (m)	Sannolikhetsfördelning
Stort	20	50 %
Medel	10	25 %
Litet	5	25 %

Tabell 14 Sannolikhetsfördelning över utsläppsstorlek (*Farligt gods. Riskbedömning vid transport, 1996*)

Vid beräkningarna av konsekvenserna för respektive skadehändelse antas vidare att 100 % av de individer som befinner sig utomhus inom riskavståndet för 2:a gradens brännskador kommer att avlida. Av de individer som befinner sig inomhus antas att 0 % avlider.

Att 100 % avlider av 2:a gradens brännskador får, liksom för den brännbara gasen, anses som ett konservativt antagande. Antagandet vägs upp av att ingen individ som befinner sig inomhus avlider. Detta antagande betraktas ej som konservativt då människor riskerar att omkomma i bostadsbränder eller bränder i andra lokaler som startat som en direkt följd av strålningsvärmens från pölbranden.

Storlek på utsläppet	Riskavstånd (m)
	2:a gradens brännskador
Stort	35
Medel	20
Litet	9

Tabell 15 Riskavstånd till 2:a gradens brännskador

#### **8.4 Klass 5 Oxiderande ämnen**

Salter som nitrat, klorit och peroxid hör till denna klass. Om en olycka endast ger upphov till att ämnet läcker ut föreligger normalt ingen risk för personskador. Explosionsrisk kan dock uppstå om fordonets bränsle också läcker ut och blandas med ämnet (*Envall, 1998*).

Då sannolikheten för att en olycka skall uppstå där både ämnet och bränsle läcker ut och dessutom blandas bedöms som liten har inga skadehändelser identifierats och ämnen i denna klass kommer ej att behandlas vidare i denna analys.

#### **8.5 Klass 6 Giftiga och smittförande ämnen**

Till denna klass hör gifter så som arsenik, bly, kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel, med mera vilka normalt fraktas som styckegods (*Envall, 1998*). För att denna klass skall kunna ge upphov till skador på människor måste de få i sig ämnet eller komma i annan direkt kontakt med det.

Sannolikheten för att dessa ämnen skall orsaka allvarlig skada på människor är liten och inga skadehändelser har identifierats. Ämnen i denna klass kommer ej att behandlas vidare i analysen.

## **8.6 Klass 9 Övriga ämnen**

I denna klass finns ämnen som inte passar in i någon annan klass. Exempel på dessa ämnen är asbest, gödningsmedel och miljöfarligt avfall. För att denna klass skall kunna ge upphov till skador på människor måste de få i sig ämnet eller komma i annan direkt kontakt med det vilket ej bedöms som sannolikt (*Envall 1998*). Inga skadehändelser med dessa ämnen har identifierats i denna rapport.



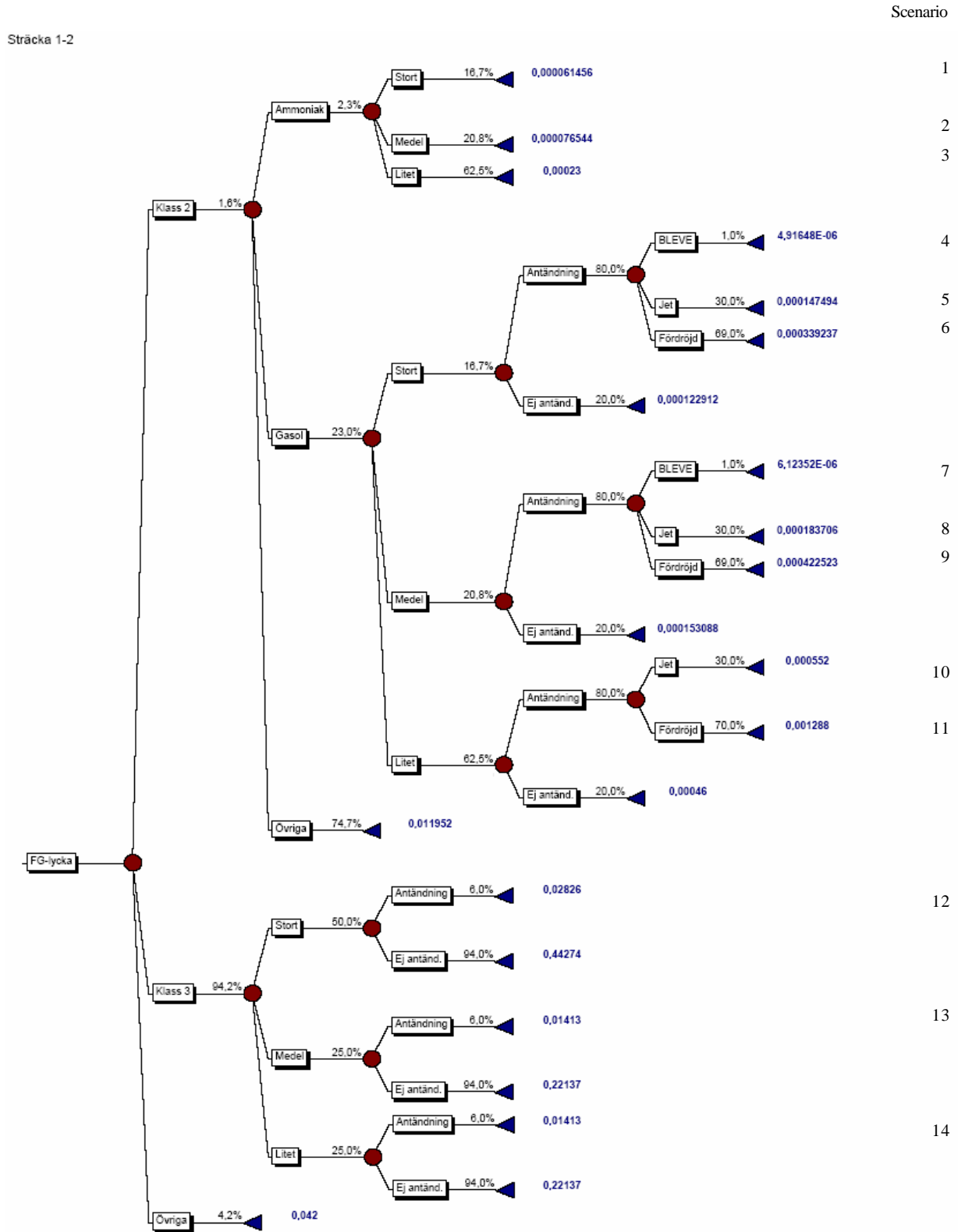
## 9. Identifierade scenarier

Tidigare i analysen har frekvensen för att en farligtgoodsolycka med läckage skall inträffa redovisats för samtliga delsträckor. Dessa läckage kan leda till ett antal olika typer av scenarier.

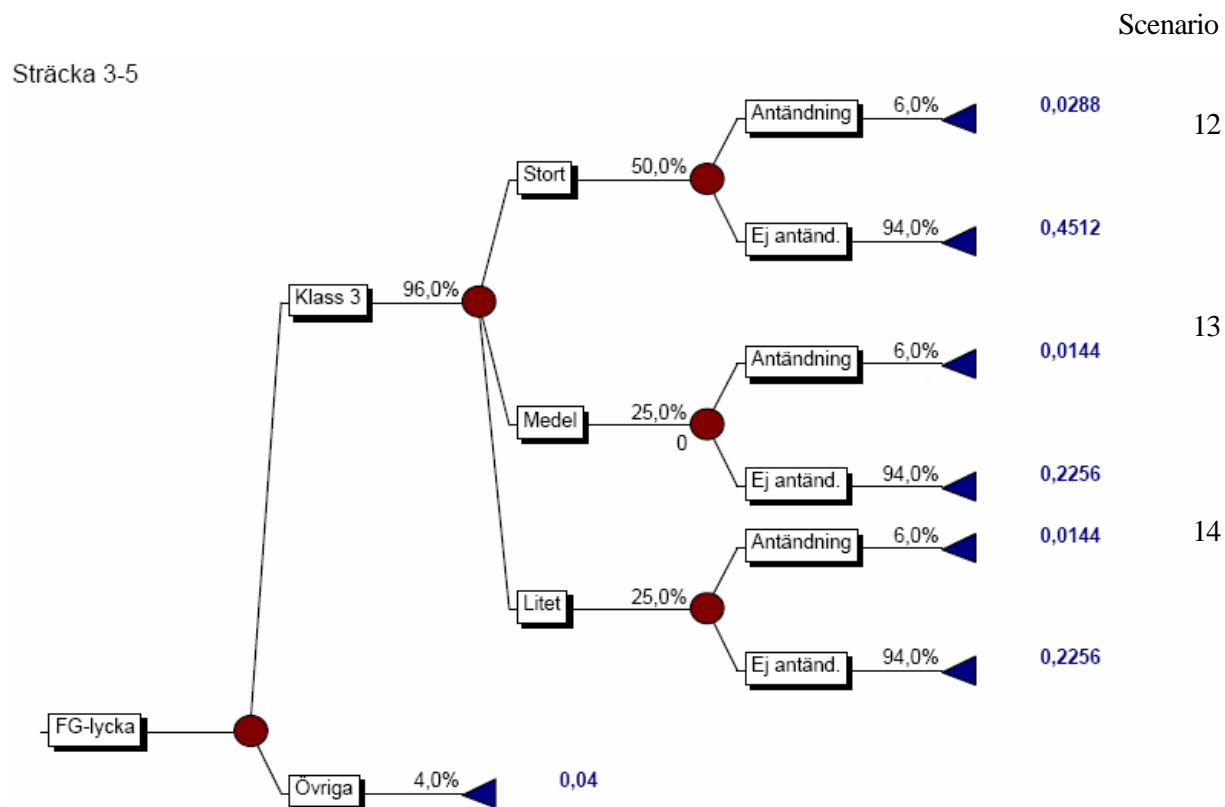
Med hjälp av datorprogrammet Precision Tree har de identifierade scenarierna sammanställts i händelseträd. Den inledande händelsen är att en farligtgoodsolycka med läckage inträffar. Varje händelse har tilldelats en sannolikhet baserad på hur mycket av respektive klass som transporteras, hur stor antändningsrisken bedöms vara osv. Programmet räknar sedan fram hur stor den slutliga frekvensen blir för varje scenario.

Två händelseträd har konstruerats. Anledningen till detta är att det endast transporteras kondenserade gaser klass 2 på delsträcka 1-2. På de övriga sträckorna transporteras inga gaser. Till följd av detta blir antalet möjliga scenarier mindre på sträcka 3-5.

Totalt har 21 möjliga scenarier konstaterats på delsträcka 1-2. 14 av dessa bedöms ge upphov till fara för människor. På delsträcka 3-5 har 7 möjliga scenarier identifierats varav 3 som kan ge upphov till fara för människor.



Figur 10 Händelsetråd över identifierade scenarier sträcka 1-2



Figur 11 Händelseträd över identifierade scenarier sträcka 3-5

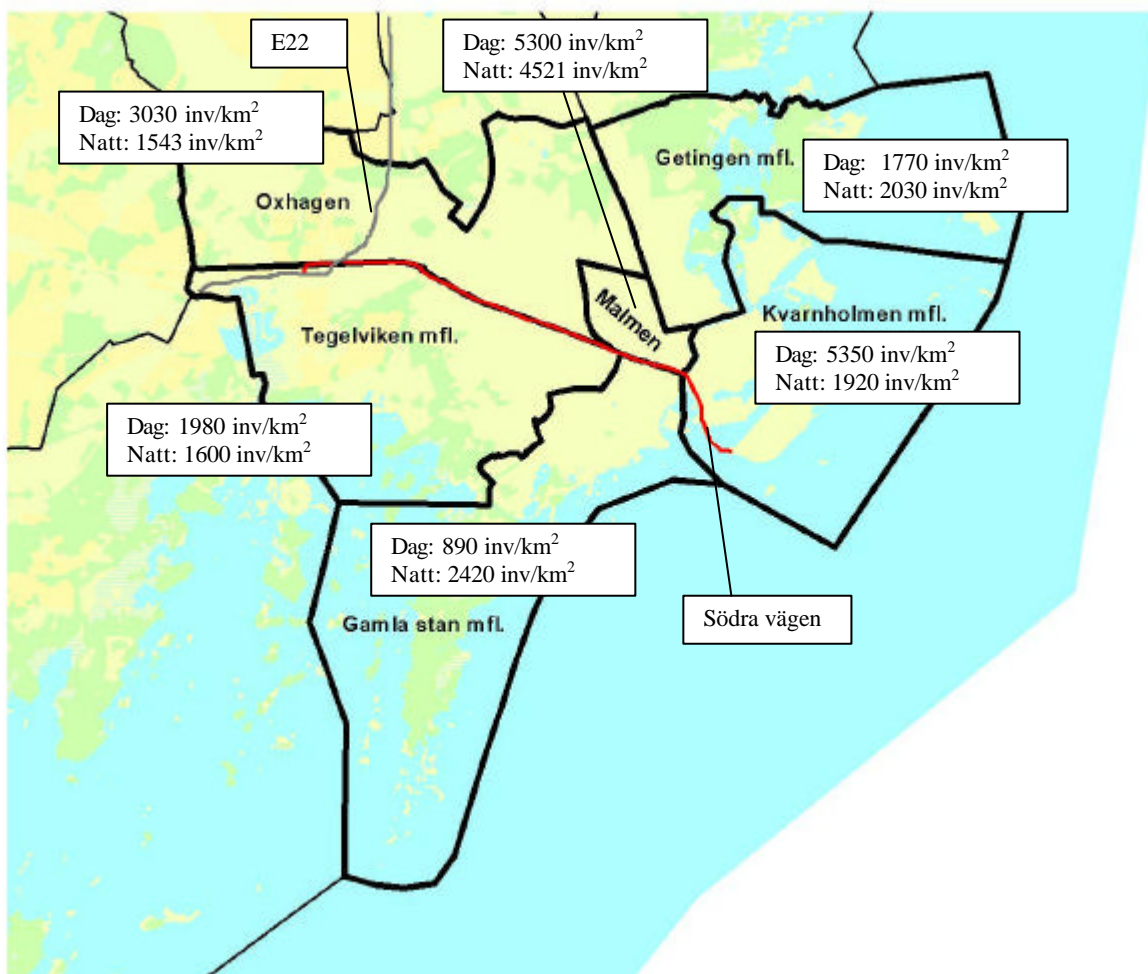




## 10. Befolkningstäthet

Den antagna befolkningstätheten baseras på information tillhandahållen av Kalmar kommun (Eriksson, 2004 och Rydqvist-Tomasson, 2003). Beroende på att befolkningstätheten förändras över dygnet har två värden beräknats för varje delområde. Ett värde som representerar befolkningssituationen nattetid och ett värde dagtid. Dessa beräknade värden redovisas i figuren nedan.

För en mer ingående beskrivning av hur befolkningstätheten antagits hänvisas till bilaga 5.



Figur 12 Befolkningstäthet Kalmar (Eriksson, 2004 och Rydqvist-Tomasson, 2003).

I de fortsatta beräkningarna antas att 5 % av befolkningen befinner sig utomhus på natten. På dagen antas 20 % vara utomhus.



## 11. Beräknad risknivå

Samtliga beräkningar och sammanställningar hittills används i detta kapitel för att beräkna de risker som transporter med farligt gods på Södra vägen ger upphov till. Individrisken presenteras för respektive delsträcka medan samhällsriskens redovisas som en total risk för hela Södra vägen.

För en mer ingående beskrivning av hur individrisken beräknats med modeller och antaganden hänvisas till bilaga 6.

### 11.1 Individrisk

Individrisken beräknas enligt

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{1000} \cdot \frac{15}{180}$$

där

f = frekvensen för enskilt scenario (frekvens/år)

r = beräknat riskavstånd för enskilt scenario (m)

a = avståndet från olyckan (m)

Att termen  $\sqrt{r^2 - a^2}$  divideras med 1000 beror på att varje delsträcka är 1000 meter lång.

Kvoten  $\frac{15}{180}$  kompenserar för att utsläppet endast sker i en riktning. Pölbränder och BLEVE breder ut sig i alla riktningar varvid denna kvot inte inberäknas i formeln vid beräkning av dessa scenarier.

Individrisken för varje delsträcka presenteras i diagrammen nedan som en funktion av avståndet från olyckan. För sträcka 1-2 är individrisken uppdelad i två kurvor. En för individrisken norr om aktuell delsträcka och en för risken söder om. Orsaken till denna uppdelning är fördelningen av vindriktningen. På delsträcka 3-5 har inga scenarier identifierats som påverkas av vindriktningen.

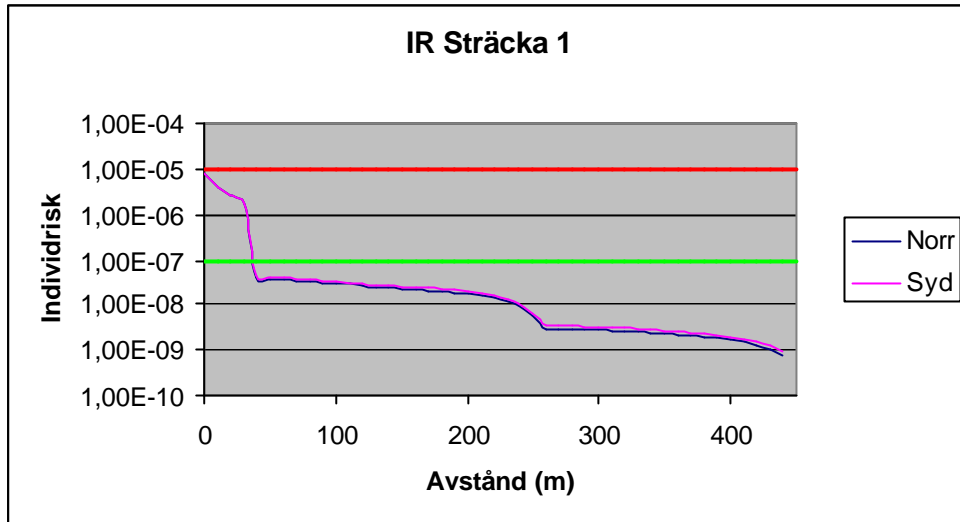


Diagram 8 Individerisk delsträcka 1

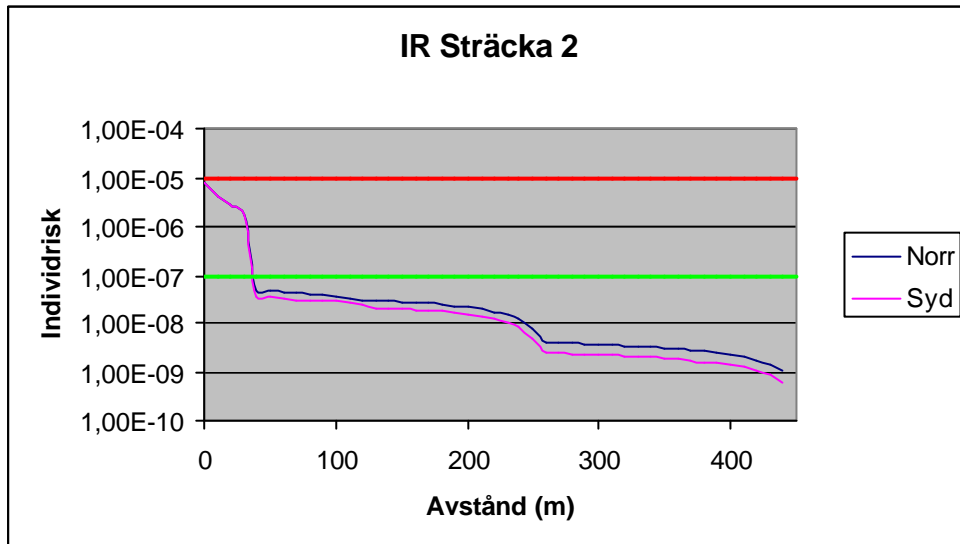


Diagram 9 Individerisk delsträcka 2

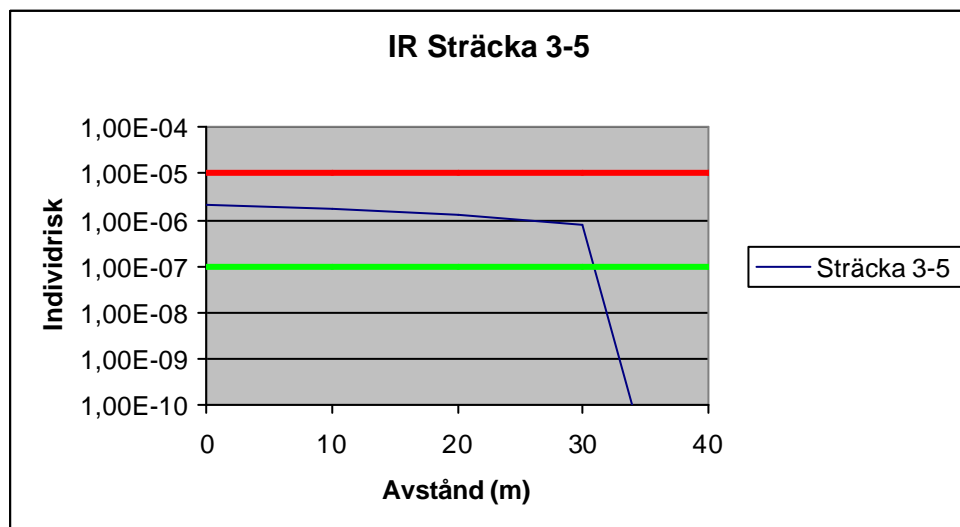


Diagram 10 Individerisk delsträcka 3-5

Sträcka 4 och 5 uppvisar en i stort sett identisk individrisk som sträcka 3. Skillnaderna är ytterst obetydliga varvid endast ett diagram för dessa delsträckor redovisas.

