

COWI

RISKTEC
PROJEKTLEDNING

Säkerhetsmål i tunnlar

2019-06-20

Uppdragsnamn: Säkerhetsmål i tunnlar
Uppdragsnummer: 100279
Datum: 2019-06-20
Status: Slutrapport
Uppdragsledare: Oskar Jansson
Handläggare: Oskar Jansson, Bo Wahlström, Göran Davidsson (Cowi)
e-post: Oskar.jansson@risktec.se
Uppdragsgivare: Per Andersson, Karin Edvardsson

Innehållsförteckning

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING.....	2
1. INLEDNING	4
1.1 Bakgrund och problembeskrivning.....	4
1.2 Syfte och mål	4
1.3 Omfattning och avgränsningar	4
1.4 Arbetssätt	5
2. FÖRUTSÄTTNINGAR.....	6
2.1 Regelverk	6
2.2 Transportpolitisk måluppfyllelse	6
2.3 Tidigare utredningar	8
3. PRINCIPER FÖR UTFORMNING AV ETT SÄKERHETSMÅL.....	10
3.1 Allmänt.....	10
3.2 Utformning av ett säkerhetsmål.....	14
3.3 Utformning av ett F/N-diagram	15
3.4 Sammanfattning utformning av transportslagsövergripande säkerhetsmål	19
4. FÖRSLAG TILL SÄKERHETSMÅL BASERAT PÅ F/N-DIAGRAM	20
4.1 Utformning av F/N-diagram.....	20
4.2 Övre acceptansnivå.....	21
4.3 Nedre acceptansnivå	24
4.4 Gräns för fåtal omkomna.....	26
4.5 Gräns för osannolika händelser	28
4.6 Förslag till säkerhetsmål	33
5. FÖRSLAG PÅ LÄMPLIG VERIFIERINGSMETOD	36
5.1 Verifiering av risknivå	36
5.2 Värdering inom ALARP-området	36
6. DISKUSSION OCH SLUTSATS	41
6.1 Allmänt/inledning diskussion	41
6.2 Införande av transportslagsövergripande säkerhetsmål.....	41
6.3 Kvantitativt säkerhetsmål och gällande regelverk.....	41
6.4 Omfattning av krav på verifiering av säkerhetsmål.....	42
6.5 Formulering av säkerhetsmål	43
6.6 Krav på process och metodik för verifiering.....	44
6.7 Bedömning av samhällsekonomisk nytta	45

6.8	Slutsats.....	46
	REFERENSER	48
	BILAGA – ANALYS AV SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER - EXEMPEL FÖRBIFART STOCKHOLM50	

Förord

Dagens regler för väg-, järnvägs-, tunnelbane- och spårvägstunnlar anger minimikrav för en tunnel utan speciella förutsättningar eller speciell utformning. De stora tunnlar som byggs idag har dock en hög trafikbelastning och en utformning som ofta är komplex, med exempelvis trafikplatser inne i tunneln. Enligt regelverket krävs då riskanalyser för att säkerställa att tunnlar utformas så att de blir tillräckligt säkra för trafikanter. En optimering av säkerheten i en enskild tunnel förutsätter dock någon form av allmänt accepterad målnivå för godtagbar säkerhet – ett säkerhetsmål. Detta saknas i befintligt regelverk. Utan ett sådant mål blir det praktiskt taget omöjligt att veta om de funktionskrav som ställs i gällande lagstiftning verkligen är uppfyllda.

Projektet utgör en fortsättning på FoI-projektet ”Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana” (Transportstyrelsen, 2016).

I denna rapport föreslås en lägsta acceptabel säkerhetsnivå för vägtunnlar, järnvägstunnlar, spårvägstunnlar och tunnelbanor uttryckt i ett F/N-diagram som risk att förolyckas per personkilometer, baserat på en risk- och samhällsekonomisk analys. I rapporten identifieras vidare ett lämpligt ALARP-område (As Low As Reasonable Practicable) för riskanalysen och acceptanskriterier. Föreslagna säkerhetsmål är också kopplade till lämplig verifieringsmetod.

Förslaget till säkerhetsmål har utförts av en grupp konsulter som tillsammans har en djup teknisk kompetens och stor erfarenhet från personsäkerhet i väg-, järnvägstunnlar och tunnelbana. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas och speglar inte nödvändigtvis Transportstyrelsens uppfattning.

Vi vill tacka Per Vedin, Henric Modig och Johan Häggström, alla från Trafikverket, för det bidrag som de gett i den styrgrupp som etablerades för projektet. Vi vill också tacka Susann Sass-Jonsson (Länsstyrelsen i Stockholms län), Pelle Rytterlund (Stockholms Läns Landsting), Stefan Karlsson (Storstockholms brandförsvaret) och Björn Mattson (Boverket) för deltagande i den referensgrupp som stöttat projektet.

Projektet har samfinansierats av Transportstyrelsen och Trafikverket.

Borlänge, juni 2019.

Karin Edvardsson och Per Andersson

Sammanfattning

Risktec Projektledning har tillsammans med COWI fått i uppdrag av Transportstyrelsen och Trafikverket att ta fram denna rapport om Säkerhetsmål i tunnlar.

Transportstyrelsen kan samordna och ge förslag på säkerhetsmål för trafikslagen väg, järnväg, tunnelbana och spårväg. Det är möjligt genom att Transportstyrelsen har ett trafikslagsövergripande ansvar och även ett bemyndigande enligt plan- och byggförordningen. Det har inte varit möjligt tidigare, då ansvaret var uppdelat på bland andra kommuner, Vägverket, Banverket och Boverket.

Krav på utformning av tunnlar och, i viss omfattning, krav på riskanalys finns idag för tunnlar, men krav på säkerhetsmål saknas. Kraven ger utrymme för tolkning i samband med projektering och förvaltning. Osäkerhet kan uppstå om vilka mål som ska uppnås, och olika risknivåer kan bli resultatet när kraven tillämpas i olika projekt.