För samtliga delsträckor befinner sig individrisken inom ALARP-området från 0 meter till cirka 35 meter från Södra vägen.

## 11.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas enligt

$$n = \pi \cdot r^2 \cdot N \cdot \frac{15}{180}$$

där

n = antalet omkomna individer (st)

r = riskavståndet (m)

N = befolkningstätheten (inv/km<sup>2</sup>)

Som vi beräkningarna av individrisken kompenserar kvoten  $\frac{15}{180}$  för att utsläppet endast sker i en riktning. Pölbränder och BLEVE breder ut sig i alla riktningar.

Den totala samhällsrisk som transporter av farligt gods på Södra vägen innebär, för Kalmar som stad, presenteras i diagrammet nedan.

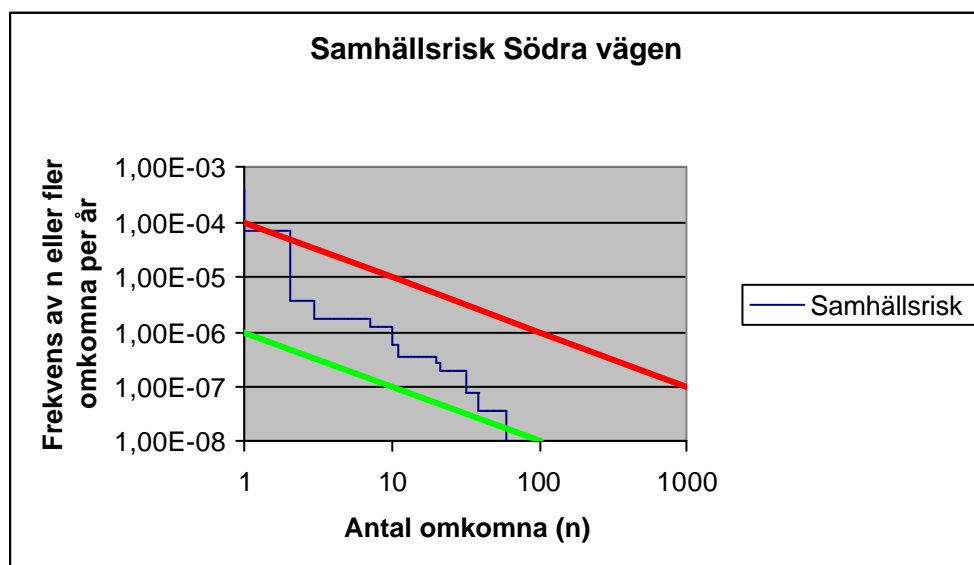


Diagram 11 Samhällsrisk Södra vägen

Här överstigs alltså kriteriet för vad som kan anses acceptabelt. Kriterierna ovan är dock definierade för en sträcka med längden 1 km. Södra vägen, från Tjärhovet till E22, är drygt 5 km. Hänsyn måste tas till att sannolikheten för att en olycka skall inträffa ökar med längden på sträckan. Detta resonemang bekräftas även av följande utdrag ur ”Värdering av risk”:

*”När det gäller kriterium för samhällsrisk uppstår emellertid problemet att denna blir större ju större område (längre transportsträcka) som betraktas. Några generella riktlinjer för vad som kan anses som ett transportarbete som har en samhällsnytta likvärdigt en industri är svåra att definiera. Som en utgångspunkt föreslås att det kriterium för samhällsrisk som presenterats i kapitel 8.4 ovan tillämpas även för transportrisker och baseras på en sträcka av 1 km (dvs för en sträcka av 0,5 km tillåts halva värdet, osv).”*

Med tillämpandet av denna rekommendation tillåts kriterierna för Södra vägen att vara 5 ggr så stora.

Resultatet för samhällsrisk enligt ovanstående resonemang redovisas i nedanstående diagram.

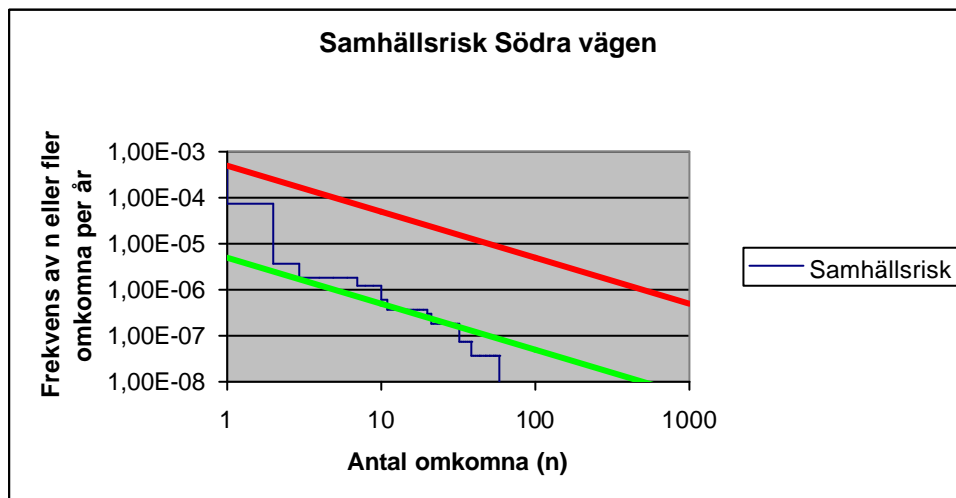


Diagram 12 Samhällsrisk Södra vägen med justerade kriterier

Samhällsriskens befinner sig huvudsakligen i den nedre delen av ALARP-området, och frekvensen över att fler än 10 individer skall omkomma per år tangerar kriteriet för att riskerna skall accepteras.

## 12. Känslighetsanalys

I alla riskanalyser som genomförs finns det osäkerheter. Osäkerheterna beror främst på valet av data som görs för beräkningarna, använda beräkningsmodeller och datorprogram samt de antaganden som måste göras.

### 12.1 Osäkerheter

De antagna riskkriterierna i denna analys är en osäkerhet. Som redovisats tidigare finns inga fastlagda krav på kriterier i Sverige varför krav i andra länder får utgöra riktvärden. Eftersom dessa kriterier ligger till grund för bedömningen av riskerna är det viktigt att de varken ligger för högt eller för lågt. I Sverige borde fasta krav införas för att alla inblandade parter skall veta vad som gäller. Detta skulle även stärka det allmänna förtroendet för branschen.

Det beräknade antalet transporter per dygn på Södra vägen bygger främst på uppgifter från kontaktade verksamheter. Dessa uppgifter har inte närmare kontrollerats för verifiering. Vid beräkningarna har vissa densiteter på ämnen, volymer på tankbilssläp samt med vilken typ av tankfordon som ämnena transporteras med, antagits.

Den beräknade frekvensen för antalet olyckor per år med farligt gods bygger på en metod framtagen av Statens väg- och transportforskningsinstitut på uppdrag av Statens räddningsverk. Någon djupare analys eller verifiering av denna metod har ej utförts, dock är det rimligt att anta att denna beräkningsmetod, liknande de flesta andra, har inbyggda osäkerheter som påverkar resultatet.

Ingående parametrar i ovanstående metod är bl.a. vägsträckans hastighet samt trafikbelastningen. Detta arbete utgår ifrån de skyltade hastighetsbegränsningarna. Dock finns inget tillgängligt material på vilken som är den verkliga medelhastigheten för trafiken på respektive sträcka. Redan tidigt i analysen identifierades hastigheten som en viktig faktor för att minska riskerna med transporter av farligt gods.

Använda siffror på trafikbelastningen och årsmedeldygnstrafiken är framräknade från mätningar över en kortare tidsperiod. Detta innebär att det under vissa perioder kan vara både mer och mindre trafik i rörelse ett dygn på Södra vägen.

Den statistik från SMHI som väderuppgifterna bygger på innebär även de osäkerheter. Vindriktningar och vindhastigheter mäts med instrument som samtliga har fler eller färre inneboende osäkerheter.

De antagna stabilitetsklasserna bygger till stor del på väderförhållandena. Stabilitetsklasserna påverkar i sin tur beräkningarna på riskavstånden för varje scenario. Dessa riskavstånd beräknas enligt handberäkningsmodeller och datorprogram som även de har inbyggda osäkerheter.

Uppgifter på befolkningstätheten grundas på uppgifter från kommunen och är några år gamla. Befolkningstätheten förändras över tiden och kan således vara en felkälla i denna analys. Vidare bygger de antaganden på hur stor andel av befolkningen som befinner sig utomhus endast på utförda bedömningar. Dock anses antagandena att så stor del som 5 % är ute på natten och 20 % på dagen, oavsett årstid, vara konservativa.

Strävan efter konservativa bedömningar, i gjorda antaganden, har tillämpats till allra största del i analysen. Detta för att de slutgiltiga resultaten inte skall indikera mindre risker än vad som i verkligheten är fallet.

Ett flertal osäkerheter har analyserats genom känslighetsanalys och redovisas i nedanstående delkapitel.



## 12.2 Känslighetsanalys för individ- och samhällsrisker

Känslighetsanalys för individrisken är utförd för antagandet att antalet transporter med farligt gods dubblas till 60st/dygn samt halveras till 15st/dygn.

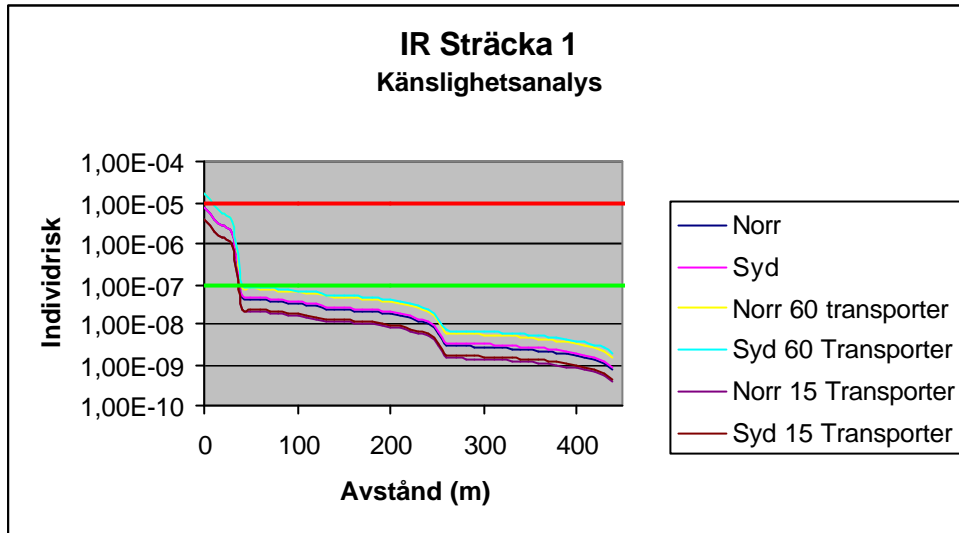


Diagram 13 Känslighetsanalys sträcka 1

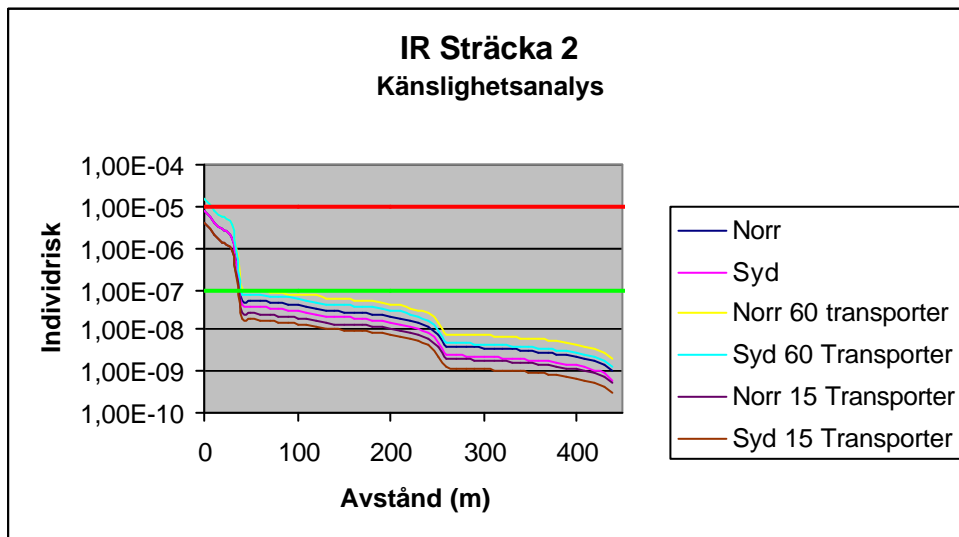


Diagram 14 Känslighetsanalys sträcka 2

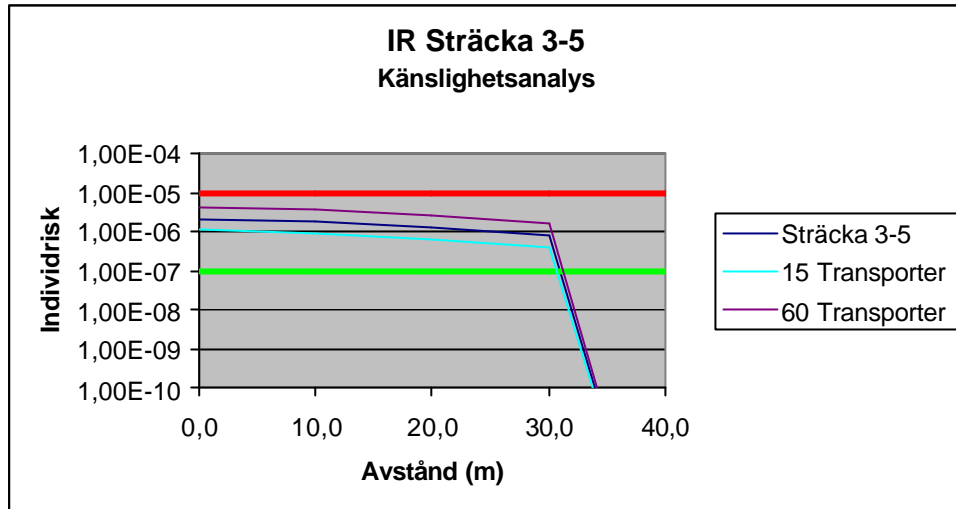


Diagram 15 Känslighetsanalys sträcka 3

Även för samhällsrisken har antalet transporter fördubblats samt halverats. Dessutom analyseras riskerna om befolkningstätheten fördubblas och halveras. Slutligen har beräkningar utförts under förutsättningarna att transporter med klass 2 ämnen även trafikerar sträcka 3-5.

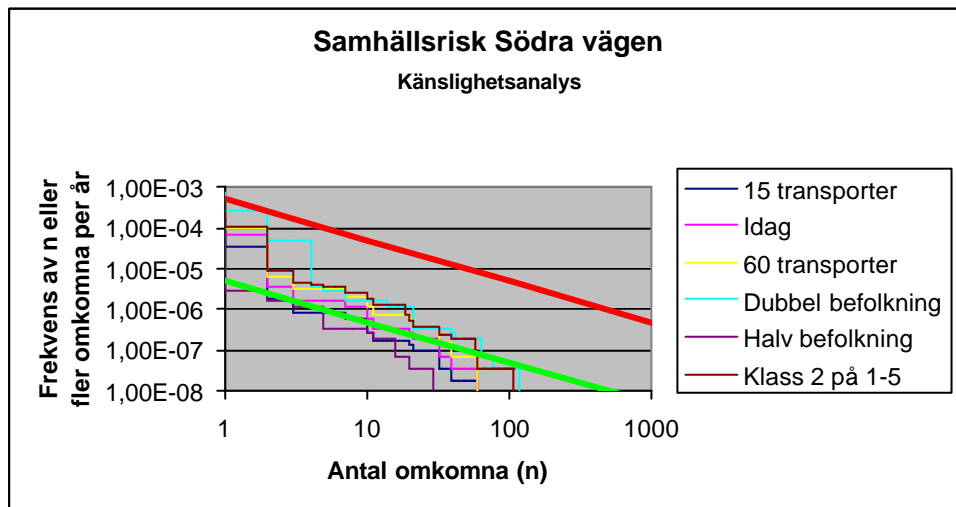


Diagram 16 Känslighetsanalys samhällsrisk

### **12.3 Diskussion**

Redan tidigt i analysen identifierades hastighetsbegränsningarna på Södra vägen som en viktig parameter för att reducera riskerna. Detta beror till största delen på att skadorna på inblandade fordon blir allvarligare om farten är hög vid olyckstillfället. Allvarliga skador på ett fordon som transporterar farligt gods kan leda till ett utsläpp av farliga ämnen.

Känslighetsanalysen visar också att individrisken överstiger kriterierna för oacceptabla risker nära leden om antalet transporter skulle fördubblas. Det är dock endast på korta avstånd från leden som kriteriet överskrids. Antalet fordon med farligt gods på Södra vägen är en viktig parameter för den totala riskbilden. Naturligtvis är det så att ju färre fordon som trafikerar leden desto mindre blir sannolikheten för att en olycka skall inträffa.

Vidare framgår betydelsen av vilka ämnen som transporteras på leden i den utförda känslighetsanalysen. Om kondenserade gaser skulle transporteras på hela leden, och inte bara på delsträcka 1-2 som är fallet idag, så ökar samhällsrisken betydligt. Riskerna blir högre i detta fall än om antalet transporter med farligt gods skulle fördubblas till 60 transporter/dygn.

Betydelsen av att begränsa befolkningstätheten nära Södra vägen framträder också i känslighetsanalysen av samhällsrisken. Dock klaras kriterierna för oacceptabla risker även då befolkningstätheten fördubblas.

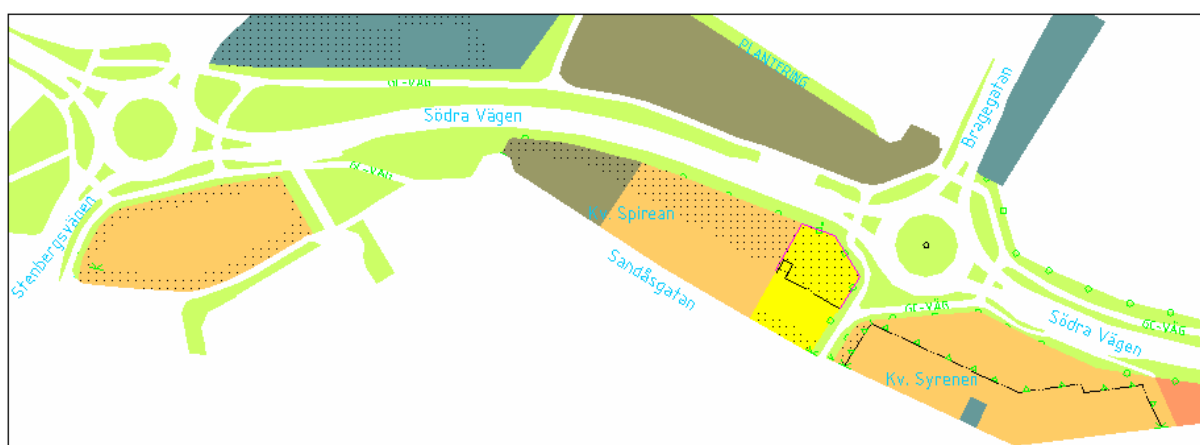
Sammanfattningsvis tyder känslighetsanalysen på tämligen små variationer då ett flertal parametrar förändras. Om förändringen av en parameter hade ökat, eller minskat, riskerna radikalt, hade risikanalysen varit relativt osäker och endjupare analys hade varit nödvändig för att verkligen få fram exakta värden på denna parameter. I och med att ingen parameter påverkar genomförd risikanalysen på detta sätt kan slutsatsen dras att dess resultat är tämligen säkra.



## 13. Planerade förändringar Södra vägen

Kalmar kommun har för avsikt att genomföra förändringar av både vägsträckning samt byggnadsstruktur längs Södra vägen (*Carlswärd och Nilsson, 2004*) under 2005. Området som är aktuellt för utveckling har tidigare benämnts delsträcka 3 i rapporten. Syftet med föreslagna förändringar är en allmän utveckling av stadsmiljön samt en vilja att förbättra den befintliga trafiksituationen.

Nedan redovisas översiktlig bild över områdets planerade utformning.



Figur 13 Planerad utformning av förändring delsträcka 3

### 13.1 Trafikförändringar

Kalmar kommun önskar genomföra ett flertal omfattande förändringar i befintlig trafiksituationen i ovan nämnt område. I korsningen Södra vägen/Stenbergsvägen föreslås en ny cirkulationsplats. Viljan är att placera denna så långt mot sydost som möjligt för att komma så långt ifrån Nöjeslokalen Sandra och Folkets park som möjligt. Genom detta förslag åtgärdas även infarten till den väg som löper parallellt med Södra vägen vars utformning tidigare ej varit bra.

Ytterligare en cirkulationsplats föreslås längre österut i korsningen Södra vägen/Bragegatan. Trafik på Bragegatan mellan Södra vägen och Sandåsgatan tillåts endast för gång och cykeltrafikanter. Sandåsgatans samt Kungsgatans anslutningar till Södra vägen tas bort helt, vilket skulle göra Sandåsgatan till en lokalgata. Detta innebär att Södra vägen, även norr om Bragegatan, blir dubbelriktad. Uppdelningen av vägen i två enkelriktade körbanor försvinner

alltså. Ovan nämnda cirkulationsplatser föreslås byggas med en yttre diameter på cirka 40 meter med en bredd på körbanan på cirka 8 meter.

## **13.2 Föreslagen nybyggnation**

### **13.2.1 Kvarteret Syrenen**

Kvarteret Syrenen är lokaliserat öster om Bragegatan mellan Södra vägen och Sandåsgatan (se figur 13) och dess användning föreslås till bostad, kontor och handel. Etablering av Nettobutik har diskuterats inom området. Planerad bebyggelse orienteras söderut mot Sandåsgatan. Området i norr mot Södra vägen är till betydande del prickad mark där någon typ av bebyggelse ej får förekomma. Trots dessa inskränkningar blir de kortaste avstånden mellan tänkt bebyggelse och Södra vägen endast cirka 10 meter.

### **13.2.2 Kvarteret Spirean**

Kvarteret Spirean är beläget väster om Bragegatan mellan Södra vägen och Sandåsgatan (se figur 13). Planerad bebyggelse orienteras även här söderut och i norr mot Södra vägen är betydande markområden prickade. Områdets östra del föreslås till bostäder och kontor. Avståndet mellan planerad bebyggelse och Södra vägen uppgår här till maximalt cirka 25 meter. Kvarterets västra del planeras för endast kontorsbebyggelse. Här blir avstånden till Södra vägen återigen kortare, cirka 10 meter.

### **13.2.3 Kvarteret Vesslan**

Kvarteret Vesslan, som ej finns med på figur 13, ligger mellan Folkets Park och Broslättsgatan längst västerut på sträcka 3. Området ligger i omedelbar närhet till Södra vägen. Här finns planer på nybyggnation av bostäder. Aktuellt område skall avgränsas norrut mot Södra vägen med en solid mur.

## **13.3 Förändringar i riskbilden**

Individrisker på delsträckan påverkas inte av planerade förändringar. Med hänsyn taget till att två cirkulationsplatser anläggs är det rimligt att anta att hastigheterna mellan dessa kommer att ligga lägre än 50 km/h vilket då skulle sänka individrisker. Ingen analys har dock utrett denna fråga varvid individrisker inte förändras.

Vid beräkning av samhällsriskerna har befolkningen ökat med 200 individer för det aktuella området. Beräkningar visar att samhällsriskerna förändras så obetydligt att det inte går att utläsa ur tidigare redovisade diagram. Samhällsriskerna påverkas alltså ytterst lite av den ökade befolkningens mängd.





## **14. Aktuell lagstiftning och rekommenderade skyddsavstånd till farligt godsled**

Som nämnts tidigt i inledningen av rapporten finns ett antal regler och lagar som reglerar transporter av farligt gods och att en rad hänsyn skall tas bland annat till människor och miljö. Vidare har några storkommuner och statliga verk genomfört utredningar där fasta skyddsavstånd till farligt godsleder har fastställts. Dessa skyddsavstånd redovisas översiktligt i nedanstående delkapitel.

### **14.1 Lag om skydd mot olyckor SFS 2003:778**

Lag om skydd mot olyckor, som ersatt räddningstjänstlagen, behandlar ansvaret för både enskild individ, kommun och stat när det gäller att skydda samhället mot olyckor.

#### *1 Kap. Inledande bestämmelser*

*1 § Bestämmelserna i denna lag syftar till att i hela landet bereda människors liv och hälsa samt egendom och miljö ett med hänsyn till de lokala förhållandena tillfredsställande och likvärdigt skydd mot olyckor.*

#### *3 Kap. Kommunens skyldigheter*

##### *Förebyggande verksamhet*

*1 § För att skydda människors liv och hälsa samt egendom och miljön skall kommunen se till att åtgärder vidtas för att förebygga bränder och skador till följd av bränder samt, utan att andras ansvar inskränks, verka för att åstadkomma skydd mot andra olyckor än bränder.*

### **14.2 Plan och bygglagen SFS 1987:10**

Plan och bygglagen reglerar planläggning och byggande av mark och vatten. Lagens syftar till att främja en hållbar samhällsutveckling och livsmiljö för medborgarna. Frågorna gällande hälsa och säkerhet är det kommunen som har huvudansvar över.

#### *1 kap. Inledande bestämmelser*

*6 § För att mark skall få användas för bebyggelse skall den vara från allmän synpunkt lämplig för ändamålet. Lämplighetsbedömningen sker vid planläggning eller i ärenden om bygglov eller förhandsbesked.*

*2 kap. Allmänna intressen som skall beaktas vid planläggning och vid lokalisering av bebyggelse, m.m.*

*3 § Bebyggelse skall lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till*

- 1. de boendes och övrigas hälsa,*
- 2. jord-, berg- och vattenförhållandena,*
- 3. möjligheterna att ordna trafik, vattenförsörjning och avlopp samt annan samhällsservice,*
- 4. möjligheterna att förebygga vatten- och luftföroreningar samt bullerstörningar.*

*4 § Inom områden med sammanhållen bebyggelse skall bebyggelsemiljön utformas med hänsyn till behovet av*

- 1. skydd mot uppkomst och spridning av brand samt mot trafikolyckor och andra olyckshändelser,...*

### **14.3 Väglagen SFS 1971:948**

Väglagen reglerar byggande och drift av allmän väg samt hur planeringsprocessen skall gå till. Vid produktionen av en helt ny väg, eller ändringar av befintlig väg, skall en arbetsplan innehållande en miljökonsekvensbeskrivning upprättas. I miljökonsekvensbeskrivningen skall riskerna beskrivas, och här kan till exempel riskerna med transporter av farligt gods ingå.

### **14.4 Trafikförordningen SFS 1998:1276**

Trafikförordningen reglerar de huvudsakliga föreskrifterna om vägtrafik. Här finns även stödet för lokala trafikföreskrifter. Lokala trafikföreskrifter kan användas för att helt, eller delvis, förbjuda transporter av farligt gods på en lokal trafiksträcka.

#### **10. Kap Lokala trafikföreskrifter mm**

*1 § Särskilda trafikregler får, utom i de fall som avses i 10 och 14 §§, medelas genom lokala trafikföreskrifter för en viss väg eller vägsträcka eller för samtliga vägar inom ett visst område eller för ett område eller en färdled i terräng.*

*De särskilda trafikreglerna får gälla följande.*

*...18. Andra särskilda trafikregler.*

*Vidare får genom lokala trafikföreskrifter meddelas särskilda trafikregler för transport av farligt gods...*

(Understruken text utgör 1 § tredje stycket)

*3§ Lokala trafikföreskrifter meddelas av följande myndigheter...*

*2. Länsstyrelsen*

*c, i fråga om sådana föreskrifter som avses i 1 § tredje stycket.*

*5 § ...Innan beslut fattas om sådana lokala trafikföreskrifter för transport av farligt gods som avses i 1 § tredje stycket skall länsstyrelsen inhämta yttrande från Statens räddningsverk...*

## **14.5 Rekommenderade skyddsavstånd till farligt godsled**

Följande delkapitel redovisar de rekommendationer som idag finns för skyddsavstånd till led för transporter med farligt gods. Utredningarna från länsstyrelsen i Stockholms och Göteborgs stad grundas på gällande förutsättningar i respektive region när det gäller trafiktäthet, transporterade farliga ämnen samt mängder.

### **14.5.1 Länsstyrelsen Stockholms län**

Länsstyrelsen i Stockholm har utarbetat en rapport med avseende på nybyggnation i anslutning till bl.a. vägar för transport av farligt gods (*Riskhänsyn vid ny bebyggelse, 2000*).

Följande skyddsavstånd rekommenderas:

- 25 meter byggnadsfritt bör lämnas närmast farligt godsled.
- Tät kontorsbebyggelse bör undvikas inom 40 meter från farligt godsled.
- Sammanhållen bostadsbebyggelse bör undvikas inom 75 meter från farligt godsled.
- Personintensiva verksamheter, med människor som kan ha svårt att snabbt genomföra en utrymning, bör undvikas inom 75 meter från farligt godsled.

I centrala delar i regionen kan det finnas starka intressen att uppföra ny bebyggelse närmare än de ovan rekommenderade avstånden. Vid dessa fall krävs en fördjupad riskanalys som

visar på lämpligheten med den planerade verksamheten med hänsyn till behovet av skydd mot olyckshändelser. Ytterligare avsteg kan göras, vilka då bedöms från fall till fall.

Bedömningen baseras på en rad faktorer som typ och utformning av bebyggelsen, landskapets karaktär, tekniska åtgärder, med mera.

### **14.5.2 Vägverket**

Vägverket har även de rekommendationer när det gäller nybyggnation i anslutning till farligtgoodsled. Verket rekommenderar att en riskanalys bör genomföras vid nybyggnation inom 100 meter från en större led för farligtgoods (*VV underlagsmaterial för tillämpning av PBL och NRL, 1997*).

### **14.5.3 Göteborgs stad**

Göteborg har i sin översiktsplan (*Lamnevik och Palme, 1997*) genomfört en djupare analys angående riskavstånd vid transporter av farligt gods. Följande riskavstånd rekommenderas:

- 30 meter byggnadsfritt skall lämnas närmast farligtgoodsled.
- Tät kontorsbebyggelse skall undvikas inom 50 meter från farligtgoodsled.
- Tät bostadsbebyggelse skall undvikas inom 100 meter från farligtgoodsled.

I vissa fall kan det uppstå behov av att uppföra ny bebyggelse närmare än ovan angivna avstånd. För att sådan bebyggelse skall accepteras krävs en särskild riskanalys vilken skall redovisa att säkerheten upprätthålls.

### **14.5.4 Boverket**

Boverket rekommenderar 100 meter som riktvärde för skyddsavstånd med avseende på farliga godstransporter. Dock är det många faktorer som påverkar ett riktvärde. Dessutom bör ett beslut tas på lokal nivå hur stora risker som kan accepteras. (*Bättre plats för arbete, 1995*)

## **14.6 Diskussion**

De lokala förhållandena i anslutning till farligtgoodsleder är olika från plats till plats. Mängder av farligt gods som transporteras, befintlig byggnation, landskapets karaktär, befolkningstäthet med mera är endast några exempel på vilka parametrar som varierar. Med anledning av detta är användningen av generella skyddsavstånd en grov metod för att säkerställa skyddet kring farligtgoodsleder. Eftersom så många parametrar är specifika för

respektive område bör riskavstånd baseras på djupare riskanalyser där hänsyn tas till lokala förhållanden.

Rekommendationerna från Länsstyrelsen i Stockholm och Göteborgs stad anger att längsta avstånd bör tillämpas för bostadsbebyggelse. Länsstyrelsen i Stockholms län berör även personintensiva verksamheter och rekommenderar att samma skyddsavstånd bör gälla för personintensiva verksamheter som för tät bostadsbebyggelse. Detta är en viktig slutsats.

Vid tillämpandet av skyddsavstånd är det viktigt att ta hänsyn till vilken typ av verksamhet som skall bedrivas och inte bara definiera bebyggelsen som kontor, bostäder eller övrigt. Om det exempelvis inte anses lämpligt att bygga bostäder för ett 10-tal personer 50 meter från en farligtgodsled borde det inte heller vara lämpligt att bygga en större butik för 150 personer på samma plats. Ur risksynpunkt förefaller butiken skapa större risker för samhället än bostäderna.



## **15. Riskvärdering**

Inledningsvis är det viktigt att konstatera att det finns många viktiga intressen som skall tillgodoses vid planering av nya områden. Säkerhetsaspekten är bara en del som skall vägas samman i den totala helheten.

Värderingen av de risker som finns med avseende på de transporter med farligt gods som trafikerar Södra vägen måste bedömas utifrån de förutsättningar som finns generellt i samhället. Detta innebär att samhället är villigt att acceptera vissa risker för att kunna hålla en viss levnadsstandard. Exempelvis måste vissa risker med transporter av brännbara vätskor kunna tillåtas för att vi skall kunna få bränsle till att köra fordon och värma upp våra hus. Dessutom är det varken praktiskt eller ekonomiskt möjligt att genomföra alla tänkbara säkerhetshöjande åtgärder i samhället.

### **15.1 Vägledande principer**

Den fortsatta värderingen av de specifika riskerna längs Södra vägen kommer att baseras på nedanstående principer (*Davidsson m.fl, 1997*).

#### **Rimlighetsprincipen**

Risker bör ej tillföras, varken till enskilda individer eller samhället, som kan undvikas med rimliga ekonomiska eller tekniska åtgärder. Dessa risker skall åtgärdas oavsett vilken sammantagen riskbild som råder.

#### **Proportionalitetsprincipen**

Riskerna med en specifik verksamhet bör ej vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar som verksamheten bidrar med till samhället i stort.

#### **Fördelningsprincipen**

Riskerna bör vara fördelade mellan olika grupper i samhället med hänsyn taget till de fördelar som vissa grupper kan dra av en viss verksamhet. Detta innebär att enstaka grupper eller individer ej bör utsättas för större risker än den nytta som aktuell verksamhet bidrar med till dessa individer eller grupper.

## **Principen om undvikande av katastrofer**

Strävan skall vara att risker skall begränsas till konsekvenser som tillgängliga resurser har möjlighet att hantera istället för stora konsekvenser som i värsta fall kan leda till katastrof.

## **15.2 Diskussion**

Då både individ- och samhällsrisk för Södra vägen ligger inom ALARP-området blir definitionen av detta område i allra högsta grad betydelsefull. Som tidigare nämnts står ALARP för ”As low as reasonably practicable” vilket ungefär har betydelsen ”så lågt som praktiskt möjligt” (*Davidsson m.fl, 1997*). Tolkningen av detta innebär att om riskerna ligger inom ALARP-området bör inga nya risker tillföras samt åtgärder bör utföras för att sänka den befintliga risken.

Då inga nationella rekommendationer finns i dagsläget är det upp till enskild utredare samt kommun både att sätta gränserna för ALARP-området samt bedöma riskerna i detta område. Med anledning av detta är det viktigt att politiska beslut tas lokalt gällande hur stora risker som skall accepteras. Detta för att sträva efter en enhetlig risknivå för hela den lokala regionen.

Vilka åtgärder skall då utföras för att sänka riskerna? Bedömningen vad som anses rimligt måste göras från fall till fall och grundas främst på de fyra principer som tidigare nämnts.

Olika metoder finns idag framtagna för att försöka utreda vilka riskreducerande åtgärder som bör prioriteras i varje enskilt fall och situation. Den vanligaste av dessa grundar sig på en kostnads-nytta-metodik vilken innebär att kostnaderna med att genomföra en viss åtgärd jämförs med hur stor reducering av riskerna åtgärden medför. För att kunna jämföra dessa två parametrar krävs att kostnader och nytta jämförs i samma enhet. Traditionellt är denna enhet ekonomiska termer.

Problemen med denna metodik är flera. Kostnaderna är inte helt enkla att uppskatta då dessa beror på en mängd olika faktorer som varierar mycket mellan enskilda fall. Det är dock värderingen av nytta som är den stora utmaningen. Då samma enheter måste användas för att kunna göra vettiga jämförelser mellan kostnad och nytta resulterar detta i behov av ekonomiska värderingar av mänskligt liv. Detta är naturligtvis ett missvisande uttryck då inga



pengar i världen kan ersätta den drabbade eller anhöriga. En mer korrekt benämning är att man ”i analysen sätter ett värde för att förhindra ett statistiskt dödsfall” (Davidsson m.fl, 1997). Att sätta en nivå på vilken kostnad som bör anses som rimlig är en svår uppgift, inte minst moraliskt.

En annan metod är att istället värdera hur mycket en åtgärd påverkar sannolikheten för ett eventuellt skadeförlopp. Även här måste en bedömning göras av hur mycket exempelvis ett räcke minskar risken för att en olycka med farligt gods skall uppkomma. Detta beror främst på att så få olyckor med farligt gods inträffar och att det på grund av detta inte finns något tillgängligt statistisk material varifrån eventuella åtgärder kan utvärderas och kvantifieras. Även forskningen på området är begränsad.

Avsaknaden av verktyg för att kvantitativt bedöma olika riskreducerande åtgärder för att sedan kunna återföra dessa till risikanalysen upplevs som ett problem både från Räddningstjänst och andra aktörer (Johansson och Wasting, 2004). I nuläget är det upp till varje utredare att tillsammans med kommunen att göra en bedömning vilka åtgärder som bör prioriteras och genomföras (Zetterström, 2004).

Med anledning av den pressade ekonomiska situationen som många kommuner idag upplever finns ett behov av att utföra bra åtgärder till rimliga kostnader. Det är viktigt för utredare och Räddningstjänst att kunna påvisa effektiviteten i föreslagna åtgärder för att dessa skall vinna stöd jämfört med åtgärder som bedöms mindre effektiva men som är mer ekonomiska.

Ovanstående problematik bör kunna ligga till grund för en djupare analys där erfarenheter och slutsatser från inträffade olyckor med farligt gods, samt effektiviteten av eventuella åtgärder sammanställs.

### **15.3 Slutsats**

Individrisken för Södra vägen hamnar i ALARP-området fram till ett avstånd av cirka 35 meter från leden varefter riskerna bedöms som små. Resultatet gäller också delsträcka 3 där nybyggnation är planerad. Byggnadernas avstånd till Södra vägen kommer som minst att uppgå till cirka 10 meter. Detta innebär att individer i dessa byggnader kommer att utsättas för en förhöjd risksituation.

Vidare finns två skyddsobjekt på delsträcka 3 som ligger inom 35 meter från leden, Sandra och Folkets Park, vilket bör vägas in i den totala riskvärderingen av Södra vägen. Dessa är verksamheter där ett stort antal individer kan uppehålla sig under vissa perioder och en olycka med farligt gods i anslutning till dessa objekt skulle kunna innebära stora konsekvenser.

Samhällsrisken för Kalmar med transporter av farligt gods på Södra vägen ligger huvudsakligen inom ALARP-området. Samhällsrisken för att fler än cirka 3 individer skall omkomma i samma olycka ligger i nära anslutning till kriteriet för acceptabla risker.

Med anledning av den totala riskbilden längs delsträcka 3, både med tanke på Folkets Park och Sandra, samt den planerade nybyggnationen i direkt anslutning till Södra vägen, bör ett flertal åtgärder genomföras för att reduceras riskerna. Både samhällsrisk och individrisk ligger inom ALARP-området och att tillföra nya risker i form av fastigheter nära leden, utan att genomföra några riskreducerande åtgärder, bedöms inte som försvarbart ur risksynpunkt.

## 16. Riskreducerande åtgärder Södra vägen

Riskreducerande åtgärder kan delas upp under fyra olika huvudprinciper vilka illustrerar på vilket sätt åtgärden reducerar befintliga risker (*Davidsson m.fl, 1997*). Dessa huvudprinciper är:

- Avlägsnande av riskerna
- Olyckförebyggande åtgärder
- Skadebegränsande åtgärder
- Akuta skadebegränsande åtgärder

Ovanstående principer, samt de tidigare nämnda under föregående kapitel, kommer att ligga till grund för de åtgärder som bör genomföras på delsträcka 3 för att riskerna skall vara försvarbara.