Mot denna bakgrund genomförde Transportstyrelsen 2015 - 2016 ett FoU-projekt som redovisas i rapporten "Säkerhetsmål för trafikanter i väg- och spårtunnlar" [1]. En fortsättning på detta projekt initierades av Transportstyrelsen och Trafikverket under 2018 med målet att föreslå en väl avvägd lägsta acceptabel säkerhetsnivå för vägtunnlar, järnvägstunnlar, tunnelbanor och spårvägstunnlar, baserat på en risk- och samhällsekonomisk analys, samt att koppla dessa säkerhetsmål till en lämplig verifieringsmetod.

Föreliggande rapport redovisar förslag till verifierbara säkerhetsmål med tydlig koppling till samhällsnyttan. Rapporten tar utgångspunkt i den tidigare rapporten och prövar de slutsatser som drogs där. Projektresultatet ska kunna användas av Transportstyrelsen som underlag till krav och råd i kommande föreskriftsarbete om säkerhet i tunnlar.

Arbetet omfattar endast krav för nya tunnlar och är inriktat mot tunnelspecifika olyckor, det vill säga de som endast kan orsakas i tunnlar och de som kan orsakas var som helst men vars följdkonsekvenser blir särskilt allvarliga i tunnlar.

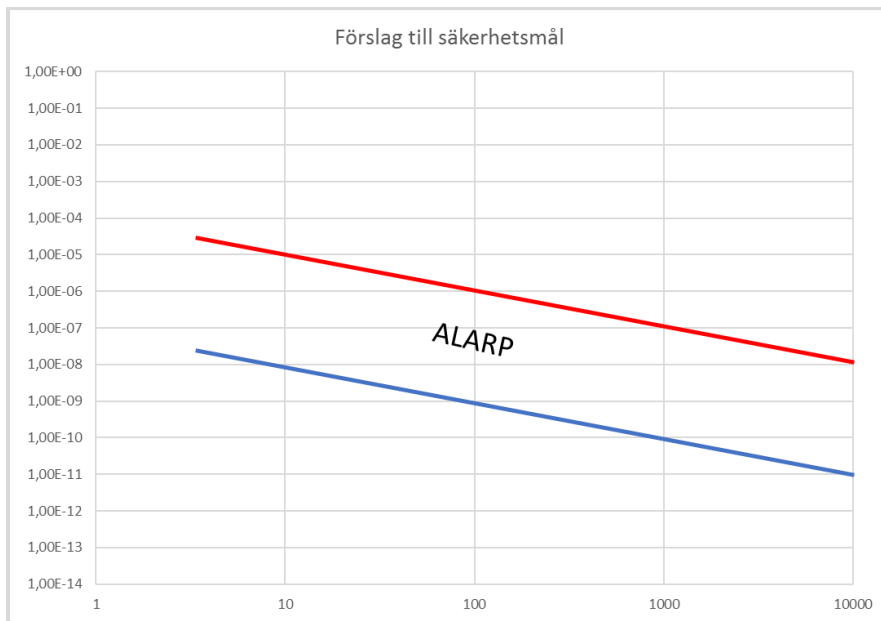
Vi har funnit att det kvantitativa säkerhetsmål som uttrycktes i föregående rapport i ett F/N-diagram är väl avvägt vad gäller övre och nedre acceptansnivå. Det gäller även avvägandet att exkludera olyckor med få omkomna. Däremot har arbetet till skillnad mot tidigare rapport visat att osannolika händelser med många omkomna inte bör exkluderas.

Slutsatserna av arbetet är att det finns möjligheter att införa ett gemensamt säkerhetsmål. Därutöver konstaterar vi att befintliga regler för tunnlar för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg bör kunna utnyttjas som basstandard.

Rapportens förslag till säkerhetsmål uttrycks som:

Risken vid färd i tunnel för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg ska vara likvärdig, uttryckt som risk att förolyckas per personkilometer.

Förslaget är att säkerhetsmålet uttrycks som krav på en föreskriven övre acceptansnivå i ett F/N-diagram, med en fiktiv startpunkt $F=1 \cdot 10^{-4}$ per miljon personkilometer vid $N=1$ och lutning -1. Det kan med fördel kompletteras ett allmänt råd som avgränsar målet att gälla olyckor med 3 eller fler omkomna samt att mellan den övre acceptansnivån och en definierad nedre acceptansnivå ska ytterligare säkerhetsåtgärder utvärderas med stöd av kostnadsnyttoanalys. Detta illustreras i figuren nedan.



Som anges i CSM-RA-förordningen kan säkerheten ofta baseras på krav och regler för utformning, jämförelse med referensobjekt eller beräknad risk. Denna rapport anger ett förslag till nivå för den sistnämnda principen. Förslaget i rapporten är att säkerhetsmålet bör verifieras med kvantitativ analys för tunnlar längre än 500 meter. För tunnlar kortare än 500 meter bedöms säkerhetsmålet kunna uppfyllas om tunneln utformas enligt krav i nu gällande regelverk, utan ytterligare analys.

Den första frågan som bör ställas är således om den aktuella tunneln omfattas av krav på verifiering av att säkerhetsmålet är uppfyllt. Om frågan besvaras med nej, tillämpas basstandard för utformning av tunnelns säkerhetskoncept. Om svaret är ja ska, utöver tillämpande av basstandard, en kvantitativ analys utföras och behovet av ytterligare åtgärder bedömas med stöd av säkerhetsmålet uttryckt i F/N-diagram. För att kunna beräkna riskens storlek behöver detta göras enligt en vedertagen metod. Exempel på vedertagna metoder ges i Boverkets rapport, Riskanalysmetoder och Trafikverkets rapport, personsäkerhet i järnvägstunnlar.