### 16.1 Avlägsnande av risker

Att helt förbjuda transporter av farligt gods längs Södra vägen bedöms ej som ett realistiskt alternativ. Det huvudsakliga skälet till detta är att det inte finns några alternativa vägar mellan Tjärhovet och E22 som erbjuder lägre risker än längs Södra vägen (*Ranesköld, 1999*).

Som tidigare presenterats utgör transporter med brandfarlig vätska den absolut största andelen farligt gods på Södra vägen. Andra ämnen som transporteras längs vägen är transporter som skall till verksamheter belägna utefter Södra vägen. Om någon verksamhet beroende av regelbundna transporter av klass 2 ämnen skulle inledas på Oljehamnen Tjärhovet skulle riskerna längs transportleden öka kraftigt.

I dagsläget är Södra vägen en A-led. Detta innebär att transporter av samtliga klasser av farligt gods är tillåtna enligt ADR-S (*Lamnevik och Palme, 1997*). För att inte ytterligare risker skall tillkomma bör hela Södra vägen klassas ner till en B-led. Detta innebär att ämnen som vid olycka kan leda till de värsta konsekvenserna inte tillåts trafikera vägen. Exempel på ämnen som skulle förbjudas är komprimerade giftiga och brännbara gaser.

Om någon verksamhet önskar utöka mängden av något farligt ämne vilket leder till ett ökat antal transporter av farligt gods bör dessa verksamheter få söka dispens från förbudet. Detta ger kommunen en ökad kontroll över de mängder som transporteras på leden.

- **Södra vägen klassas om till B-led.**

## **16.2 Olycksförebyggande åtgärder**

Olycksförebyggande åtgärder avser att reducera sannolikheten för att en skadehändelse skall uppkomma. Med anledning av att omfattande förändringar av trafiksituationen är planerad inom det aktuella planområde finns det goda möjligheter att på ett kostnadseffektivt sätt inbegripa dessa åtgärder i den övriga ombyggnationen.

De huvudsakliga åtgärderna som bör utföras har att göra med den faktiska utformningen av aktuell vägsträcka. Allmänt bör vägbanan utföras i så hög standard som möjligt då detta främjar den totala trafiksäkerheten även på lång sikt. Även underhållet av vägsträckan, särskilt vintertid, bör prioriteras för att hög trafiksäkerhet skall uppnås oavsett yttre förutsättningar.

För att tillse att de transporter med farligt gods som trafikerar Södra vägen följer de regelverk som finns uppsatta bör möjligheterna till en ökad kontroll av vägsträckningen kommuniceras med polisens trafikenhet. Om en strävan finns från åkerier och förarens sida att till fullo uppfylla gällande lagar, har en hög säkerhetsnivå uppnåtts redan i ett tidigt skede.

Vidare bör sträckningen planeras så att den ej inbjuder till höga hastigheter. Ur denna aspekt ger de föreslagna cirkulationsplatserna en positiv effekt då trafikanterna tvingas att sänka hastigheten innan korsningen. Den västra cirkulationsplatsen i korsningen Södra vägen/Stenbergsvägen fungerar även som en naturlig avgränsning för att göra trafikanterna som kommer västerifrån uppmärksamma på de kör in i ett mer tätbefolkat område med lägre trafikrytm.

Cirkulationsplatser ökar den totala trafiksäkerheten då plankorsningar med cirkulationsplatser är de mest trafiksäkra. Anledningen till detta är reduceringen av hastigheten, som berörts ovan, men också att vinkeln mellan krockande fordon blir mindre. Det är sidokollisioner i räta vinklar som orsakar de största skadorna (*Vägars och gators utformning, 2004*).

Utformningen av cirkulationsplatser bör i största möjligaste mån anpassas efter det faktum att långa tankbilar smidigt och enkelt skall ta sig igenom korsningarna. Korsningar får ej utformas så att det föreligger risker att transporter med farligt gods riskerar att välta. Detta innebär att hänsyn skall tas till cirkulationsplatsens radie, lutning, körfältets bredd, kantutformning med mera. Generellt bör cirkulationsplatserna utformas med en radie på 10-

20 meter samt med endast ett körfält då denna utformning ger upphov till bäst trafiksäkerhet. Cirkulationsplatserna skall vara upplysta och fasta föremål i direkt närhet till dessa bör undvikas (*Vägars och gators utformning, 2004*).

Dessa ovan angivna krav står i strid mot oskyddade trafikanters behov av säkerhet och framkomlighet då kraven ger upphov till längre gång och cykelöverfarter. I detta specifika fall måste dock särskild hänsyn tas till de stora fordonens framkomlighet trots att detta strider mot nutidens, i allra högsta grad vettiga, strävan efter att sätta gång och cykeltrafikanternas behov främst.

Åtgärder bör vidtas utefter hela den aktuella vägsträckningen för att förhindra att någon tankbil kommer utanför körbanan. Detta med anledning av att tunga fordon då riskerar att välta och skada tanken med utsläpp av till exempel brännbar vätska som följd.

Konkret innebär dessa åtgärder att avkörningsskydd i form av räcke, mur eller liknande bör sättas upp. Avkörningsskydden skall vara dimensionerade att klara av höga och tunga fordon. Vanliga räcken dimensionerade för personbilstrafik skall ej användas då dessa istället kan orsaka stor skada beroende på den höga tyngdpunkten på ett tungt fordon. Då fordonet kör mot räcket kommer detta att fungera som en hävarm så att fordonet istället välter över räcket (*Vägutformningens betydelse vid olyckor med farligt gods, 1997*).

Ungefärliga kostnader för en mur med 2 meters höjd uppgår till cirka 2000-6000 kr/meter. Vanliga räcken, ej dimensionerade för tunga fordon, beräknas kosta cirka 500-1500 kr/metern (*Nystedt, 2003*).

Lutningen på vägbanan bör utformas så att den högsta punkten är belägen i vägbanans mitt. Detta innebär att eventuella utsläpp av brandfarlig vätska rinner av vägbanan och ned i diken. Ju större yta som den brandfarliga vätskan rinner ut över desto större blir branden om vätskan antänds. Strävan måste vara att i så hög utsträckning som möjligt begränsa utsläppets spridningsmöjligheter. Genom att avskilja diken i flera ”fack” kommer utsläppsarean att begränsas och genom detta även en eventuell brand. Detta kommer i sin tur att minska strålningsvärmens mot intilliggande byggnader.

Boverkets byggregler anger 13 kW/m<sup>2</sup> som maximalstrålningsnivå vid uppförande av nybyggnationer. Beräkningar har utförts på strålningen under några olika förutsättningar vilka redovisas i tabell 16 nedan. Avståndet till bränderna antas vara 10 meter. För en mer ingående beskrivning av hur strålningsnivåerna beräknats hänvisas till bilaga 7.

Scenario	Strålningsnivå
Ingen åtgärd (Pölbrand D=15 m)	31 kW/m <sup>2</sup>
Mur 3 m (Pölbrand D = 15 m)	27 kW/m <sup>2</sup>
Avkörningsskydd samt diken (Pölbrand D = 5 m)	11 kW/m <sup>2</sup>

**Tabell 16 Strålningsnivåer vid pölbrand**

Strålningsberäkningarna visar att uppförandet av en skyddande mur inte sänker strålningen mer än marginellt. Anledningen är att flammorna blir mycket höga vid en stor pölbrand. Om avkörningsskydd och diken används kan pölens diameter minskas och därigenom också strålningsintensiteten mot byggnaderna.

- *Hög allmän vägstandard eftersträvas.*
- *Hastighetsbegränsande åtgärder utförs.*
- *Särskild hänsyn tas till tunga fordon vid utformning av cirkulationsplatser.*
- *Avkörningsskydd dimensionerade för tunga fordon uppförs.*
- *Vägdiken utformas med ”fack” för att begränsa utsläppsarean.*

### **16.3 Skadebegränsande åtgärder**

Med anledning av de korta avstånd (ca 10 meter) som är aktuella mellan Södra vägen och delar av den planerade bebyggelsen kommer strålningsnivåerna från en eventuell pölbrand att bli avsevärda. För att en acceptabel risknivå skall uppnås krävs att åtgärder genomförs för att minska konsekvenserna av de höga strålningsnivåerna.

Den genomgående strävan med aktuell nybyggnation längs Södra vägen bör vara att förlägga byggnaderna så långt från vägen som det överhuvudtaget är möjligt. Detta för att minska effekterna från strålningsvärmen vid en eventuell pölbrand.

Planerade byggnader bör huvudsakligen orienteras i riktning från Södra vägen. Detta innebär att entréer och utrymningsvägar bör förläggas i sydlig riktning bort från Södra vägen. Denna åtgärd innebär att en eventuell utrymning kan genomföras i skydd av byggnaden. Att ej ha möjligheten att förlägga utrymningsvägar norrut mot Södra vägen kan i framtiden innebära problem vid nyprojektering av större byggnader. Nuvarande bygglagstiftning ställer krav på maximalt avstånd till en utrymningsväg och dessa krav kan bli svåra att uppfylla om utrymningsvägar ej får mynna mot norr.

Vidare bör krav ställas på utformningen av byggnadernas fasader. Generellt bör fasaderna uppföras helt i obrännbart material. Fönster bör förses med brandklassat glas som tål höga strålningsnivåerna tillräckligt lång tid för att en utrymning säkert skall kunna genomföras söderut i skydd av byggnaden.

- *Nybyggnation placeras så långt söderut som möjligt.*
- *Entréer och utrymningsvägar förläggs söderut, bort från Södra vägen.*
- *Fasader uppför i obrännbart material samt förses med brandklassat glas.*

#### **16.4 Akuta skadebegränsande åtgärder**

Räddningstjänstens möjligheter att ingripa vid en eventuell olycka måste beredas bästa möjliga förutsättningar. Detta innefattar genomförandet av en gedigen insatsplanering från Räddningstjänsten över det tilltänkta planområdet.

Vidare bör träning och utbildning genomföras med fokusering på effektiv släckning av pölbränder. En inventering av tillgängliga tekniska resurser bör genomföras för att identifiera brister i den befintlig utrustning.

- *Insatsplanering av aktuellt område genomförs av Räddningstjänsten.*
- *Träning och utbildning med fokusering på pölbränder genomförs.*
- *Resurser tillförs Räddningstjänsten för att genomförande skall vara möjligt.*



## Källförteckning

### Litteratur

*Bättre plats för arbete – Planering av arbetsområden med hänsyn till miljö, hälsa och säkerhet* (1995). Boverket. Upplaga 1. Bratts Tryckeri. Jönköping.

Carlswärd, Björn – Nilsson, Gunn (2004) *Detaljplan för Södra vägen/Bragegatan mm i Kalmar, Kalmar kommun*. Plan och bygglovsavdelningen, Samhällsbyggnadskontoret, Kalmar kommun. Kalmar

Davidsson, Göran – Lindgren, Mats – Mett, Liane (1997) *Värdering av risk*. Risk- och miljöavdelningen, Räddningsverket. 1997 års utgåva. Karlstad.

Drysdale, Dougal (2002) *An introduction to fire dynamics*. John Wiley & Sons Ltd. Second edition. Chichester, West Sussex.

Envall, Per (1998) *Farligt gods på vägnätet – underlag för samhällsplanering*. Risk- och miljöavdelningen, Räddningsverket. Karlstad.

*Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg* (1996). Risk- och miljöavdelning, Statens räddningsverk. Karlstad.

Fischer, Stellan – Forsén, Richard – Hertzberg, Ola – Jakobsson, Anders – Koch, Bo – Runn, Per – Thaning, Lennart – Winter, Stellan (1998) *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt. 3:e upplagan.

Karlsson, Björn – Quintiere, James G (2000) *Enclosure fire dynamics*. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.

Lamnevik, Stefan – Palme, Erik (1997) *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods Bilagor 1-5, Antagandehandling*. DNR 785/92.

Stadsbyggnadskontoret. Göteborg

Lamnevik, Stefan – Palme, Erik (1997) *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Samrådshandling*. DNR 785/92. Stadsbyggnadskontoret.

Göteborg

*Landtransport av farligt gods* (2002). Broschyr. Statens räddningsverk.

Nystedt, Fredrik (2003) *Utredning av säkerhetsåtgärder i detaljplan*. Rapport 01379, Öresund Safety Advisers AB.

Ranesköld, Mirja (1999) *Farligtgodstransporter i Kalmar, en duell mellan risk & säkerhet*.

Examensarbete. Programmet för fysisk planering. Högskolan Karlskrona/Ronneby.

Karlskrona.

*RIB, Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor* (2004). Statens räddningsverk

*Riskhänsyn vid ny bebyggelse, Rapport 2000:01* (2000). Räddnings- och

säkerhetsavdelningen, Länsstyrelsen i Stockholms län. Stockholm

Rydqvist, Anette – Thomasson, Anita (2003) *Områdesfakta 2003*. Mark- och

planeringsenheten, kommunledningskontoret, Kalmar kommun. Kalmar

SFS 1971:948 *Väglagen*

SFS 1982:821 *Lag om transport av farligt gods*.

SFS 1987:10 *Plan och bygglagen*

SFS 1998:1276 *Trafikförordningen*

SFS 2003:778 *Lag om skydd mot olyckor*

*SRVFS 2002:1, Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (ADR-S)* (2001). Statens räddningsverk.

*Stadsbyggande och farligt gods* (2004). Dialog pm 2004:2. Malmö stadsbyggnadskontor. Malmö.

*Upplevd risk, Skrift Nr.3* (1993). Riskkollegiets skriftserie. Gotab 93989. Stockholm

Utdrag ur *Statistisk årsbok för Kalmar kommun 2002*. Kalmar kommun. Kalmar

*Vägar och gators utformning - korsningar, VGU, Publikation 2004:80* (2004). Vägverket. Borlänge.

*Vägutformningens betydelse vid olyckor med farligt gods, Publikation 1997:87* (1997). Vägverket. Borlänge.

*Vägverkets underlagsmaterial för tillämpning av PBL och NRL, Publikation nr. 1997:10* (1997). Vägverket.

### **Artikel**

Purdy, Grant (1993). ”Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail”. *Journal of Hazardous Materials*. 1993. Sidorna 229-259

### **Muntliga källor**

Algotsson, Alf-Gunnar. Lantmännen AB, Kalmar	040928
Bild, Bengt. Ekonomichef. dinX, Kalmar	041005
Carlswärd, Björn. Planingenjör. Samhällsbyggnadskontoret, Kalmar	040910
Fors, Mikael. Preem, Stockholm	041025
Johansson, Viveca. Konsult. Enviro Planning AB, Göteborg	041214
Larsson, Björn. Reci Industri AB, Kalmar	041013
Lindgren, Paul. Statoil, Kalmar	041025
Lövgren, Patrik. SAS Kalmar flygplats, Kalmar	041005
Nordheim, Karl-Johan. Hamnchef. Tjärhovet, Kalmar	040927
Olsson, Lars. Föreståndare. Preem, Törnebyvägen, Kalmar	041005
Sjögren, Lars-Olof. Kommunen, Kalmar	041025
Sunesson, Kalle. Föreståndare. Hydro, Strömsbergsvägen, Kalmar	041005
Uddhammar, Peter. Chaufför. Air BP, Göteborg	041008

Wasting, Marlene. Förebyggande avd, Räddningstjänsten, Stockholm 041208  
Zetterström, Bo. Statens räddningsverk 041208

### **Internet**

Eniros hemsida: <http://www.eniro.se> 041220  
Kalmar kommuns hemsida  
<http://www.kalmar.se/templates/Page.aspx?id=4705> 050103

### **Mail**

Boman, Lars. Scan KLS, Kalmar 041006  
Danesten, Carina. Produktionsledare. Ragnsells AB, Oskarshamn 041013  
Eriksson, Susanne. Mark och planeringskontoret, Kalmar 041028  
Ferm, Lars. FH Tankstorage, Kalmar 041013  
Flarup, Markus. *Statistiskt material över vindriktningar och vindhastigheter  
Kalmar Flygplats perioden 960201-040930*, SMHI 041109  
Persson, Lars. Brandingenjör. Kalmar Brandkår, Kalmar 041019

# Bilagor



## Bilaga 1. Beräkning av antalet transporter med farligt gods

### 1.1 Oljehamnen Tjärhovet

Nedanstående angivna mängder är de som kommer in med båt till Tjärhovet och som transporteras vidare med lastbilstransporter. Siffrorna gäller för 2003.

Ämne	Mängd ton/år
Bensin	77 000
Mellandestillat	160 000
Bitumen	17 000
Kemikalier	16 000
<b>Summa</b>	<b>270 000</b>

Tabell 17 Mängder transporterade från Tjärhovet 2003 (Nordheim, 2004)

Hamnens ambition är att hantera 300 000 ton varje år. Baserat på denna ambition från verksamhetens sida har i analysen antagits en total transporterad mängd på 300 000 ton/år. Ungefär samma procentuella fördelning av ämnen antas som under 2003 vilket leder till mängderna redovisade nedan.

Ämne	Mängd ton/år
Bensin	87 000
Mellandestillat	177 000
Bitumen	21 000
Kemikalier	15 000
<b>Summa</b>	<b>300 000</b>

Tabell 18 Antagna mängder i analysen

Lantmännen Kalmar AB bedriver verksamhet på Tjärhovet och får in gods via båtar vilket finns inräknat i ovanstående mängder. De mottar och distribuerar vidare 5000 ton ammoniumnitrat/år. Dessa mängder är kategoriserat inom kemikalier i tabellen ovan och redovisas mer ingående senare i kapitlet.

Densiteterna nedan har antagits för att omvandla mängderna från ton/år till m<sup>3</sup>/år. Uppgifterna är dels hämtade från Statens räddningsverks integrerade beslutstöd för skydd mot olyckor,

RIB, dels antagna beroende på varierande ämnen i kategorin samt otvetydiga källuppgifter. Antagna densiteter har utförts med ett konservativt tankesätt.

Ämne	Densitet ton/m <sup>3</sup>
Bensin	0,7 (RIB)
Mellandestillat	0,83 (RIB)
Bitumen	0,8 (Antaget)
Kemikalier	0,8(Antaget)

**Tabell 19 Antagna densiteter**

Beräknade volymer redovisas nedan.

Ämne	Volym m <sup>3</sup> /år
Bensin	124 286
Mellandestillat	213 253
Bitumen	26 250
Kemikalier	12 500

**Tabell 20 Totala volymer/år**

Ovanstående ämne delas in i respektive ADR-S klass vilket ger totala volymer enligt nedan.

ADR Klass	Volym m <sup>3</sup> /år
3	363 789
6	12 500

**Tabell 21 Totala volymer per ADR-S klass och år**



## 1.2 Övriga verksamheter Tjärhovet

Övriga verksamheter på Tjärhovet samt vilka ämnen och mängder de transporterar på Södra vägen redovisas nedan.

Verksamhet	Klass enligt ADR-S	Mängd ton/år
Reci Industrier AB ( <i>Larsson, 2004</i> )	3	26 000
FH Tankstorage ( <i>Ferm, 2004</i> )	3	10 000
	9	250
Rangsells AB ( <i>Danesten, 2004</i> )	3	1 400
Kalmar Lantmän ( <i>Algotsson, 2004</i> )	5	5 000

Tabell 22 Ämnen och mängder för övriga verksamheter på Tjärhovet.

Antagna densiteter för att beräkna volymer/år redovisas nedan.

Klass	Densitet ton/m <sup>3</sup>
3	0,75
5	0,8
9	0,9

Tabell 23 Antagna densiteter

Densiteten för klass 3 har valts beroende på att denna ligger mellan bensin och diesel. Övriga antagna densiteter har utförts med ett konservativt tankesätt.

Antagna densiteter leder till totala transporterade volymer enligt nedan.

ADR Klass	Volym m <sup>3</sup> /år
3	49 867
5	6 250
9	313

Tabell 24 Totala volymer per ADR-S klass och år

### 1.3 Verksamheter längs Södra vägen

Verksamheter längs Södra vägen samt vilka ämnen och mängder som transporteras till dessa redovisas nedan. Samtliga redovisade mängder har uppgetts av verksamheterna utom för bensinstationen Jet där ingen information har kunnat uppbringas. Ett värde har antagits för denna station.

Verksamhet	Ämne	Mängd
Kalmar flygplats (Lövgren, 2004)	Jet A1	3 000 m <sup>3</sup> /år
Preem (Olsson, 2004)	Bensin	1 100 m <sup>3</sup> /år
	Diesel	600 m <sup>3</sup> /år
	Etanol	125 m <sup>3</sup> /år
Hydro (Sunesson, 2004)	Bensin	600 m <sup>3</sup> /år
Jet (Antaget värde)	Bensin	1 100 m <sup>3</sup> /år
dinX (Bild, 2004)	Bensin	1 100 m <sup>3</sup> /år
Scan KLS (Boman, 2004)	Gasol	40 transporter/år
	Koldioxid	87 transporter/år
	Ammoniak	4 transporter/år
	Syre	43 transporter/år

Tabell 25 Ämnen och mängder för verksamheter längs Södra vägen.

Antagen densitet för att beräkna volymer/år redovisas nedan i tabellen nedan.

Klass	Densitet ton/m <sup>3</sup>
3	0,75

Tabell 26 Antagen densitet

Densiteten för klass 3 har valt beroende på att denna ligger mellan bensin och diesel.

Antagna densiteter leder till totala transporterade volymer enligt nedanstående tabell.

ADR Klass	Volym m <sup>3</sup> /år
3	7 625
2	
- Brännbara	83 transporter/år
- Giftiga	91 transporter/år

Tabell 27 Totala volymer per ADR klass och år

## 1.4 Sammanställning

Tabellen nedan redovisar en sammanställning av de totala mängder, fördelat på respektive ADR-S klass, som transporteras på Södra vägen varje år.

Klass	Volym
2. Kondenserade gaser	
- Brännbara	83 transporter/år
- Giftiga	91 transporter/år
3. Brandfarlig vätska	421 281 m <sup>3</sup> /år
5. Oxiderande ämnen	6 250 m <sup>3</sup> /år
6. Giftiga ämnen	12 500 m <sup>3</sup> /år
9. Övriga ämnen	313 m <sup>3</sup> /år

Tabell 28 Sammanställning av totala mängder transporterade på Södra vägen varje år

För att kunna beräkna antalet transporter med farligt gods som trafikerar Södra vägen måste vissa antaganden göras. En tankbil med släp rymmer maximalt cirka 50 m<sup>3</sup>, 15 m<sup>3</sup> i dragbilen och 35 m<sup>3</sup> i släpet (*Fors, 2004*).

Av de totala transporterna utgör 95 % tankbilar utrustade med släp, 5 % transporteras endast med dragbil (*Lindgren, 2004*). I de fortsatta beräkningarna antas att 90 % transporteras med släp och 10 % transporteras endast med dragbil. Detta är ett konservativt antagande då mindre volym per transport resulterar i ett större antal transporter. Vidare antas att leden trafikeras 365 dagar om året, 24 timmar om dygnet (*Nordheim, 2004*).

Med ovanstående antaganden har antalet transporter ur respektive klass som trafikerar Södra vägen beräknats. Både antal transporter per år samt antal transporter per dygn redovisas.

Klass	Antal Transporter/år	Antal Transporter/dygn
2. Kondenserade gaser	174	0,48
3. Brandfarlig vätska	10 392	28,47
5. Oxiderande ämnen	155	0,42
6. Giftiga ämnen	308	0,84
9. Övriga ämnen	8	0,02
<b>Totalt</b>	<b>11 037</b>	<b>30,2</b>

Tabell 29 Totalt antal transporter per år och dygn

I medeltal trafikeras alltså farligtgodsleden av cirka 30 fordon med farligt gods varje dygn. I den fortsatta analysen antas att 30 fordon med farligt gods trafikerar varje delsträcka per dygn.

## Bilaga 2. Beräkning av förväntat antal olyckor med farligt gods

I denna analys har det förväntade antalet olyckor beräknats enligt Statens räddningsverks handbok "Farligt gods riskbedömning vid transport" som baseras på Väg- och trafikinstitutets rapportserie 387:1-6.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor/år beräknas enligt metoden med nedanstående formel:

$$O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

där

**O = Antalet trafikolyckor på aktuell vägsträcka.**

**Y = Andelen singelolyckor.**

**X = Andelen fordon skyltade som farligt gods.**

Olycka med farligt gods definieras i beräkningsmetoden som en olycka där det farliga ämnet kommer ut i omgivningen.

Trafikbelastningen som används i beräkningsmodellen på respektive delsträcka bygger på uppgifter från Kalmar kommun (*Sjögren, 2004*).

Antal olyckor med farligt gods beräknas genom att multiplicera det ovan uträknad antalet fordon med farligt gods i trafikolyckor med ett farligtgoodsindex . Detta index varierar beroende på hastighetsbegränsningen, vägtypen, med mera på den aktuella vägsträckan.

	Delsträcka 1	Delsträcka 2	Delsträcka 3	Delsträcka 4	Delsträcka 5
Miljö	Tätort	Tätort	Tätort	Tätort	Tätort
Vägartyp	Trafikled	Trafikled	Gata/väg	Gata/väg	Gata/väg
Hastighet, km/h	70	70	50	50	50
Längd, km (a)	1	1	1	1	1
ADT (b)	13 500	12 000	10 000	9000	5700
Trafikarbete ( $c=a \cdot b \cdot 365 \cdot 10^{-6}$ )	4,9275	4,38	3,65	3,285	2,0805
Antal olyckor (o) (beräknat)	3,942	3,504	4,38	3,942	2,4966
Olyckskvot (o/c)	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2
Andel singelolyckor (Y) (tabellvärde)	0,25	0,25	0,1	0,1	0,1
Index för FG-olycka (i) (tabellvärde)	0,11	0,11	0,03	0,03	0,03
Antal fordon med FG/dygn (d)	30	30	30	30	30
Andel fordon med FG ( $X=d/b$ )	0,0022	0,0025	0,0030	0,0033	0,0053
Antal fordon med FG i trafikolycka (E) (Beräkningsmodellen)	0,015315	0,015314	0,024931	0,024927	0,024904
Förväntat antal olyckor med FG/år (E·i)	0,001685	0,001684	0,000748	0,000748	0,000747
Förväntat antal år mellan varje olycka med FG	594	594	1337	1337	1338

Tabell 30 Beräkning av det förväntade antalet olyckor med farligt gods på respektive delsträcka

## Bilaga 3. Sammanställning av väderstatistik

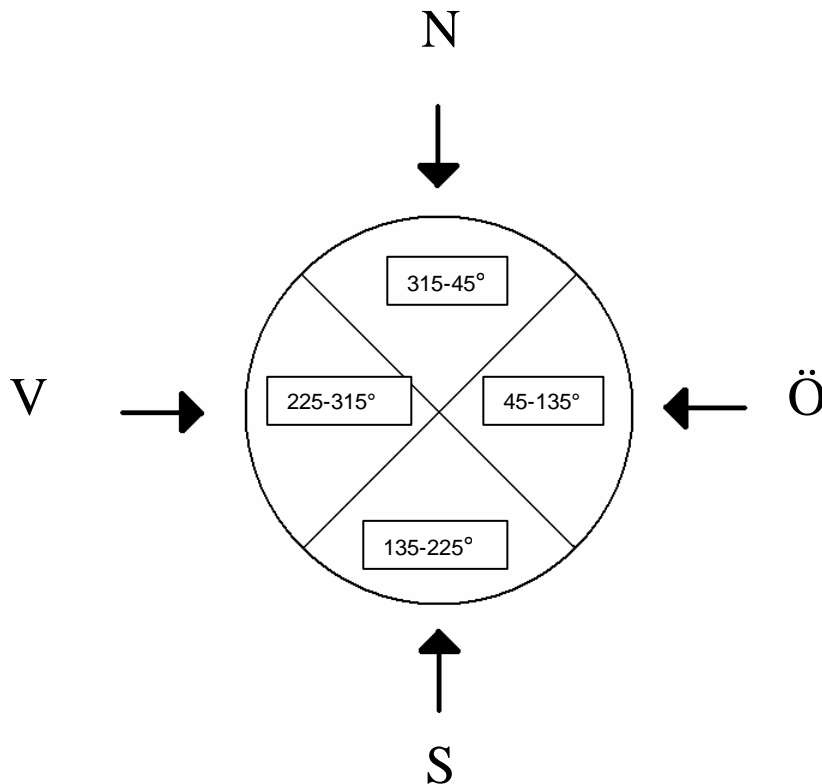
### 3.1 Vindriktning

Nedan redovisad statistik över vindriktningar och vindhastigheter är uppmätta av SMHI och är uppmätta på flygplatsen i Kalmar från februari 1996 till september 2004 (SMHI, 2004). Under denna tidsperiod utfördes 8 observationer/dygn och materialet består av över 25 000 observationer.

Materialet anger vindriktningen i grader mellan 0-360 beroende på varifrån det blåser. 360 grader representerar nordliga vindar, 90 grader östliga vindar osv. Samtliga mätvärden har delats in under någon av de 4 vindriktningar som antas. Följande förenklingar är gjorda:

Grader	Vindriktning
315-45	Nord
45-135	Öst
135-225	Syd
225-315	Väst

Ovanstående förenklingar presenteras tydligare i nedanstående figur.



Nedanstående diagram visar fördelningen över samtliga mätningar i det statistiska materialet. Vid 0 m/s i vindhastighet har ingen vindriktning kunnat uppmätas. ”Ingen mätning möjlig” betyder att vinden har skiftat för mycket för att en enhetlig vindriktning har kunnat noteras

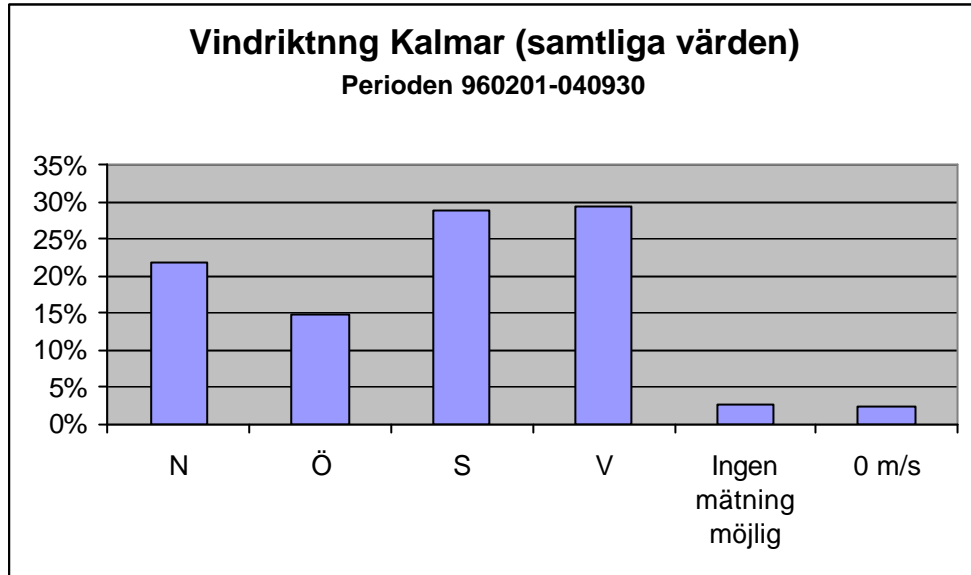


Diagram 17 Procentuell fördelning över samtliga mätvärden över vindriktningen i Kalmar (SMHI, 2004)

Nedanstående diagram presenterar fördelningen över vindriktningarna när mätning varit möjlig.

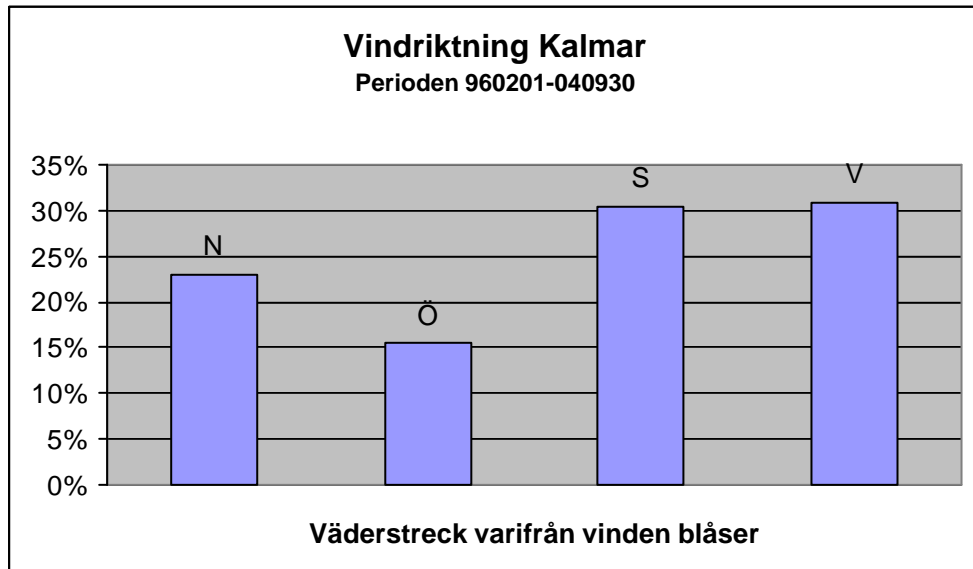


Diagram 18 Procentuell fördelning över vindriktning i Kalmar (SMHI, 2004)



De dominerande vindriktningarna i Kalmar är sydlig och västlig vind. Hänsyn till den procentuella fördelningen av vindriktningarna kommer att tas längre fram i analysen då den totala samhällsrisken för Södra vägen beräknas.

### 3.2 Vindhastighet

Även i detta statistiska material finns värden där en enhetlig hastighet ej har kunnat uppmätas vid varje enskilt mätillfälle på grund av skiftningar i vindhastigheten. Denna andel är dock försumbar. Det förekommer även mätvärden där vindhastigheter har mätts till över 12 m/s. Detta antal är dock så få att de inte överstiger 0,1 % varvid de ej redovisas i nedanstående diagram.

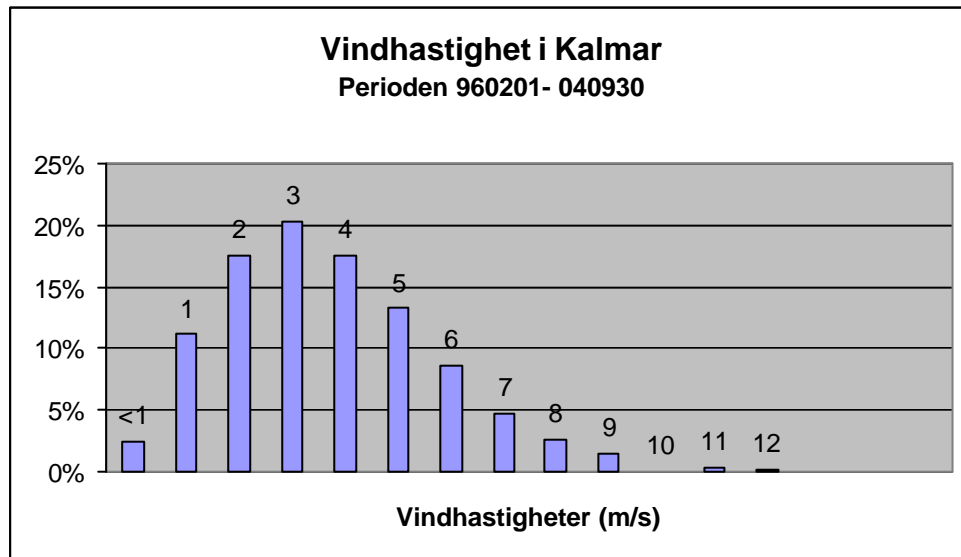


Diagram 19 Procentuell fördelning över vindhastigheter i Kalmar (SMHI, 2004)

Den dominerande vindhastigheten i Kalmar är mellan 2-4 m/s. Detta tas hänsyn till vid sammanställningen av stabilitetsklasserna där vindhastigheten är en avgörande parameter.

### 3.3 Solinstrålning

Uppgifter redovisade nedan bygger på antalet registrerade dagar med nederbörd i Kalmar mellan 1961-2001 (*Statistisk årsbok för Kalmar, 2002*). Här redovisas antalet nederbördsdagar/år för åren 1961-2001. Nederbördsdag definieras som en dag då mer än 0,1 mm nederbörd föll.

Genom att summera antalet nederbördsdagar för hela tidsperioden samt dividera med antalet år beräknades ett medel på antal dagar som det regnar mer än 0,1 mm i Kalmar. Denna siffra beräknades till 155 dagar/år. Vidare antas att vädret dessa dagar är molnigt.

Antalet dagar på ett år uppgår till 365 varvid  $365 - 155 = 210$  dagar/år inte är molniga.

Eftersom ingen statistik kunnat uppbringas hur vädret ser ut dessa resterande 210 dagar antas följande:

Lätt molnighet 105 dagar/år.

Starkt solsken 105 dagar/år.

Ovanstående resonemang resulterar i nedanstående procentuella fördelning av vädret i Kalmar.

Väderlek	%
Molnigt	42,4
Lätt molnighet	28,8
Stark sol	28,8

**Tabell 31** Procentuell fördelning över solinstrålning i Kalmar (*Statistik årsbok för Kalmar, 2002*)

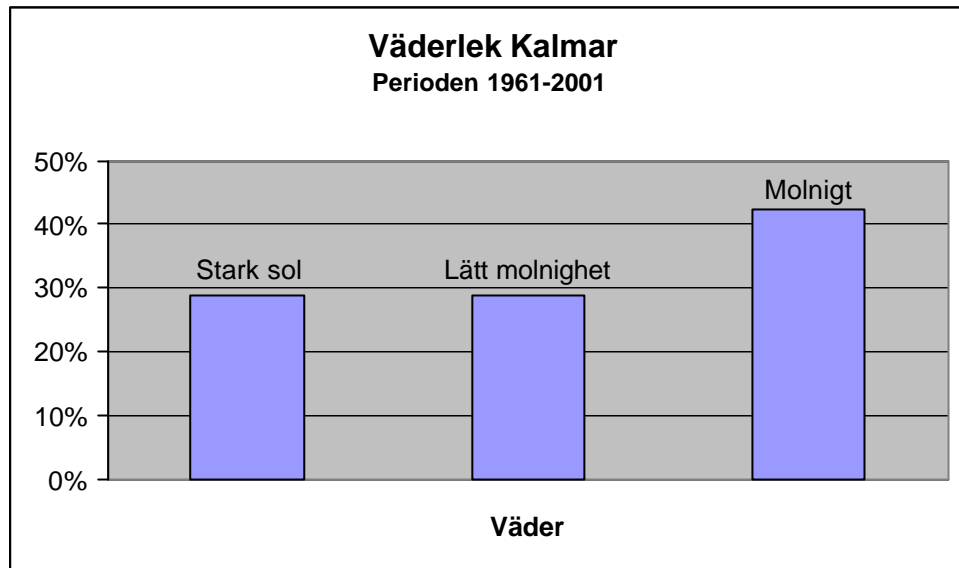


Diagram 20 Procentuell fördelning över solinstrålning i Kalmar (*Statistik årsbok för Kalmar, 2002*)

Fördelningen av hur mycket solen skiner tas hänsyn till vid sammanställningen av stabilitetsklasserna där solinstrålningen är en avgörande parameter

### 3.4 Stabilitetsklasser

Vid spridningsberäkningar av utsläpp är atmosfärens stabilitet en viktig parameter. Som nämnts ovan inverkar vindhastigheten på vilken stabilitetsklass som atmosfären får, men också mängden solinstrålning har betydelse (*Fischer m.fl, 1998*).

Det finns många olika sätt att klassificera atmosfärens stabilitet. Den metod som ligger till grund för sammanställningen i diagram nedan baseras på Pasquills stabilitetsklasser (*Fischer m.fl, 1998*). Klasserna definieras enligt följande:

- A Extremt instabil
- B Måttligt instabil
- C Svagt instabil
- D Neutral
- E Svagt stabil

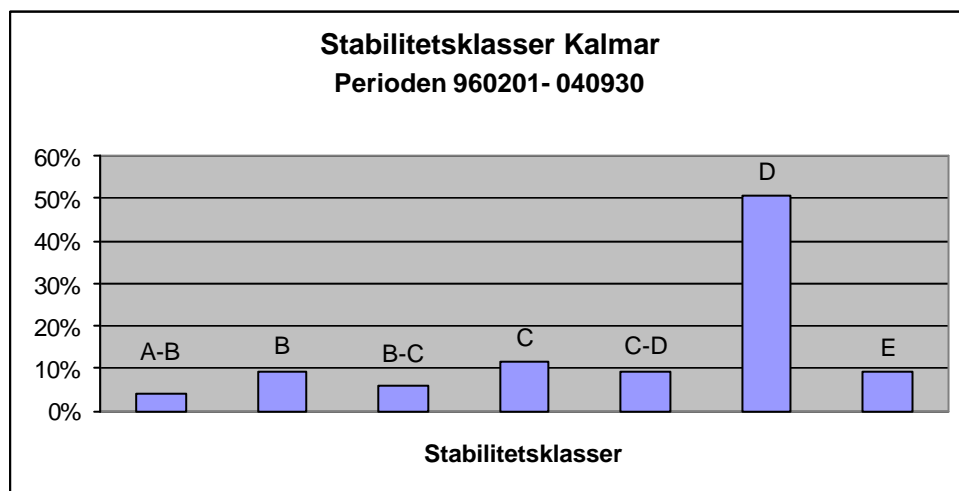
De vädertyper som tidigare identifierats har i den fortsatta analysen antagits motsvara följande värden i tabell 8.7 i skriften *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor (Fischer mfl, 1998)*.