- Om den beräknade risken är låg, under ALARP-området, krävs inga åtgärder.
- Om risken är inom ALARP-området, ska de åtgärder tillföras som kan bedömas kostnadsnyttiga.
- Om risken är högre än ALARP-området, ska åtgärder tillföras oavsett kostnad

Bedömningen är att utifrån befintliga regler och krav på att underskrida föreslagen övre acceptansnivå, så bör ytterligare åtgärder vidtas om de är samhällsekonomiskt försvarbara. Då erhålls en tydlig koppling till samhällsnyttan, och hänsyn tas till varje tunnels unika förutsättningar. I rapporten föreslås det att metodiken som bör följas är ASEK vid värdering inom ALARP. Då ASEK är en resurskrävande metod ges även förslag på en metod för förenklad analys av identifierade åtgärder där en relativ eller kvalitativ bedömning av kostnader och nyttor kan göras. Detta för att kunna göra en initial bedömning och värdering mellan flera olika åtgärdsförslag.

1. Inledning

1.1 Bakgrund och problembeskrivning

Idag finns en möjlighet att samordna och ge förslag på säkerhetsmål för trafikslagen väg, järnväg, tunnelbana och spårväg. Detta tack vare att Transportstyrelsen har ett trafikslagsövergripande ansvar och även ett bemyndigande enligt plan- och byggförordningen. När ansvaret tidigare har varit uppdelat på bland andra kommuner, Vägverket, Banverket och Boverket har detta inte varit möjligt.

Krav på utformningen av tunnlar finns i viss omfattning för respektive trafikslag, medan säkerhetsmål däremot saknas. Kraven ger utrymme för tolkning i samband med projektering och förvaltning. Osäkerhet kan därför uppstå om vilka mål som ska uppnås, och olika risknivåer kan bli resultatet när kraven tillämpas i olika projekt.

Denna utredning utgör en fortsättning på ett tidigare Fol-projekt vars resultat presenteras i rapporten "Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana" [1]. Denna rapport tar utgångspunkt i de förslag som ges i den tidigare rapporten och de slutsatser som drogs där. Bakgrund och fakta i den tidigare rapporten har inte behandlats vidare. Däremot har förslag och slutsatser provats igen mot projektets syfte och mål.

Efter slutförande av den förra rapporten har Transportstyrelsen utgivit föreskrifter om personsäkerhet i tunnlar och plattformsrumsrum för tunnelbana och spårväg, TSFS 2017:119.

1.2 Syfte och mål

Syftet med rapporten är att utgöra underlag för Transportstyrelsens kommande föreskriftsarbete med tillhörande konsekvensutredning.

Målet för projektet är att föreslå en väl avvägd lägsta acceptabel säkerhetsnivå för vägtunnlar, järnvägstunnlar, tunnelbanor och spårvägstunnlar, baserat på en risk- och samhällsekonomisk analys. Syftet är också att koppla dessa säkerhetsmål till en lämplig verifieringsmetod. Vald nivå ska även beakta att säkerhetsmål tar hänsyn till vad som anges i de transportpolitiska målen.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Rapporten omfattar säkerhetsmål för trafikanter som färdas i nya tunnlar med väg-, järnvägs-, tunnelbane- och spårvägstrafik och antas införas med stöd av Plan- och bygglagen.

Säkerhetsmålen ska kunna användas till att verifiera att de tekniska egenskapskraven enligt PBL 8 kap 4§, punkterna 2 och 4 uppfylls. Säkerhetsmålen ska kunna användas som en del i den samlade bedömning som ska göras, enligt bl.a. TSFS 2017:119 7§, TSFS 2015:27 3 kap 1§ och TSD avseende säkerhet i järnvägstunnlar (EU nr 1303/2014). Den säkerhetsnivå som föreslås ska vara kvantitativ och vara verifierbar.

Rapporten omfattar bl.a. inte följande:

- krav på järnvägstekniska system
- arbetsmiljö

Undermarksstationer omfattas inte av säkerhetsmålen. Praxis vid projektering av undermarksstationer utgörs av en annan dimensioneringsmetodik och i föreskrifter ställs högre krav på undermarksstationer än på tunnlar. Detta beror på att undermarksstationer normalt hanteras som "tillfälligt säkra platser¹" i ett tunnelsystem där utrymningen är tänkt att ske. Vid jämförelser mellan trafikslag används ofta till exempel måttet personkilometer vilket är relevant för tunnlar, men inte för stationer. Undermarksstationer kan således inte användas som en del i måttet för säkerhetsmål gällande både vägtrafik och spårtrafik.

Tidigare arbete har inte omfattat spårvägstunnlar men kraven i TSFS 2017:119 är likvärdiga för tunnelbana och spårvägar. Det förefaller rimligt att komplexa tunnlar för spårvägar följer liknande standard för säkerhet som tunnelbana och pendeltåg. Detta utgör en utgångspunkt för vidare arbete men det analyseras inte vidare i denna rapport.

Projektet ska redovisa ett förslag till kvantitativ säkerhetsnivå. Säkerhetsnivån ska vara verifierbar enligt en angiven metodik. Konsekvenser av den föreslagna nivån ska redovisas och även alternativa nivåer ska redovisas. Med konsekvenser avses i första hand samhällsekonomiska konsekvenser.

1.4 Arbetssätt

För denna rapport användes ett arbetssätt bestående av följande moment:

- Genomgång av gällande förutsättningar och tidigare rapport "Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana"
- Genomgång av hur ett säkerhetsmål bör utformas
- Förslag till säkerhetsmål baserat på genomgången i punkten ovan
- Förslag på lämplig verifieringsmetod
- Diskussion kring förslaget, fördelar och nackdelar inklusive samhällsekonomisk bedömning
- Slutsatser

I tidigare rapport "Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana" har avgränsningar, bakgrund och teori kring riskmått, samt en inventering av regelverk och risknivåer i olika projekt presenterats utförligt. Dessa delar presenteras i avsnitt 2 och 3 men har i samråd med beställaren har dessa avsnitt i föreliggande rapport minimerats i omfattning.