**Solinstrålning i Kalmar**

**Tab 8.7 (Fischer mfl, 1998).**

Stark sol	Måttlig solinstrålning
Lätt molnighet	Svag solinstrålning
Molnigt	Tunna moln

Med hjälp av detta antagande om den procentuella fördelningen av solinstrålningen samt fördelningen över vindhastigheterna har tabell 8.7 använts för att beräkna den procentuella fördelningen av förekommande stabilitetsklasser i Kalmar.



**Diagram 21 Procentuell fördelning av stabilitetsklasser i Kalmar**

Den klart dominerande stabilitetsklassen i Kalmar är klass D. Detta tas hänsyn till vid spridningsberäkningarna längre fram i analysen då stabilitetsklass D har antagits i samtliga beräkningar.

## Bilaga 4. Beräkning av riskavstånd

### 4.1 Brännbar kondenserad gas

#### 4.1.1 Jetflamma

Nedan redovisas hur riskavstånden för en uppkommen jetflamma med gasol har beräknats.

Källstyrkan beräknas enligt

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\rho_f}}$$

där

Q = Massflöde (kg/s)

C<sub>d</sub> = Kontraktionsfaktor

A = Tvärsnittsarea hos hål (m<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub> = Tanktryck i nivå med hålet (Pa)

P<sub>a</sub> = Atmosfärstryck (Pa) 101325 Pa

ρ<sub>f</sub> = Specifik volym (m<sup>3</sup>/kg) 1/508 m<sup>3</sup>/kg

Flammans längd beräknas enligt

$$L_{f, \text{gasol}} = 9,1 \cdot Q^{1/2}$$

Flammans diameter beräknas enligt

$$d_{f, \text{gasol}} = 0,15 \cdot L_{f, \text{gasol}}$$

Hålstorlek	Diameter (m)	A (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kPa)	Q (kg/s)	L <sub>f, gasol</sub> (m)	d <sub>f, gasol</sub> (m)
Stort	0,1	0,008	800	90,4	87	13
Medel	0,05	0,002	800	22,6	43	6
Litet	0,01	0,00008	800	0,9	9	1

Tabell 32 Beräknat massflöde, flamlängder och diametrar på flamma.

Strålningen från jetflamma tas fram genom att beräkna strålningen från en pölbrand med bensin 1 meter i diameter vilken, enligt *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* blir: 97,8 kW/m<sup>2</sup>. Strålningen från jetflamma uppgår till dubbla detta strålningsvärde.

$$P_s = 2 \cdot 97,8 \text{ kW/m}^2 \sim 196 \text{ kW/m}^2$$

Flamtemperaturen från jetflamman kan lösas ut ur följande formel:

$$P_s = \sigma \cdot T^4$$

där

$P_s$  = Strålning från en svart kropp (W/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Stefan-Boltzmanns konstant =  $5,67 \cdot 10^{-8}$  (W /m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>)

T = Flamtemperatur (K)

Flamtemperaturen beräknas till cirka 1360 K

Strålningsnivån från flammen minskar med avståndet. Detta har att göra med att den utsända strålningen delvis absorberas av luften. Den atmosfäriska transmissionsförmågan beräknas enligt

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c$$

där

$\tau_a$  = Transmissionsförmåga (-)

$\alpha_w$  = Absorptionsfaktor vattenånga (-)

$\alpha_c$  = Absorptionsfaktor koldioxid (-)

Vinkelkoefficienten ( $F_{\max}$ ) definieras som andelen strålning från en yta som träffar en annan yta. Detta är en geometrisk faktor som kan beräknas för alla typer av ytor och som också påverkar hur stor strålningen blir mot en punkt på ett visst avstånd från flammen. Både transmissionsförmåga samt vinkelkoefficient beräknas med hjälp av diagram från avsnitt 11.1.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* vid flamtemperaturen

1360 K. 20° Celsius och 50 % relativ fuktighet antas vilket ger ett partialtryck för vattenånga ( $p_w$ ) på 1170 Pa.

Värmestrålningen på olika avstånd beräknas enligt

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

där

$P_{12}$  = Infallande strålning från flamma till punkt ( $W/m^2$ )

$P_s$  = Strålning från flammen ( $W/m^2$ )

$\tau_a$  = Transmissionsförmåga (-)

$F_{12}$  = Vinkelkoefficient för flamma till punkt (-)

Tiden som en individ utsätts för strålning har även den stor del i hur stor skada som individen åsamkas. För beräkningarna antas en exponeringstid på  $t = 10$  sekunder innan personen hinner förflytta sig undan strålningen.

Tabellen nedan sammanfattar resultaten av beräkningarna.

Avstånd från flammen (m)	$\tau_a$ (-)	$F_{max}$ (-)	$P_{12}$ ( $kW/m^2$ )	$t \cdot P_{12}^{4/3}$	% 2:a gradens brännskador
2	0,94	0,95	173	$9,6 \cdot 10^7$	100
3	0,93	0,62	111	$5,3 \cdot 10^7$	100
5	0,91	0,38	67	$2,7 \cdot 10^7$	100
10	0,86	0,20	33,4	$1,1 \cdot 10^7$	75
20	0,83	0,06	9,67	$2,0 \cdot 10^6$	0

**Tabell 33 Resultat av beräkningar riskavstånd för jetflamma**

Resultatet visar att mellan 10 och 20 meters avstånd kommer ingen individ att drabbas av 2:a gradens brännskador. Kriteriet måste vara att ingen människa skall utsättas för strålningsnivåer så att de riskerar 2:a gradens brännskador varvid avståndet 20 meter väljs. Detta avstånd läggs till de beräknade flamlängderna varvid de totala riskavstånden blir enligt nedan.

Hålstorlek	Diameter (m)	A (m <sup>2</sup> )	L <sub>f, gasol</sub>	Avstånd för att undvika strålning (m)	Totalt riskavstånd (m)
Stort	0,1	0,008	87	20	107
Medel	0,05	0,002	43	20	63
Litet	0,01	0,00008	29	20	29

Tabell 34 Sammanställning av beräknade riskavstånd för jetflamma

#### 4.1.2 Fördröjd antändning

Nedan redovisas hur riskavstånden för fördröjd antändning av gasol har beräknats.

Källstyrkan beräknas enligt

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_o - P_a)}{\rho_f}}$$

där

Q = Massflöde (kg/s)

C<sub>d</sub> = Kontraktionsfaktor

A = Tvärsnittsarea hos hål (m<sup>2</sup>)

P<sub>0</sub> = Tanktryck i nivå med hålet (Pa)

P<sub>a</sub> = Atmosfärstryck (Pa) 101325 Pa

ρ<sub>f</sub> = Specifik volym (m<sup>3</sup>/kg) 1/508 m<sup>3</sup>/kg

Rörelsemängden i jetstrålen beräknas enligt

$$F = (Q^2 \rho_f) / (C_d A)$$



Hålstorlek	Diameter (m)	A (m <sup>2</sup> )	P <sub>0</sub> (kPa)	Q (kg/s)	F (N)
Stort	0,1	0,008	800	90,4	3351
Medel	0,05	0,002	800	22,6	838
Litet	0,01	0,00008	800	0,9	33

**Tabell 35** Massflöde och rörelsemängd för respektive utsläpp

Kriteriet för kritisk strömning kontrolleras enligt

$$P_0 \geq \left( \frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \cdot P_a = 1,83 P_a$$

där

P<sub>0</sub> = Tanktryck i nivå med hålet (Pa)

γ = Poissons kvot = c<sub>p</sub>/c<sub>v</sub> (-)

P<sub>a</sub> = Atmosfärstryck (Pa) 101325 Pa

Utsläppet uppfyller kravet för kritisk strömning.

Beräkningarna fortskrider enligt modellen för turbulent jet. Detta beroende på att denna modell rekommenderas för utsläpp av brandfarliga substanser med en hög hastighet. I de fortsatta beräkningarna antas en fri cirkulär jet i stagnant medium.

Avståndet till brännbar koncentration av gasolen beräknas enligt

$$x_2 = \frac{5.95Q}{\sqrt{r_a F}} \cdot \frac{1}{Y_2}$$

där

x<sub>2</sub> = Avstånd till nedre brännbarhetsgräns (m)

Q = Massflöde från källan (kg/s)

r<sub>a</sub> = densitet omgivande luft (kg/m<sup>3</sup>)

F = Dragkraft = rörelsemängdsflöde (N)

Y<sub>2</sub> = Nedre brännbarhetsgräns (kg/kg)

Nedre brännbarhetsgräns för gasol är 2,1 vol %. Eftersom enheten i ovanstående formel är kg/kg måste volym % omvandlas enligt

$$Y_2 = 0,021 \cdot M_{\text{gasol}}/M_{\text{luft}}$$

där

$M_{\text{gasol}}$  = Molekylvikt för gasol = 44 (g/mol)

$M_{\text{luft}}$  = Molekylvikt för luft = 29 (g/mol)

Avståndet till nedre brännbarhetsgräns blir enligt ovanstående modell

Hålstorlek	Diameter (m)	$x_2$ (m)
Stort	0,1	257
Medel	0,05	128
Litet	0,01	26

Tabell 36 Avstånd till nedre brännbarhetsgräns för respektive utsläpp.

#### 4.1.3 BLEVE

Nedan redovisas hur riskavstånden för BLEVE har beräknats. Beräkningarna grundas på att ett tankbilssläp innehållande cirka 30 m<sup>3</sup>, vilket innebär en total massa av cirka 14 ton gasol, värms upp och exploderar.

Diametern på eldklotet beräknas enligt

$$D = 6,5 \cdot M^{1/3}$$

där

D = Eldklotsdiameter (m)

M = Bränslemassa (kg)

Eldklotets varaktighet beräknas enligt

$$t = 0,85 \cdot M^{0,26}$$

Eldklotets diameter beräknas till cirka 157 meter och varaktigheten till cirka 10 sekunder.

Strålningen från en BLEVE tas fram genom att beräkna strålningen från en pölbrand med bensin 1 meter i diameter vilken, enligt *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* blir: 97,8 kW/m<sup>2</sup>. Strålningen från BLEVE uppgår till dubbla detta strålningsvärde.

$$P_s = 2 \cdot 97,8 \text{ kW/m}^2 \sim 196 \text{ kW/m}^2$$

Flamtemperaturen på BLEVE kan lösas ut ur följande formel:

$$P_s = \sigma \cdot T^4$$

där

$P_s$  = Strålning från en svart kropp (W/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Stefan-Boltzmanns konstant =  $5,67 \cdot 10^{-8}$  (W /m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>)

T = Flamtemperatur (K)

Flamtemperaturen beräknas till cirka 1360 K

Strålningsnivån från flamman minskar med avståndet. Detta har att göra med att den utsända strålningen delvis absorberas av luften. Den atmosfäriska transmissionsförmågan beräknas enligt

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c$$

där

$\tau_a$  = Transmissionsförmåga (-)

$\alpha_w$  = Absorptionsfaktor vattenånga (-)

$\alpha_c$  = Absorptionsfaktor koldioxid (-)

Vinkelkoefficienten ( $F_{\max}$ ) definieras som andelen strålning från en yta som träffar en annan yta. Detta är en geometrisk faktor som kan beräknas för alla typer av ytor och som också påverkar hur stor strålningen blir mot en punkt på ett visst avstånd från flamman. Både transmissionsförmåga samt vinkelkoefficient beräknas med hjälp av diagram från avsnitt 11.1.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* vid flamtemperaturen

1360 K. 20° Celsius och 50 % relativ fuktighet antas vilket ger ett partialtryck för vattenånga ( $p_w$ ) på 1170 Pa.

Värmestrålningen på olika avstånd beräknas enligt

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

där

$P_{12}$  = Infallande strålning från flamma till punkt ( $W/m^2$ )

$P_s$  = Strålning från flammen ( $W/m^2$ )

$\tau_a$  = Transmissionsförmåga (-)

$F_{12}$  = Vinkelkoefficient för flamma till punkt (-)

Tiden som en individ utsätts för strålning har även den stor del i hur stor skada som individen åsamkas. För beräkningarna antas en exponeringstid på  $t = 10$  sekunder eftersom eldklotet varaktighet beräknats till denna tid.

Tabellen nedan sammanfattar resultaten av beräkningarna.

Avstånd från flammen (m)	$\tau_a$ (-)	$F_{max}$ (-)	$P_{12}$ ( $kW/m^2$ )	$t \cdot P_{12}^{4/3}$	% 2:a gradens brännskador
50	0,775	1,0	151,9	$8,1 \cdot 10^7$	100
100	0,725	0,49	69,6	$2,9 \cdot 10^7$	100
150	0,700	0,25	69,6	$1,1 \cdot 10^7$	75
200	0,670	0,15	34,3	$5,3 \cdot 10^6$	10
250	0,640	0,1	12,5	$2,9 \cdot 10^6$	0

Tabell 37 Resultat av beräkningar riskavstånd för BLEVE

Resultatet visar att mellan 200 och 250 meters avstånd kommer ingen individ att drabbas av 2:a gradens brännskador. Kriteriet måste vara att ingen människa skall utsättas för strålningsnivåer så att de riskerar 2:a gradens brännskador varvid avståndet 250 meter väljs.

#### **4.1.4 Beräkningar i GASOL**

För att verifiera handberäkningar har även beräkningar genomförts i datorprogrammet GASOL. GASOL är ett datorprogram som ingår i Räddningsverkets Informationsbank, RIB. Programmet simulerar olika scenarier med utsläpp av gasol från tankar och rör och beskriver koncentrationer och spridning i luft.

I största möjligaste utsträckning har samma antaganden använts i datasimuleringarna som i handberäkningarna. Indata och resultat från GASOL redovisas nedan.

### **Stort utsläpp**

#### UTDATA FRÅN GASOL

##### INDATA

##### LAGRING:

Lagringstemperatur : 10,0 °C

Kondensationstryck : 5,35 bar

Lagringstryck : 8,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

##### TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,8 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

##### HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 100 mm

Hålets area : 0,00785 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 217 s

#### OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Utsläppets varaktighet ändras till 217,32 s

eftersom massan i tanken endast är 15131,30 kg

#### VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 10°C med en relativ luftfuktighet på 50 %

Det blåste 5 m/s på 2 m höjd

Dag, enstaka moln.

#### UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 75,9 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	97,9 m
2:a gradens brännskador	<b>110,9 m</b>
1:a första gradens brännskador	144,9 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	43,0 m
2:a gradens brännskador	59,0 m
1:a första gradens brännskador	96,0 m

Vid fördröjd antändning har visuell avläsning ur grafiken över plymen gjorts direkt i programmet. Vid ett stort utsläpp uppnås den undre brännbarhetsgränsen som längst cirka **250 meter** från utsläppspunkten.

## Medel utsläpp

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 10,0 °C

Kondensationstryck : 5,35 bar

Lagringstryck : 8,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,8 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 50 mm

Hålets area : 0,00196 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 217 s

#### OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 15131,30 kg gasol  
men utsläppt massa blir 3782,82 kg  
eftersom utsläppet varar 217,32 s

#### VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 10 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 5 m/s på 2 m höjd

Dag, enstaka moln.

#### UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 38,0 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 49,0 m

2:a gradens brännskador **56,0 m**

1:a första gradens brännskador 73,0 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 22,0 m

2:a gradens brännskador 30,0 m

1:a första gradens brännskador 48,0 m

Vid fördröjd antändning har visuell avläsning ur grafiken över plymen gjorts direkt i programmet. Vid ett medel utsläpp uppnås den undre brännbarhetsgränsen som längst cirka **130 meter** från utsläppspunkten.



## Litet utsläpp

### UTDATA FRÅN GASOL

#### INDATA

#### LAGRING:

Lagringstemperatur : 10,0 °C

Kondensationstryck : 5,35 bar

Lagringstryck : 8,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

#### TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,8 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

#### HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm

Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 217 s

#### OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 15131,30 kg gasol  
men utsläppt massa blir 151,31 kg  
eftersom utsläppet varar 217,32 s

#### VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 10 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 5 m/s på 2 m's höjd

Dag, enstaka moln.

#### UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma

Jetflammans längd är 7,6 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 10,6 m

2:a gradens brännskador **11,6 m**

1:a första gradens brännskador 14,6 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 5,0 m

2:a gradens brännskador 6,0 m

1:a första gradens brännskador 10,0 m

Vid fördröjd antändning har visuell avläsning ur grafiken över plymen gjorts direkt i programmet. Vid ett litet utsläpp uppnås den undre brännbarhetsgränsen som längst cirka **10 meter** från utsläppspunkten.

## **BLEVE**

UTDATA FRÅN GASOL

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 10,0 °C

Kondensationstryck : 5,35 bar

Lagringstryck : 8,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Cd=

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 2,8 m

Längd : 6,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

TANKDATA:

Tankens vikt tom : 2000 kg

Designtryck : 10 bar

Bristningstryck : 4101324 bar

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 10 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 5 m/s på 2 m höjd

Dag, enstaka moln.

## UTDATA FRÅN BLEVE

Utsläppt massa var 15131,3 kg

BLEVEN's diameter var 147,92 m

BLEVEN varar i 10,1 s

BLEVEN befinner sig 110,94 m över marken.

Avstånd till 3:e gradens brännskador är 135 m

Avstånd till 2:a gradens brännskador är **205 m**

Avstånd till 1:a gradens brännskador är 350 m

Tanken delas i 2 delar.

Dessa flyger 812,9 m

### 4.1.5 Sammanställning riskavstånd brännbara gaser

Nedan redovisas en sammanställning över de beräknade riskavstånden till 2:a gradens brännskador vid olika storlek på utsläppen

Storlek på utsläpp	Skadehändelse	Riskavstånd (m) 2:a gradens brännskador Handberäkningar	Riskavstånd (m) 2:a gradens brännskador Simuleringar GASOL
Stort	Jetflamma	107	<u>111</u>
	Fördröjd antändning	<u>257</u>	250
	BLEVE	<u>250</u>	205
Medel	Jetflamma	<u>63</u>	56
	Fördröjd antändning	128	<u>130</u>
	BLEVE	<u>250</u>	205
Litet	Jetflamma	<u>29</u>	12
	Fördröjd antändning	<u>26</u>	10

Tabell 38 Riskavstånd till 2:a gradens brännskador

Riskavstånden beräknade med handberäkningsmetoder stämmer väl överens med de riskavstånd som simulerats fram med datorprogrammet GASOL. I den fortsatta analysen kommer de längsta riskavstånden av de redovisade i tabellen ovan att användas. Detta för att ge denna parameter en konservativ prägel. De använda riskavstånden är understrukna i ovanstående tabell.

## 4.2 Giftig kondenserad gas

För att beräkna LC<sub>50</sub> värdet för ammoniak används probitfunktionen enligt modell i kapitel 9 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*.

Probitfunktionen beräknas enligt

$$Pr = a + \beta_1 \ln C + \beta_2 \ln t$$

där

Pr = ett mått på toxisk effekt

a,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  = regressionsfaktorer

C = koncentrationen

t = exponeringstiden

Detta samband kan även uttryckas som

$$Pr = a + \beta_2 \ln(C^n t)$$

där

$$n = \beta_1 / \beta_2$$

Probitfunktionen, Pr, sätts till 0 enligt tabell 9.6 i ovanstående källa. Detta innebär att 50 % av de individer som utsätts för ammoniakutsläppet erhåller den skada som probitfunktionen beräknats för.

C löses ut ur ovanstående formel vilket ger

$$C = (e^{-(a/\beta_2)}/t)^n$$

Probitkonstanterna sätts enligt tabell 9.5 till

$$n = 2,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

$$a = -19,7 \text{ för död}$$

och

$$a = -17,6 \text{ för svåra skador och risk för bestående men.}$$

Dessa värden på konstanterna bygger på att individen har en låg fysisk aktivitet vilket medför en minutvolym i lungorna på 15 l/min.

Ovanstående beräkningar resulterar i följande koncentrationer

$C = 4895 \text{ mg/m}^3$  för död

$C = 1713 \text{ mg/m}^3$  för svåra skador och risk för bestående men.

Risikavstånden till ovanstående koncentrationer har beräknats med datorprogrammet Bfk. Bfk är ett datorprogram som ingår i RIB. Programmet är utvecklat av Totalförsvarets Forskningsinstitut och tillhandahåller en beräkningsmodell för exponering av olika kemikalier och simulerar kemolyckor och kemangrepp (C stridsmedel). Programmet kan användas av räddningstjänsten som beslutsstöd vid olyckor.

Bfk tar främst hänsyn till den passiva spridningen där vinden är den dominerande faktorn. Detta är en nackdel som blir särskilt relevant nära utsläppspunkten. Där är nämligen inverkan av den aktiva spridningen som störst. Detta sammantaget kan resultera i att man får för korta avstånd till olika koncentrationer nära källan.