Ansatsen i detta uppdrag är att försöka finna ett samordnat kvantitativt säkerhetsmål för de fyra aktuella trafikslagen. I det efterföljande momentet, som presenteras i kapitel 4, utreds konsekvenser av tidigare föreslaget mål. Utifrån detta presenteras ett förslag till säkerhetsmål.

I avsnitt 5 presenteras förslag till verifieringsmetod samt metod för kostnad- nyttobedömning, med utgångspunkt i uppgifterna som framkommit i inventeringen och resultatet av analyserna.

Med utgångspunkt i förslaget diskuteras och dras slutsatser i avsnitt 6 med avseende på olika aspekter av tillämpningen av det föreslagna målet. Aspekterna rör giltighetsområden, risktyper, begreppet acceptans m.m. Diskussionen och slutsatserna utgör författarnas kommentarer på förslaget och bidrag till fortsatt arbete med att införa eller tillämpa förslaget i praktiken.

¹ Begreppen "säker plats" och "tillfälligt säker plats" definieras olika i föreskrifter för de olika trafikslagen. I TSD avseende säkerhet i järnvägstunnlar (EU nr 1303/2014) används begreppet "säker plats för utrymnen i en anläggning där man kan ta sig ut i det fria. I TSFS 2017:119 används begreppet "tillfälligt säker plats" för motsvarande funktion, "säker plats" används där för en plats i det fria.

2. Förutsättningar

2.1 Regelverk

Sveriges medlemskap i EU innebär att EU:s regelverk ska gälla i Sverige. Detta innebär också att det svenska regelverket ska vara anpassat till EU:s regler och inte får strida mot dessa.

Svenska lagar som allmänt berör säkerhet och trafiktunnlar som byggnadsverk är Plan- och bygglagen (2010:900) (PBL), Lagen (2003:778) om skydd mot olyckor (LSO), och Arbetsmiljölagen (1977:1160). Järnvägslagen (2004:519) och Lag (1990:1157) om säkerhet vid tunnelbana och spårväg gäller generellt avseende säkerheten för järnväg respektive tunnelbana och spårväg men tillämpas i första hand för de järnvägstekniska systemen och inte för det omslutande byggnadsverket.

PBL är den lag som ställer de grundläggande tekniska egenskapskraven som alla byggnadsverk ska uppfylla. PBL gäller således för alla tunnlar oavsett trafikslag.

LSO anger bland annat att anläggningsägaren till en anläggning har ansvar för analys av risker, tillhandahåller utrustning för släckning av brand och livräddning i skäligen omfattning. Lagen ger inget stöd, eller hinder, för att införa ett säkerhetsmål.

För vägtunnlar och järnvägstunnlar finns EU-regler utgivna för respektive trafikslag. EU:s regler för vägtunnlar längre än 500 meter är införda i Sverige genom Lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar. För vägtunnlar kortare än 500 meter finns inga EU-regler utgivna, däremot gäller PBL för dessa tunnlar. Gemensam föreskrift för alla vägtunnlar är utgiven i och med TSFS 2015:27.

Europeiska kommissionens förordning (EU) nr 1303/2014 av den 18 november 2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet avseende "säkerhet i järnvägstunnlar" är direkt gällande i Sverige och gäller för alla järnvägstunnlar som är en del av det nationella järnvägsnätet. För fristående järnvägar gäller inte TSD utan säkerheten i dessa tunnlar regleras genom PBL samt Järnvägslagen.

Tunnelbana och spårväg är lokala system och där finns inga EU-regler utgivna eller planerade, dessa system regleras genom PBL med föreskrift enligt TSFS 2017:119.

2.1.1 Krav på riskanalyser

För vägtunnlar ställs krav på genomförande av riskanalyser i 3§ TSFS 2015:27 i de fall vägtunnlarna kan anses ha speciella förutsättningar. I 8§ TSFS 2017:119 ställs liknande krav på att riskanalyser ska genomföras. Gemensamt för dessa båda är att det inte ställs tydliga krav på vilka acceptanskriterier som ska användas vid genomförandet av riskanalyser.

Europeiska kommissionens förordning (EU) nr 1303/2014 om teknisk specifikation för driftskompatibilitet avseende "säkerhet i järnvägstunnlar" ställer ett antal preskriptiva krav på hur tunnlar ska utföras men inga särskilda krav på att riskanalyser ska genomföras.

2.2 Transportpolitisk måluppfyllelse

Den svenska regeringen anger följande i "Mål för transporter och infrastruktur" som berör säkerhet i tunnlar:

"Transportpolitikens mål är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet.". Målen är uppdelade på funktionsmål (tillgänglighet) och hänsynsmål (säkerhet, miljö och hälsa). Både hänsynsmålen och funktionsmålen bedöms vara relevanta för tunnlar.

I juni 2009 beslutade riksdagen om ett nytt etappmål för trafiksäkerheten på de svenska vägarna. Det innebär att antalet trafikdödade år 2020 inte får vara fler än 220. Etappmålet innebär en halvering av antalet dödade i trafiken från år 2007 till år 2020. Antalet allvarligt skadade i trafiken ska minska med en fjärdedel under samma period. Trafikanalys rapport 2018:8 visar att det blir svårt att nå etappmålet inom vägtransportområdet [2].

Funktionsmålet handlar om att skapa tillgänglighet för människor och gods. Transportsystemets utformning, funktion och användning ska medverka till att ge alla en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet och användbarhet samt bidra till utvecklingskraft i hela landet. Samtidigt ska transportsystemet vara jämställt, det vill säga likvärdigt svara mot kvinnors respektive mäns transportbehov.