Nedan redovisas indata till simuleringarna i Bfk.

BfK, Kemikalieolycka

Version = 1.40

Egendefinierad kemikalie = Nej

[Kemikalie]

Kemikalie = Ammoniak

Kemikalietyper = BfK-kemikalie

[Läckage]

Läckagetyper = Packningsläcka

Effektiv höjd = 1.000000

Läckagetyper vid avancerad BfK = "Egendefinierat läckage"

[Tank]

Typ av tank = "Mindre behållare"

Typ av tank vid avancerad BfK = "Mindre behållare"

[Omgivning]

Bebyggelse = Bebyggt

Bebyggelse vid avancerad BfK = Bebyggt

Egendefinierad ytråhet (m) = 0.030000

Höjd för ventilation (m) = 5.000000

Luftväxlingar (1/h) = 0.500000

[Väderdata]

Årstid = Höst

Tid på dygnet = Dag

Molnighet = "Enstaka moln"

Klimatzon = Götaland

Vindstyrka (m/s) = 5.000000

Temperatur (C) = 10.000000

Används egendefinierat väder = Nej

[MapInfo]

Vindriktning (grader) = 180.000000

[Egendefinierad kemikalie]

Filnamn = Saknas

[Egendefinierat läckage]

Typ av egendefinierat läckage = Punktering

Rördiameter (m) = 0.010000

Rörlängd (m) = 1.000000

Läckage area (m<sup>2</sup>) = 0.000310 litet, 0.001960 medel, 0.007850 stort

Rörets råhetstal (m) = 0.000100

[Egendefinierat emballage]

Pålagt övertryck (Pa) = 0.000000

Massa (kg) = 1000

Lagringstemperatur (K) = 283.149994

Vätskepelarens höjd ovanför läckage (m) = 1.000000

[Egendefinierat väder]

Solinstrålning (W/m<sup>2</sup>) = 300.000000

Stabilitetsklass (A-F) = D

[Höjd för beräkningar]

Höjd för koncentrationsberäkningar (m) = 1.500000

[Yttre beräkningsgräns]

Typ av yttre beräkningsgräns = "Baserat på avstånd"

Koncentration (ppm eller kg/m<sup>3</sup>) = 1.000000

Avstånd (m) = 100.000000

[Egendefinierad källstyrka]

Används den för tillfället = Nej

Källstyrka (kg/s) = 10.000000

Varaktighet (s) = 3600.000000

[Avancerat format]

Detta dokument har avancerat format = Ja



Vid simuleringar har visuell avläsning ur grafiken över plymen gjorts direkt i programmet. Vid utsläpp av ammoniak enligt ovan beskrivna förutsättningar erhålls riskavstånd enligt nedan.

Storlek på utsläpp	Avstånd (m)	Avstånd (m)
	Risk för bestående men	Död
Stort	<u>450</u>	250
Medel	<u>220</u>	120
Litet	<u>80</u>	45

Tabell 39 Beräknade riskavstånd till risk för bestående men samt till död..

I den fortsatta analysen kommer de längsta riskavstånden av de redovisade i tabellen ovan att användas. Detta för att ge denna parameter en konservativ prägel. Dessa riskavstånd är understrukna i ovanstående tabell.

### 4.3 Brännbara vätskor

Konsekvenserna av ett utsläpp med brandfarlig vätska beror inte så mycket på storleken på hålet som på storleken av den pöl som bildas på marken. Desto större pöl som bildas desto större blir branden och flammornas höjd om pölen antänds. En stor brand genererar vidare en hög strålningsvärme mot människor och byggnader i brandens närområde. Vidare i rapporten antas att olycka med brännbar vätska ger upphov till pölstorlekar enligt tabellen nedan.

Storlek på utsläppet	Diameter på pölen (m)
Stort	20
Medel	10
Litet	5

Tabell 40 Antagen storlek på pölar.

Flamhöjden, antaget att pölen antänds, beräknas enligt nedan

$$h_f = d_p \cdot 42 \left[ \frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right]^{0.61}$$

där

$h_f$  = Flamhöjd (pölbrand) (m)

$d_p$  = Pöldiameter (m)

$b'$  = Förbränningshastighet per ytenhet vid pölbrand ( $\text{kg/m}^2\text{s}$ )

$\rho_a$  = Luftens densitet = 1,29 ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Tyngdaccelerationen = 9,81 ( $\text{m/s}^2$ )

Strålningen per ytenhet från flamman beräknas enligt

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \text{ W/m}^2$$

där

$P$  = Strålning ( $\text{W/m}^2$ )

$b'$  = Förbränningshastighet per ytenhet vid pölbrand = 0,055 ( $\text{kg/m}^2\text{s}^1$ )

$h_c$  = Energivärde = 43,7 ( $\text{MJ/kg}^1$ )

$h_f$  = Flamhöjd (pölbrand) (m)

$d_p$  = Pöldiameter (m)

Värden för  $b'$  och  $h_c$  för bensin är hämtade ur ”*Enclosure Fire Dynamics*”.

Storlek på utsläpp	Flamhöjd (m)	Strålning ( $\text{W/m}^2$ )
Stort (D= 20 m)	22,5	136 540
Medel (D = 10 m)	13,9	114 480
Litet (D = 5 m)	8,6	95 300

Tabell 41 Beräknad flamhöjd och strålning

Flamtemperaturen beräknas enligt nedan

$$P_s = \sigma \cdot T^4$$

där

$P_s$  = Strålning från en svart kropp (W/m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Stefan-Boltzmanns konstant =  $5,67 \cdot 10^{-8}$  (W /m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>)

T = Flamtemperatur (K)

Flamtemperaturen beräknas till

Stort utsläpp 1246 K

Medelutsläpp 1192 K

Litet utsläpp 1246 K

Strålningsnivån från flamman minskar med avståndet. Detta har att göra med att den utsända strålningen delvis absorberas av luften. Den atmosfäriska transmissionsförmågan beräknas enligt

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c$$

där

$\tau_a$  = Transmissionsförmåga (-)

$\alpha_w$  = Absorptionsfaktor vattenånga (-)

$\alpha_c$  = Absorptionsfaktor koldioxid (-)

Vinkelkoefficienten ( $F_{max}$ ) definieras som andelen strålning från en yta som träffar en annan yta. Detta är en geometrisk faktor som kan beräknas för alla typer av ytor och som också påverkar hur stor strålningen blir mot en punkt på ett visst avstånd från flamman. Både transmissionsförmåga samt vinkelkoefficient beräknas med hjälp av diagram från avsnitt 11.1.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* vid flamtemperaturen 1200 K, 20° Celsius och 50 % relativ fuktighet antas vilket ger ett partialtryck för vattenånga ( $p_w$ ) på 1170 Pa.

Värmestrålningen på olika avstånd beräknas enligt

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

där

$P_{12}$  = Infallande strålning från flamma till punkt ( $W/m^2$ )

$P_s$  = Strålning från flamman ( $W/m^2$ )

$\tau_a$  = Transmissionsförmåga (-)

$F_{12}$  = Vinkelkoefficient för flamma till punkt (-)

Tiden som en individ utsätts för strålning har även den stor del i hur stor skada som individen åsamkas. För beräkningarna antas en exponeringstid på  $t = 10$  sekunder innan personen hinner förflytta sig undan strålningen.

Tabellerna nedan sammanfattar resultaten av beräkningarna.

Storlek på utsläpp	Avstånd från flamman (m)	$F_{max}$ (-)	$a_w$ (-)	$t_a$ (-)	$P_{12}$ ( $kW/m^2$ )
Litet	4	0,4	0,12	0,88	33,5
Litet	7	0,21	0,13	0,87	17,4
Litet	9	0,15	0,15	0,85	12,2
Medel	10	0,28	0,15	0,85	27,2
Medel	15	0,18	0,17	0,83	17,1
Medel	20	0,12	0,20	0,8	11,0
Stort	25	0,20	0,21	0,79	21,6
Stort	30	0,15	0,23	0,77	15,8
Stort	35	0,10	0,24	0,76	10,4

Tabell 42 Resultat av strålningsnivåer från pölbränder

Storlek på utsläpp	$t \cdot P_{12}^{4/3} \cdot 10^6$	% 2:a gradens brännskador	Avstånd (m)
Litet	10,8	75	4
Litet	4,5	5	7
Litet	2,8	0	9
Medel	8,2	47	10
Medel	4,4	4	15
Medel	2,4	0	20
Stort	6,0	17	25
Stort	4,0	3	30
Stort	2,3	0	35

Tabell 43 Resultat av strålningsnivåer från pölbränder

Ovanstående beräkningar resulterar i nedanstående riskavstånd.

Storlek på utsläppet	Riskavstånd (m) 2:a gradens brännskador
Stort	35
Medel	20
Litet	9

Tabell 44 Riskavstånd till 2:a gradens brännskador



## Bilaga 5. Beräkning av befolkningstäthet

Den antagna befolkningstätheten baseras på information tillhandahållen av Kalmar kommun (Eriksson, 2004). Beroende på att befolkningstätheten förändras över dygnet har två värden beräknats för varje delområde. Ett värde som representerar befolkningssituationen nattetid och ett värde dagtid.

Siffrorna på befolkningstäthet/km<sup>2</sup>, tillhandahållna av Kalmar kommun, har justerats eftersom dessa uppgifter var beräknade för areor där mycket av ytorna var hav. En bedömning har gjorts av hur mycket av respektive område som utgörs av hav. Ytan för respektive område har därefter justerats.

Antalet individer i respektive område grundar sig på statistiskt material från Kalmar som baseras på folkbokföringen samt förvärvsfrekvensen i respektive område (Rydqvist - Tomasson, 2003). Nedan beskrivs, område för område, resonemanget bakom antagna befolkningstätheter.

### Gamla stan mfl.

Natt

Totalt antal boende i området: 3631 st

Befolkningstäthet med all yta, inklusive hav, inräknat: 477,2 st/km<sup>2</sup>

Total area på området enligt ovanstående siffror:  $3631 \text{ st} / 477,2 \text{ st/km}^2 = 7,6 \text{ km}^2$

Bedömning av andel av området som är bebyggd: 20 %

Area på området, exklusive arean på ytor som är hav:  $0,2 \cdot 7,6 \text{ km}^2 = 1,5 \text{ km}^2$

**Beräknad befolkningstäthet:  $3631 \text{ st} / 1,5 \text{ km}^2 = 2420 \text{ st/km}^2$**

Dag

Antal individer som arbetar i området: 542 st

Förvärvsfrekvens i området: 78,3 %

Antal boendet i området som ej arbetar:  $(1-0,783) \cdot 3631 = 800 \text{ st}$

**Beräknad befolkningstäthet:  $(800 + 542 \text{ st}) / 1,5 \text{ km}^2 = 890 \text{ st/km}^2$**

## Getingen mfl.

Natt

Totalt antal boende i området: 2839 st

Befolkningstäthet med all yta, inklusive hav, inräknat: 508,9 st/km<sup>2</sup>

Total area på området enligt ovanstående siffror: 2839 st / 508,9 st/km<sup>2</sup> = 5,6 km<sup>2</sup>

Bedömning av andel av området som är bebyggd: 25 %

Area på området, exklusive arean på ytor som är hav: 0,25 · 5,6 km<sup>2</sup> = 1,4 km<sup>2</sup>

**Beräknad befolkningstäthet: 2839 st / 1,4 km<sup>2</sup> = 2030 st/km<sup>2</sup>**

Dag

Antal individer som arbetar i området: 1753 st

Förvärvsfrekvens i området: 74,7 %

Antal boende i området som ej arbetar: (1-0,747) · 2839 = 720 st

**Beräknad befolkningstäthet: (720 + 1753 st) / 1,4 km<sup>2</sup> = 1770 st/km<sup>2</sup>**

## Kvarnholmen mfl.

Natt

Totalt antal boende i området: 2496 st

Befolkningstäthet med all yta, inklusive hav, inräknat: 482,4 st/km<sup>2</sup>

Total area på området enligt ovanstående siffror: 2496 st / 482,4 st/km<sup>2</sup> = 5,2 km<sup>2</sup>

Bedömning av andel av området som är bebyggd: 25 %

Area på området, exklusive arean på ytor som är hav: 0,25 · 5,2 km<sup>2</sup> = 1,3 km<sup>2</sup>

**Beräknad befolkningstäthet: 2496 st / 1,3 km<sup>2</sup> = 1920 st/km<sup>2</sup>**

Dag

Antal individer som arbetar i området: 4954 st

Förvärvsfrekvens i området: 78,6 %

Antal boende i området som ej arbetar: (1-0,786) · 2496 = 530 st



Detta område är Kalmar centrum vilket innebär att här är mycket besökare dagtid. Med anledning av detta antas att ytterliggare 2000 personer befinner sig i området dagtid.

**Beräknad befolkningstäthet:  $(4954 + 530 + 2000 \text{ st}) / 1,3 \text{ km}^2 = 5350 \text{ st/km}^2$**

## **Malmen**

Natt

Totalt antal boende i området: 2824 st

Befolkningstäthet: 4521 st/km<sup>2</sup>

Denna siffra behöver ej justeras då inga ytor med hav är aktuella.

Total area på området enligt ovanstående siffror:  $2824 \text{ st} / 4521 \text{ st/km}^2 = 0,62 \text{ km}^2$

**Beräknad befolkningstäthet: 4521 st/km<sup>2</sup>**

Dag

Antal individer som arbetar i området: 2312 st

Förvärvsfrekvens i området: 65,2 %

Antal boende i området som ej arbetar:  $(1-0,652) \cdot 2824 = 980 \text{ st}$

**Beräknad befolkningstäthet:  $(2312 + 980 \text{ st}) / 0,62 \text{ km}^2 = 5300 \text{ st/km}^2$**

## **Oxhagen**

Natt

Totalt antal boende i området: 3722 st

Befolkningstäthet: 1543 st/km<sup>2</sup>

Denna siffra behöver ej justeras då inga ytor med hav är aktuella.

Total area på området enligt ovanstående siffror:  $3722 \text{ st} / 1543 \text{ st/km}^2 = 2,4 \text{ km}^2$

**Beräknad befolkningstäthet: 1543 st/km<sup>2</sup>**

Dag

Antal individer som arbetar i området: 6061 st

Förvärvsfrekvens i området: 67,4 %

Antal boende i området som ej arbetar:  $(1-0,674) \cdot 3722 = 1213$  st

**Beräknad befolkningstäthet:  $(6061 + 1213 \text{ st}) / 2,4 \text{ km}^2 = 3030 \text{ st/km}^2$**

### **Tegelviken mfl.**

Natt

Totalt antal boende i området: 4399 st

Befolkningstäthet med all yta, inklusive hav, inräknat:  $799,1 \text{ st/km}^2$

Total area på området enligt ovanstående siffror:  $4399 \text{ st} / 799,1 \text{ st/km}^2 = 5,5 \text{ km}^2$

Bedömning av andel av området som är bebyggd: 50 %

Area på området, exklusive arean på ytor som är hav:  $0,55 \cdot 5,5 \text{ km}^2 = 2,75 \text{ km}^2$

**Beräknad befolkningstäthet:  $4399 \text{ st} / 2,75 \text{ km}^2 = 1600 \text{ st/km}^2$**

Dag

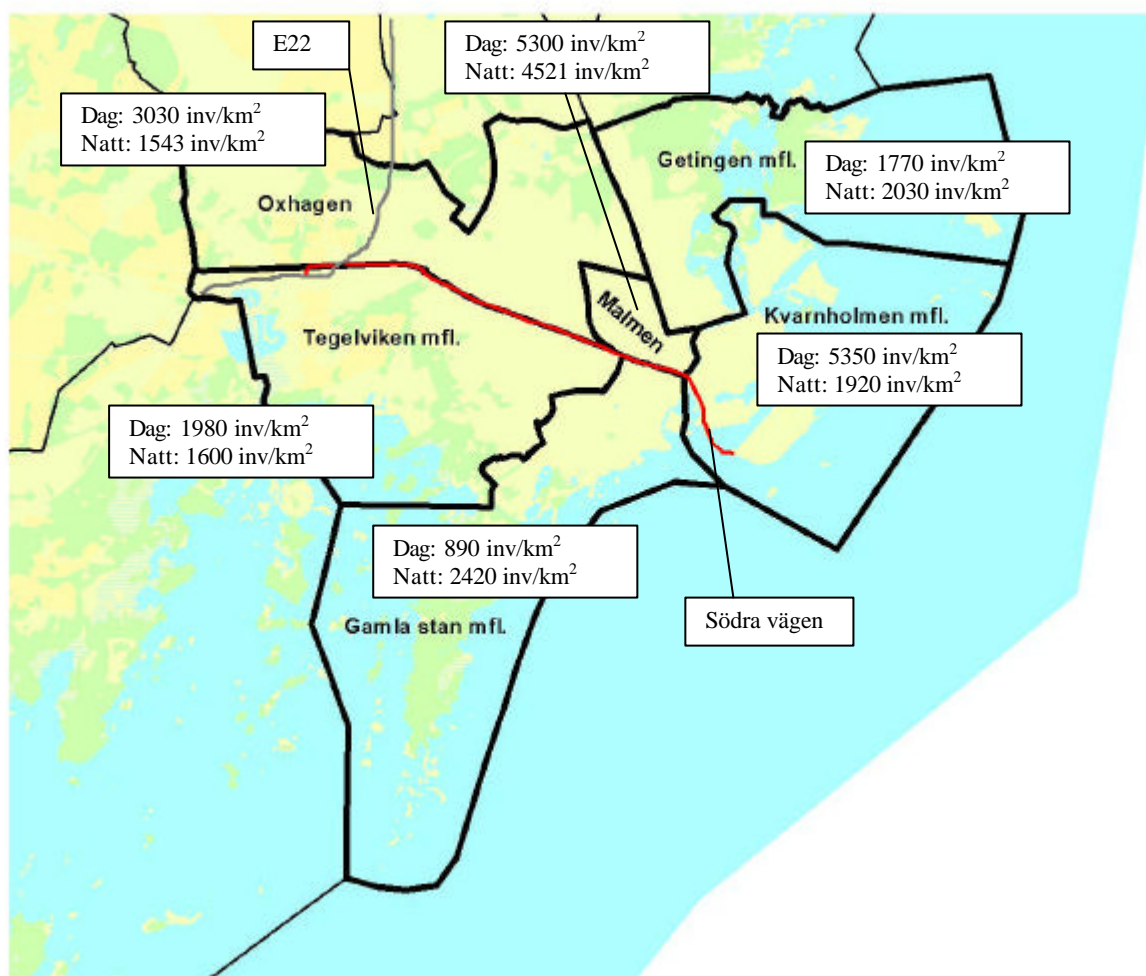
Antal individer som arbetar i området: 4278 st

Förvärvsfrekvens i området: 73,5 %

Antal boende i området som ej arbetar:  $(1-0,735) \cdot 4399 = 1170$  st

**Beräknad befolkningstäthet:  $(4278 + 1170 \text{ st}) / 2,75 \text{ km}^2 = 1980 \text{ st/km}^2$**

Beräknade befolkningstätheter presenteras i figuren nedan .



Figur 14 Befolkningstäthet Kalmar (Eriksson, 2004 och Rydqvist-Tomasson, 2003).

I de fortsatta beräkningarna antas att 5 % av befolkningen befinner sig utomhus på natten. På dagen antas 20 % vara utomhus.



## Bilaga 6. Beräkning av individ- och samhällsrisk

### 6.1 Individrisk

Individrisken beräknas enligt

$$IR = f \cdot 2 \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{1000} \cdot \frac{15}{180}$$

där

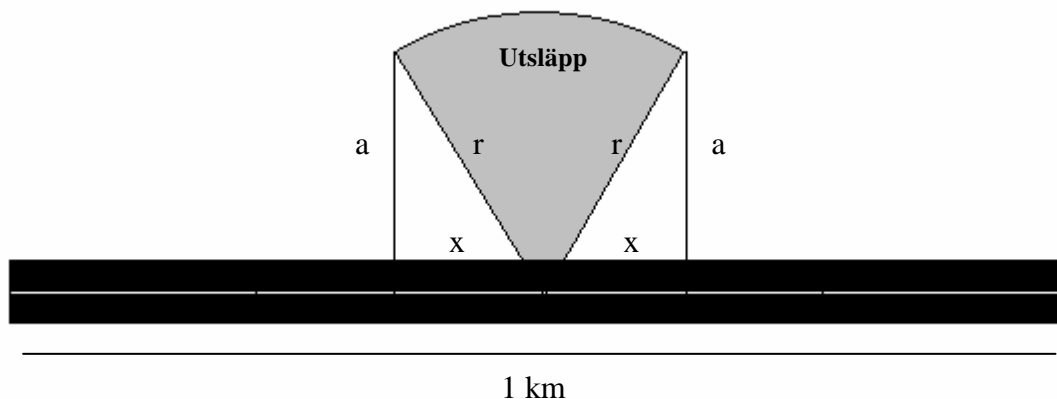
f = frekvensen för enskilt scenario (frekvens/år)

r = beräknat riskavstånd för enskilt scenario (m)

a = avståndet från olyckan (m)

Frekvensen, f gäller för en hel delsträcka på 1 km. En individ som befinner sig på ett avstånd av a meter från vägen kommer inte att påverkas av en olycka med farligt gods längs hela delsträckan. Om individen befinner sig i början på sträckan och olyckan inträffar i slutet så är det nästan en kilometer mellan olycka och individ.

För att kompensera för detta så multipliceras frekvensen med termen  $\sqrt{r^2 - a^2}$ . Denna term divideras med 1000 beroende på att varje delsträcka är 1000 meter lång.



Figur 15 Illustration över hur hänsyn tas till individens avstånd från vägen

Kvoten  $\frac{15}{180}$  kompenserar för att utsläppet endast sker i en riktning. Pölbränder och BLEVE breder ut sig i alla riktningar varvid denna kvot inte inberäknas i formeln vid beräkning av dessa scenarier.

### Sträcka 1 Syd

Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
1	6,146E -05	1,685E -03	0,54	5,575E -08	450	15/180
2	7,654E -05	1,685E -03	0,54	6,944E -08	220	15/180
3	2,300E -04	1,685E -03	0,54	2,087E -07	80	15/180
4	4,916E -06	1,685E -03		8,260E -09	250	1
5	1,475E -04	1,685E -03		2,478E -07	111	15/180
6	3,392E -04	1,685E -03	0,54	3,078E -07	257	15/180
7	6,124E -06	1,685E -03		1,029E -08	250	1
8	1,837E -04	1,685E -03		3,086E -07	63	15/180
9	4,225E -04	1,685E -03	0,54	3,833E -07	130	15/180
10	5,520E -04	1,685E -03		9,274E -07	29	15/180
11	1,288E -03	1,685E -03	0,54	1,168E -06	26	15/180
12	2,826E -02	1,685E -03		4,748E -05	35	1
13	1,413E -02	1,685E -03		2,374E -05	20	1
14	1,413E -02	1,685E -03		2,374E -05	9	1

Tabell 45 Beräkning av individrisk sträcka 1 Syd

### Sträcka 1 Norr

Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
1	6,146E -05	1,685E -03	0,46	4,749E -08	450	15/180
2	7,654E -05	1,685E -03	0,46	5,915E -08	220	15/180
3	2,300E -04	1,685E -03	0,46	1,777E -07	80	15/180
4	4,916E -06	1,685E -03		8,260E -09	250	1
5	1,475E -04	1,685E -03		2,478E -07	111	15/180
6	3,392E -04	1,685E -03	0,46	2,622E -07	257	15/180
7	6,124E -06	1,685E -03		1,029E -08	250	1
8	1,837E -04	1,685E -03		3,086E -07	63	15/180
9	4,225E -04	1,685E -03	0,46	3,265E -07	130	15/180
10	5,520E -04	1,685E -03		9,274E -07	29	15/180
11	1,288E -03	1,685E -03	0,46	9,954E -07	26	15/180
12	2,826E -02	1,685E -03		4,748E -05	35	1
13	1,413E -02	1,685E -03		2,374E -05	20	1
14	1,413E -02	1,685E -03		2,374E -05	9	1

Tabell 46 Beräkning av individrisk sträcka 1 Norr

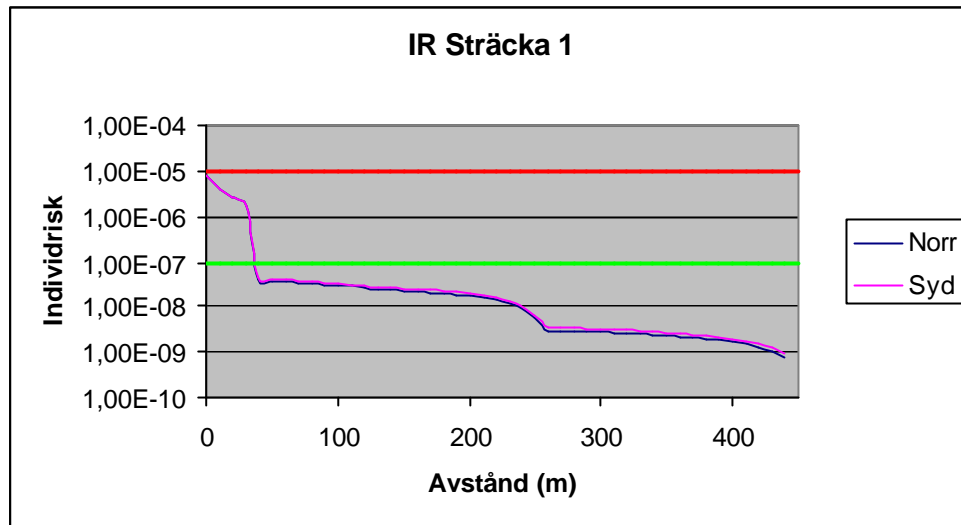


Diagram 22 Individrisk delsträcka 1

### Sträcka 2 Syd

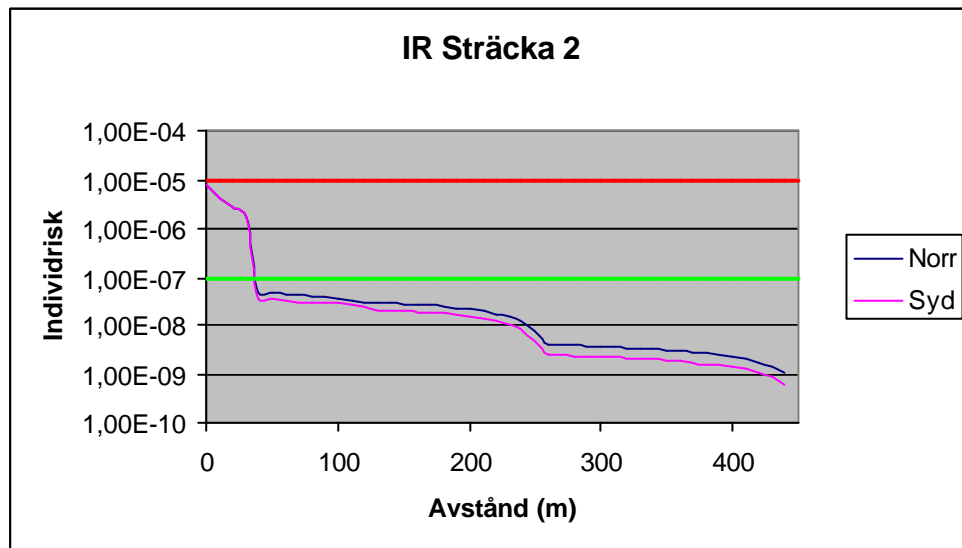
Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
1	6,146E-05	1,684E-03	0,38	3,933E-08	450	15/180
2	7,654E-05	1,684E-03	0,38	4,898E-08	220	15/180
3	2,300E-04	1,684E-03	0,38	1,472E-07	80	15/180
4	4,916E-06	1,684E-03		8,279E-09	250	1
5	1,475E-04	1,684E-03		2,484E-07	111	15/180
6	3,392E-04	1,684E-03	0,38	2,171E-07	257	15/180
7	6,124E-06	1,684E-03		1,031E-08	250	1
8	1,837E-04	1,684E-03		3,094E-07	63	15/180
9	4,225E-04	1,684E-03	0,38	2,704E-07	130	15/180
10	5,520E-04	1,684E-03		9,296E-07	29	15/180
11	1,288E-03	1,684E-03	0,38	8,242E-07	26	15/180
12	2,826E-02	1,684E-03		4,759E-05	35	1
13	1,413E-02	1,684E-03		2,379E-05	20	1
14	1,413E-02	1,684E-03		1,983E-04	9	1

Tabell 47 Beräkning av individrisk sträcka 2 Syd

**Sträcka 2 Norr**

Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
1	6,146E-05	1,684E-03	0,62	6,416E-08	450	15/180
2	7,654E-05	1,684E-03	0,62	7,992E-08	220	15/180
3	2,300E-04	1,684E-03	0,62	2,401E-07	80	15/180
4	4,916E-06	1,684E-03		8,279E-09	250	1
5	1,475E-04	1,684E-03		2,484E-07	111	15/180
6	3,392E-04	1,684E-03	0,62	3,542E-07	257	15/180
7	6,124E-06	1,684E-03		1,031E-08	250	1
8	1,837E-04	1,684E-03		3,094E-07	63	15/180
9	4,225E-04	1,684E-03	0,62	4,411E-07	130	15/180
10	5,520E-04	1,684E-03		9,296E-07	29	15/180
11	1,288E-03	1,684E-03	0,62	1,345E-06	26	15/180
12	2,826E-02	1,684E-03		4,759E-05	35	1
13	1,413E-02	1,684E-03		2,379E-05	20	1
14	1,413E-02	1,684E-03		1,983E-04	9	1

**Tabell 48 Beräkning av individrisk sträcka 1 Norr**



**Diagram 23 Individrisk delsträcka 2**



### Sträcka 3

Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
12	2,880E-02	7,480E-04	-	2,154E-05	35	1
13	1,440E-02	7,480E-04	-	1,077E-05	20	1
14	1,440E-02	7,480E-04	-	1,077E-05	9	1

Tabell 49 Beräkning av individrisk sträcka 3

### Sträcka 4

Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
12	2,880E-02	7,480E-04	-	2,154E-05	35	1
13	1,440E-02	7,480E-04	-	1,077E-05	20	1
14	1,440E-02	7,480E-04	-	1,077E-05	9	1

Tabell 50 Beräkning av individrisk sträcka 4

### Sträcka 5

Scenario	Sannolikhet	f FG-olycka	Vind	f	r	a
12	2,880E-02	7,470E-04	-	2,151E-05	35	1
13	1,440E-02	7,470E-04	-	1,076E-05	20	1
14	1,440E-02	7,470E-04	-	1,076E-05	9	1

Tabell 51 Beräkning av individrisk sträcka 5

Sträcka 4 och 5 uppvisar en i stort sett identisk individrisk som sträcka 3. Skillnaderna är ytterst obetydliga varvid endast ett diagram för dessa delsträckor redovisas.

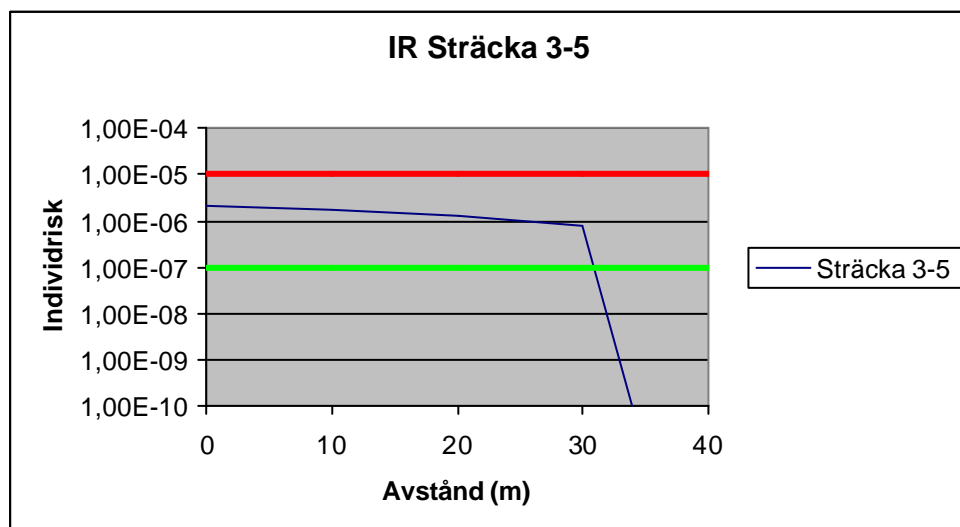


Diagram 24 Individrisk delsträcka 3-5

## 6.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk tas fram genom att beräkna antalet individer som befinner sig inom det beräknade riskområdet för respektive skadehändelse. Riskområdet antas breda ut sig i rät vinkel från vägen och ha en spridningsvinkel på 15°. Längden på området är det beräknade riskavståndet för varje scenario

Befolkningstätheten som antas i beräkningen av samhällsrisk baseras på tidigare beräknade värden. Vidare antas att 5 % av antalet individer i respektive område befinner sig utomhus på natten samt 20 % på dagen.

Antalet individer som omkommer beräknas enligt

$$n = \pi \cdot r^2 \cdot N \cdot \frac{15}{180}$$

där

n = antalet omkomna individer (st)

r = riskavståndet (m)

N = befolkningstätheten (inv/km<sup>2</sup>)

Liksom för beräkningarna av individrisken kompenserar kvoten  $\frac{15}{180}$  för att utsläppet endast sker i en riktning. Vid beräkning av pölbränder och BLEVE, vilka breder ut sig i alla riktningar, inberäknas ej denna kvot i formeln.

Frekvensen för respektive olycksscenario per år är den samma som för individrisken. Den totala samhällsrisk som presenteras nedan beskriver risken för att n individer skall omkomma under ett år.

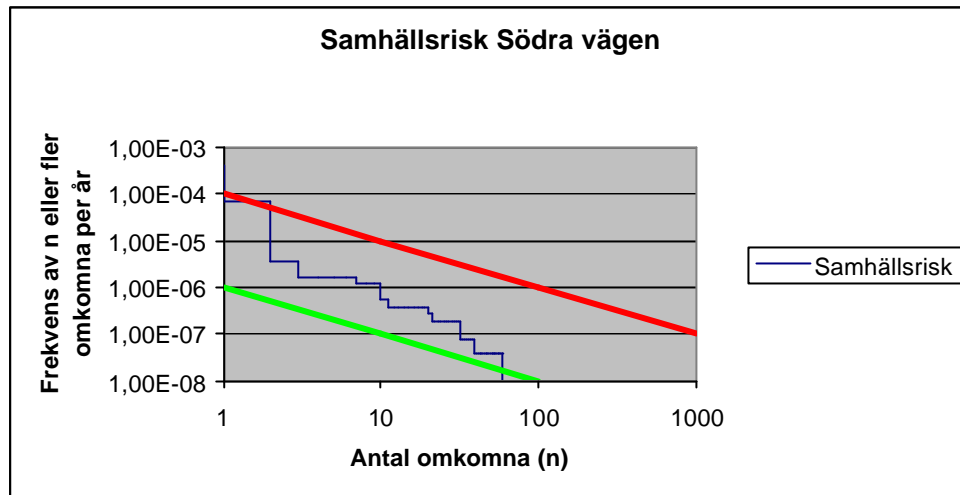


Diagram 25 Samhällsrisk Södra vägen

Här överstigs alltså kriteriet för vad som kan anses acceptabelt. Kriterierna ovan är dock definierade för en sträcka med längden 1 km. Södra vägen, från Tjärhovet till E22, är drygt 5 km. Hänsyn måste tas till att sannolikheten för att en olycka skall inträffa ökar med längden på sträckan. Detta resonemang bekräftas även av följande utdrag ur ”Värdering av risk”:

*”När det gäller kriterium för samhällsrisk uppstår emellertid problemet att denna blir större ju större område (längre transportsträcka) som betraktas. Några generella riktlinjer för vad som kan anses som ett transportarbete som har en samhällsnytta likvärdigt en industri är svåra att definiera. Som en utgångspunkt föreslås att det kriterium för samhällsrisk som presenterats i kapitel 8.4 ovan tillämpas även för transportrisker och baseras på en sträcka av 1 km (dvs för en sträcka av 0,5 km tillåts halva värdet, osv).”*

Med tillämpandet av denna rekommendation tillåts kriterierna för Södra vägen att vara 5 ggr så stora.

Resultatet för samhällsrisk enligt ovanstående resonemang redovisas nedan.

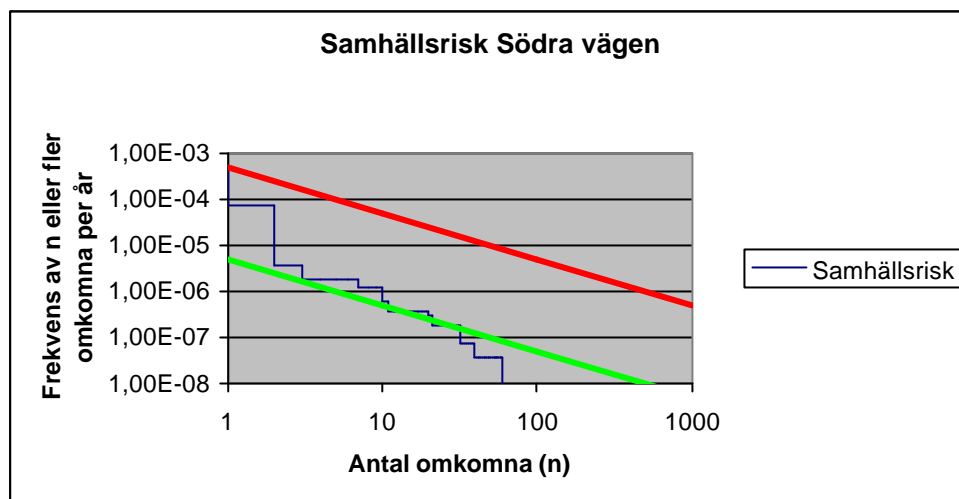


Diagram 26 Samhällsrisik Södra vägen med justerade kriterier

Samhällsrisiken befinner sig huvudsakligen i den nedre delen av ALARP-området, och frekvensen att fler än 10 individer skall omkomma per år tangerar kriteriet för att riskerna skall anses som acceptabla.

## Bilaga 7. Strålningsberäkningar

I analysen har diametrar redovisade i diagrammet nedan antagits för respektive skadehändelse.

Storlek på utsläppet	Diameter på pölen (m)
Stort	20
Medel	10
Litet	5

Tabell 52 Antagna diametrar för respektive skadehändelse

Om inga åtgärder utförs på delsträcka 3 antas de aktuella skadehändelserna vara läckage som genererar pölar med diametrar mellan 10 och 20 meter. I beräkningarna av uppkomna strålningsnivåer då inga åtgärder utförs antas en diameter på pölbranden till 15 meter.

Vid strålningsberäkningar när en mur uppförs antas höjden på muren till 3 meter. En högre mur skulle påverka stadsbilden alltför negativt. Diametern på pölen antas även i denna beräkning till 15 meter detta då inga åtgärder utfört för att begränsa utsläppsarean.

Då avkörningsskydd byggs samt någon form av diken eller andra åtgärder utförs för att minska arean på den utläckta vätskan antas den maximala diametern på pölen uppgå till 5 meter i diameter.

För samtliga fall beräknas den infallande strålningen från bensinbränder på ett avstånd av 10 meter vinkelrätt från 3 meters höjd. Detta då det kortaste avståndet mellan Södra vägen och planerad nybyggnation uppgår till 10 meter.

Strålningsnivån enligt de ovan beskrivna förutsättningarna beräknas enligt följande modeller (Drysdale, 2002 och Karlsson-Quintiere, 2000) :

$$\dot{Q} = A_f \cdot \dot{m}'' \cdot \eta \cdot H_c$$

där

$\dot{Q}$  = Brandens effektutveckling (kW)

$A_f$  = Brandens area (m<sup>2</sup>)

$\dot{m}''$  = Förbränningshastighet (kg/sm<sup>2</sup>)

$\eta$  = Förbränningens effektivitet (%)

$H_c$  = Förbränningsvärme (kJ/kg)

Flamhöjden beräknas enligt

$$L = 0,235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02 \cdot D$$

där

L = Flamhöjd (m)

$\dot{Q}$  = Brandens effektutveckling (kW)

D = Brandens diameter (m)

Strålningen på avståndet 10 meter beräknas enligt

$$q'' = e \cdot s \cdot F \cdot T^4$$

där

$q''$  = Infallande strålning (kW/ m<sup>2</sup>)

e = Emissiviteten (-) = antas till 0,7

s = Stefan Boltzmans konstant = 5,67·10<sup>-8</sup>

F = Synfaktorn (-)

T = Flammans temperatur (K) = Antas till 1200 K

Synfaktorn beräknas enligt tabell 2.7 (Drysdale, 2002)

<b>Scenario</b>	<b>Q (MW)</b>	<b>L (m)</b>	<b>q'' (kW/ m<sup>2</sup>)</b>
Ingen åtgärd (Pölbrand D = 15 m)	298	21	31
Mur 3 m (Pölbrand D = 15 m)	298	21	27
Avkörningsskydd samt diken (Pölbrand D = 5 m)	33	10	11

**Tabell 53** Resultande värden i genomförda strålningsberäkningar