Hänsynsmålet handlar om säkerhet, miljö och hälsa. Transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt. Det ska också bidra till det övergripande generationsmålet för miljö och att miljö kvalitetsmålen uppnås, samt bidra till ökad hälsa.

2.2.1 Funktionsmålet

Funktionsmålet är preciserat enligt följande:

- Medborgarnas resor förbättras genom ökad tillförlitlighet, trygghet och bekvämlighet.
- Kvaliteten för näringslivets transporter förbättras och stärker den internationella konkurrenskraften.
- Tillgängligheten förbättras inom och mellan regioner samt mellan Sverige och övriga länder.
- Arbetsformerna, genomförandet och resultaten av transportpolitiken medverkar till ett jämställt samhälle.
- Transportsystemet utvecklas så att det är användbart för personer med funktionsnedsättning.
- Barns möjligheter att själva på ett säkert sätt använda transportsystemet, och vistas i trafikmiljöer, ökar.
- Förutsättningarna för att välja kollektivtrafik, gång och cykel förbättras.

Framtagandet av ett säkerhetsmål för tunnlar har inte som syfte att påverka funktionsmålet. Indirekt får formuleringen av målnivåer en påverkan på kostnaderna som i sin tur skulle kunna påverka möjligheten att nå funktionsmålet. Exempelvis kan en för hög kravnivå begränsa antalet tunnlar som byggs, och det skulle kunna innebära sämre tillgänglighet och konkurrenskraft.

2.2.2 Hänsynsmålet

Hänsynsmålet är preciserat enligt följande:

- I juni 2009 beslutade riksdagen om ett nytt etappmål för trafiksäkerheten på de svenska vägarna. Det innebär att antalet trafikdödade år 2020 inte får vara fler än 220. Etappmålet innebär en halvering av antalet dödade i trafiken från år 2007 till år 2020. Antalet allvarligt skadade i trafiken ska minska med en fjärdedel under samma period.
- Antalet omkomna inom vägtransportområdet halveras och antalet allvarligt skadade minskas med en fjärdedel mellan 2007 och 2020.
- Antalet omkomna inom yrkessjöfarten och fritidsbåttrafiken minskar fortlöpande och antalet allvarligt skadade halveras mellan 2007 och 2020.

- Antalet omkomna och allvarligt skadade inom järnvägstransportområdet och luftfartsområdet minskar fortlöpande.
- Transportsektorn bidrar till att miljö kvalitetsmålet "Begränsad klimatpåverkan" nås genom en stegvis ökad energieffektivitet i transportsystemet och ett brutet beroende av fossila bränslen. År 2030 bör Sverige ha en fordonsflotta oberoende av fossila bränslen.
- Transportsektorn bidrar till att det övergripande generationsmålet för miljö och övriga miljö kvalitetsmål nås samt till ökad hälsa. Prioritet ges till de miljöpolitiska mål där transportsystemets utveckling är av stor betydelse för möjligheterna att nå uppsatta mål.

Framtagandet av ett säkerhetsmål för tunnlar har direkt påverkan på antalet omkomna och svårt skadade inom väg- och järnvägstransportområdet. Det är viktigt hur säkerhetsmålet formuleras för att bidra till uppfyllandet av hänsynsmålet, att antalet omkomna ska minskas.

Tunnelbana och spårväg omnämns inte direkt, men det kan antas att inriktningen ligger i linje med järnvägstransportområdet.

Hänsynsmålet anger inget specifikt om större olyckor med många omkomna. Inga slutsatser kan dras utifrån det, men inget stöd finns heller för särskilt beaktande och införande av aversionsfaktorer mot större olyckor.

2.3 Tidigare utredningar

Denna rapport bygger, som tidigare nämnts, på den tidigare rapporten, "Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana".

Den tidigare rapporten konstaterade att krav på utformning av tunnlar finns i viss omfattning men säkerhetsmål saknas. Osäkerhet kan uppstå om vilka mål som ska uppnås, och olika risknivåer kan bli resultatet när kraven tillämpas i olika projekt.

Rapportens förslag till säkerhetsmål för nya tunnlar berör endast tunnelspecifika olyckor, det vill säga de som endast kan orsakas i tunnlar och de som kan orsakas var som helst men vars följdkonsekvenser blir särskilt allvarliga i tunnlar.

Förslaget baseras på inventering av regelverk, allmänna principer och grunder för riskanalys, erfarenheter från olika projekt samt analys av olika sätt att mäta risk. Förslaget baseras på ett gemensamt trafikslagsövergripande kvantitativt säkerhetsmål uttryckt i F/N-diagram för vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbanor med en tydlig koppling till samhällsnyttan.

Förslaget formulerades sammanfattande enligt följande:

Risken vid färd i tunnel för väg, järnväg och tunnelbana ska vara likvärdig, uttryckt som risk att förolyckas per personkilometer.

Slutsatserna var att det finns möjligheter att etablera ett gemensamt säkerhetsmål. Därutöver konstaterades att befintliga regler för väg- och järnvägstunnlar bör kunna utnyttjas som basstandard, och att möjligheten att komplettera säkerhetsmålet med gränser uttryckta som PLL-tal specifikt för varje trafikslag bör undersökas. Modeller och metoder för samhällsekonomiska värderingar finns och bör kunna nyttjas vid optimering av säkerheten.

I den tidigare rapporten identifierades också behov av fortsatt arbete som kommenteras nedan:

- Det föreslagna kvantitativa riskmålet i F/N-diagrammet omfattar inte de risker som ligger utanför, till vänster och till höger, om det föreslagna riskmålet i F/N-diagrammet.
Behandlas vidare i föreliggande rapport.

- Det föreslagna målet baseras på samhällsrisk. En komplettering av acceptanskriteriet med inriktning mot individrisk, förslagsvis formulerat som PLL-tal, skulle kunna utformas specifikt för respektive trafikslag. *Omnämns i föreliggande rapport, men specifika mål för respektive trafikslag ingår ej i rapporten. Diskussion om att använda PLL-tal förs i denna rapport.*
- Det föreslagna målet har konstruerats med stöd av ett antal referenstunnlar. Kompletterande kontroll av beräknad risknivå för typtunnlar utrustade enligt basstandard kan behövas för att säkerställa målets nivå innan det slutligt fastställs. *Kompletterande kontroller har inte genomförts i denna rapport.*
- Nuvarande regelverk anger att viss andel farligt gods ska kunna transporteras utan särskilda åtgärder i vägtunnlar. Det bör utredas vilka andelar farligt gods som ska kunna accepteras i "normala" vägtunnlar utan krav på särskilda åtgärder eller krav på riskanalyser. *Detta har inte behandlats då det inte ingår i projektet.*
- Basstandard, enligt förslaget, ska baseras på etablerade regelverk för säkerhet i trafiktunnlar. Dessa finns i dag för väg och järnväg men saknas för tunnelbana. *Ny föreskrift TSFS 2017:119 hanterar tunnelbana och spårväg.*
- I den mån man kan se en fortsatt utbyggnad av tunnlar för spårväg bör om möjligt även detta trafikslag omfattas av säkerhetsmålen och en studie genomföras för att underbygga en sådan utveckling. *Spårväg ingår nu i säkerhetsmålet och denna rapport.*

3. Principer för utformning av ett säkerhetsmål

Detta avsnitt utgör till stor del en sammanfattning och resonemang av resultaten från tidigare rapport "Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana".

3.1 Allmänt

En allmän och entydig definition av begreppet risk finns inte, och med tanke på hur fragmenterad riskforskningen är och hur många olika perspektiv den innehåller är det inte möjligt att täcka in alla behov med en enda definition. Definitionerna som används i denna rapport är fritt översatta till svenska från två ISO standarder:

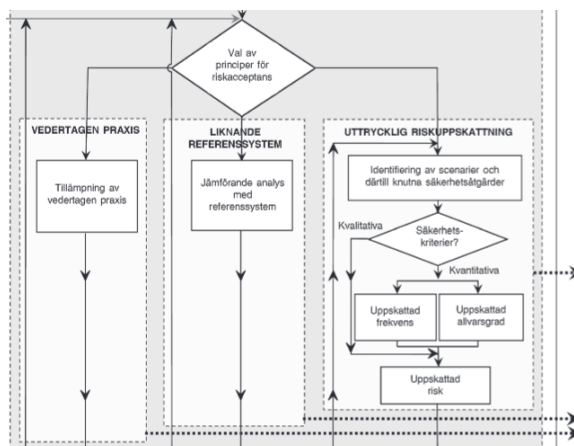
- Risk: "kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvens". [3]
- Säkerhet: "frånvaron av oacceptabel risk". [4]

En svårighet är att storheterna sannolikhet och konsekvens kan kombineras på en rad olika sätt, där de olika kombinationerna leder till olika riskmått.

Begreppet säkerhet är lika fragmenterad som begreppet risk varför det är lika svårt att täcka in alla behov även för detta begrepp. Reglering av säkerhetsnivån i en tunnel kan beskrivas som samhällets strävan av att kontrollera systemet tunneln så att risknivån inte blir för hög. Vad som är tillräckligt säkert utgör målet för denna rapport men det behövs också en grund för att vila en sådan nivå på. De olika grunderna som detta baseras på är vanligen:

- krav och regler för utformning
- jämförelse med referensobjekt
- beräknad risk och värderingen av den.

De ansluter till de olika grunder som anges i CSM [5] för att avgöra om en järnvägstunnel är tillräckligt säker. Målet för rapporten är att formulera ett säkerhetsmål till tredje punktsatsen ovan. I nedanstående två avsnitt berörs även första och andra punkten men dessa utvecklas inte vidare i denna rapport därefter.



Figur 1 Val av principer för riskacceptans enligt CSM-RA

3.1.1 Säkerhet genom krav och regler för utformning

Många trafiktunnlar är förhållandevis enkla och likartade, och de skulle kunna utformas med samma uppsättning krav på säkerhetsinstallationer och säkerhetsfunktioner. Dessa "normala" tunnlar skulle kunna utformas och utrustas enligt en "basstandard" som ska vara utformad så att säkerhetsmålet uppnås, men utan att särskild riskanalys behöver utföras.

En basstandard föreskriver ett antal grundläggande krav för en tunnel som alltid ska uppfyllas och som kan vara svåra att visa i en riskanalys. Med basstandarderna för tunnelarna menas den uppsättning av krav som finns i regelverk i avsnitt 2.1. Syftet med att formulera en basstandard är att kunna föreskriva åtgärder för att hantera olyckor som är relativt vanligt förekommande och som kan härledas empiriskt. För vissa säkerhetssystem är det heller inte lämpligt att använda riskanalysen som metod för att härleda lämpliga säkerhetsåtgärder, exempelvis är det svårt att med hjälp av riskanalys bevisa nyttan av lämpliga ljusnivåer för nödbelysning.

3.1.2 Jämförelse med referensobjekt

I de fall där en basstandard inte är tillräcklig för en tunnel kan exempelvis enkla jämförande analyser vara ett användbart verktyg. Jämförande analyser är ett verktyg som bör kunna användas för enklare tunnlar som har vissa speciella förutsättningar som gör att inte en basstandard kan användas fullt ut. Där det är osäkert kan också enklare jämförande analyser utvecklas för att tydliggöra behovet av riskanalys.

3.1.3 Beräknad risk och värdering av den

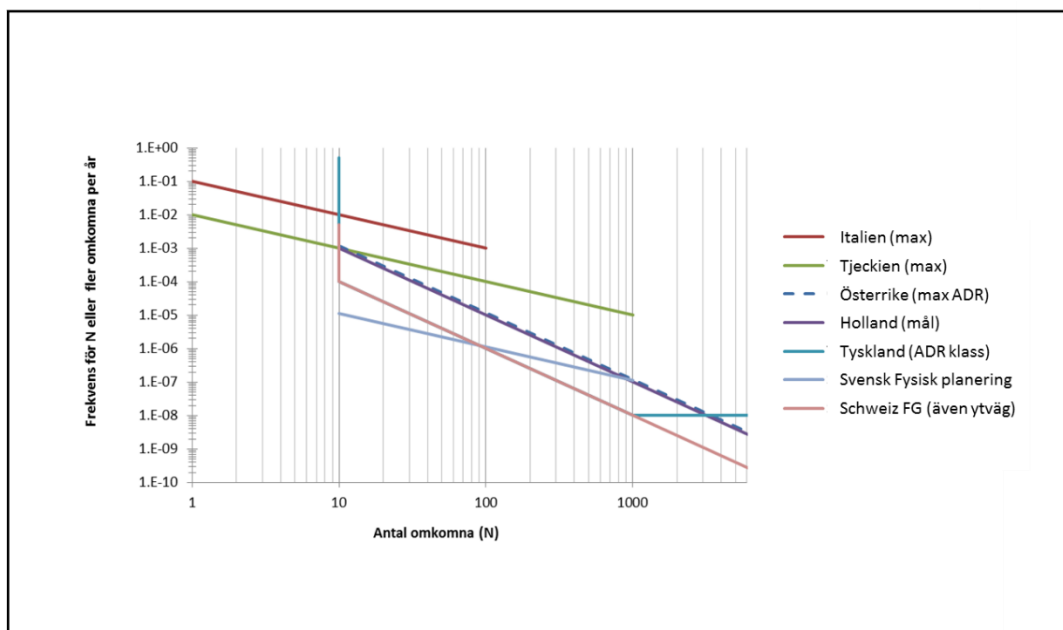
I de fall basstandard eller jämförande analyser inte är tillräckligt för att kunna fastställa att en tunnel är tillräckligt säker bör en beräknad risk användas som ett verktyg för att värdera tunnelars risknivå. För att kunna värdera risker behöver en referensnivå finnas som den beräknade risken kan värderas mot, ett säkerhetsmål. En utförlig presentation av olika typer av riskmått finns framtagna av PIARC [6] och kan sammanfattas med följande huvudtyper:

- kvalitativa
- semikvantitativa (index)
- kvantitativa
- deterministiska (scenariobaserade)
- probabilistiska (systembaserade).

Vad som är ett lämpligt eller tillräckligt riskmått beror på syftet med analysen och de förutsättningar som är kopplade till det specifika fallet. För att formulera ett transportslagsövergripande säkerhetsmål för tunnlar bedöms probabilistiskt mått vara det mest relevanta. Fördelen med kvantitativa riskmått är att de är mätbara, jämförbara, kommunicerbara och att de möjliggör en konsekvent hantering av säkerheten över tid. Kvantitativa riskmått medför att en acceptansnivå kan anges eller väljas. I grunden finns dock alltid en begränsning då resultatet i en kvantitativ analys aldrig blir mer korrekt än de indata och de antaganden som görs, alla kvantitativa analyser innehåller således ett stort mått av kvalitativa inslag. Kvalitativa mål skulle kunna utvecklas för de tunnlar som diskuteras i avsnitt 3.1.2 men utvecklas inte vidare i denna rapport.

Sannolikhet							
60-100%	5						
41-60%	4						
21-40%	3						
1-20%	2						
0-1%	1						
		1	2	3	4	5	Konsekvens
		<5 Mkr	5-20 Mkr	20-75 Mkr	75-300 Mkr	> 300 Mkr	Direkta kostnader [Kkr]
		< 1 mån	1-3 mån	3-6 mån	6-12 mån	> 1 år	Projektförsening [Dagar]
		1	2	3	4	5	Anseende

Figur 2 Exempel på semikvantitativ riskmatris



Figur 3 Exempel på riskmått som används i olika europeiska länder uttryckt i ett F/N-diagram

För att kunna formulera ett säkerhetsmål behöver det baseras på något för att kunna säga vad som är tillräckligt säkert. Målet kan exempelvis baseras på:

- historiska risker
- bakgrundsrisker
- exempel eller referensfall
- ekonomisk analys
- expertbedömningar

I tidigare rapport har jämförelser mellan olika exempel och referensfall gjorts där det har visat sig att riskkurvor från flera stora tunnelprojekt sammanfaller relativt väl, varför det bedöms lämpligt att använda dessa referensfall som en grund för att formulera ett säkerhetsmål.

Det är viktigt att normera acceptansen för olycksutfall på lämpligt sätt. Det bedöms inte vara lämpligt att formulera säkerhetsmål eller kriterier onyanserat, eftersom det kan medföra väldigt hög och kostsam säkerhetsstandard i vissa typer av anläggningar och få motsatta effekter i andra anläggningar. Inom trafiksäkerhetsarbetet på ytvägnätet är detta välkänt. Där är det uppenbart att det förväntade antalet olyckor, sett över tid, inte är detsamma för en kort lågtrafikerad vägsträcka som för en lång högtrafikerad vägsträcka. Utifrån jämförelser i tidigare rapport har personkilometer visat sig vara lämpligt då det ger en samstämmig bild när riskkurvor jämförs samt att det ger en tydlig koppling till samhällsnyttan.

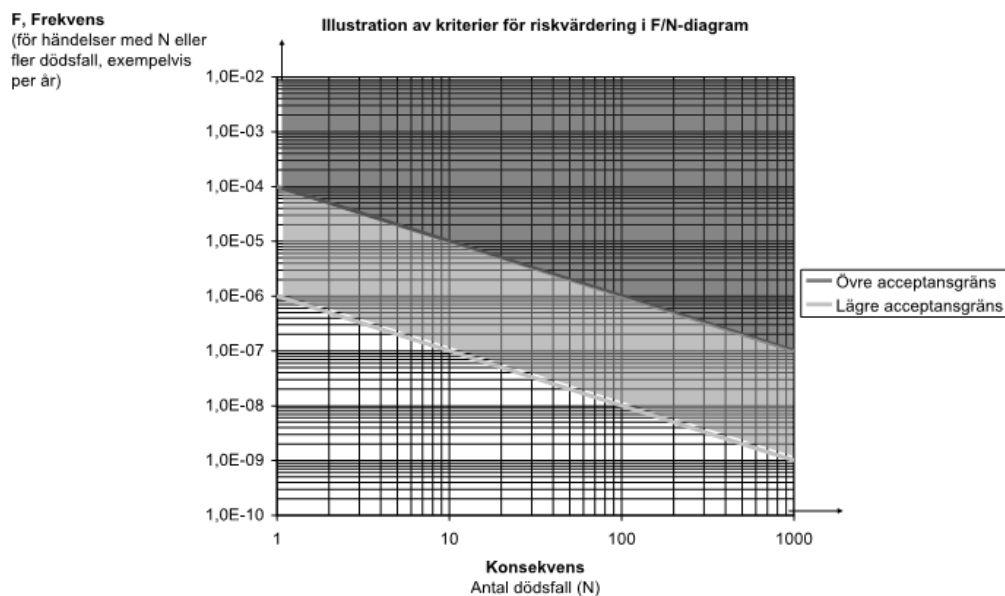
3.2 Utformning av ett säkerhetsmål

3.2.1 Individrisk eller samhällsrisk

I många situationer där riskanalys utförs, t.ex. vid riskanalys av kemikalieutsläpp från industrier, används principiellt två olika typer av probabilistiska riskmått. Dessa är individrisk och samhällsrisk, som kan sägas avspegla två olika perspektiv. Individrisk kan definieras på många olika sätt, ett vanligt sätt är som sannolikheten att omkomma för en person som vistas på ett och samma ställe under en given tidsperiod, så kallad platspecifik risk. Antalet människor som utsätts för faran har således inte någon inverkan på värdet av individrisken. Individrisken kan användas för att studera hur risknivån varierar geografiskt i eller runt en anläggning, t.ex. som en funktion av avståndet från riskkällan. Riskmättet kan också vara användbart för att studera så att ingen enskild individ exponeras för en orimligt hög risknivå.

Olyckor i tunnlar, som är typiska tunnelolyckor, är till sin natur kollektiva. Med detta menas att exempelvis är en vägtrafikolycka samma typ av olycka oavsett om den sker i tunnel eller på ytan. Det är inte tunnelns konstruktion som sådan som i regel påverkar olyckans utgång utan oftare sådant som väglinje, hastighet och fordonets utformning. De som drabbas av olyckan är oftast de som sitter i det olycksdrabbade fordonet. För olyckor som är typiska tunnelolyckor, så som en brand, påverkas förloppet och konsekvenserna av olyckan av tunnelns utformning och det är tunnelns omslutande konstruktion som medför att även andra resenärer i tunneln kan påverkas av olyckan. Rapportens mål är att formulera ett säkerhetsmål som är relevant för att uppfylla de tekniska egenskapskraven specifikt för tunnlar varför inte individrisk bedöms som ett lämpligt riskmått. Individrisken kan sägas vara lämpligast att hantera genom de allmänt trafiksäkerhetshöjande arbetena som görs och den basstandard som finns eller ska etableras.

Samhällsrisk beskriver risken för en grupp att omkomma, exempelvis de som vistas på en och samma plats. Risknivån påverkas således av hur många personer som befinner sig i anläggningen och kan också variera över tid. Riskmättet påverkas också av hur allvarlig en olycka är, exempelvis storleken av en brand eller ett gasutsläpp. Samhällsriskmättet bedöms vara det lämpliga riskmättet för att formulera ett säkerhetsmål för tunnlar.



Figur 4 Exempel på utformning av samhällsriskmått för järnvägsolyckor från TDOK 2015:0166 uttryckt i F/N-diagram

3.2.2 Utformning av ett samhällsriskmått

Risikexponeringsmått kan formuleras på många olika vis. Internationell litteratur, se t.ex. [6], visar att de förhärskande riskmått för att beskriva individ- och samhällsrisk i trafiksystem är med så kallade PLL-tal (Potential Loss of Life) och F/N-kurvor (frequency-number).

F/N-kurva förefaller vara ett relevant mått för att kunna visa på en riskprofil för att värdera den enskilda anläggningen. Andra mått som PLL-tal etc. beskriver inte riskprofilens utformning utan anger väntevärdet för det totala antalet omkomna. De frekventa olyckorna, med få omkomna, är dominerande i många anläggningar. Om ett PLL-tal skulle användas finns det risk att de frekventa olyckorna med få omkomna kommer att dominera PLL-talet. Som nämnts ovan i avsnitt 3.2.1 är det denna typ av olyckor som oftast inte påverkas av tunnelns konstruktion och utformning. Tidigare erfarenheter visar även att osäkerheterna i skattning av trafikskador i tunneln kan vara större än riskbidraget från både farligt gods och bränder tillsammans. Det gör att PLL-tal är ett trubbigt mått för att värdera säkerheten i den enskilda anläggningen. PLL-tal tjänar mer som information när hela system studeras eller när jämförelser görs mellan trafikslag, i syfte att verifiera säkerheten i den enskilda tunneln ger de en begränsad nytta.

PLL-talet utgör i grunden en summering av F/N-kurvan varför det inte tillför någon ny information som inte en F/N-kurva ger. I fortsatt arbete tas därför utgångspunkt i en F/N-kurva som mått för att formulera ett säkerhetsmål.

3.2.3 Exponeringsmått

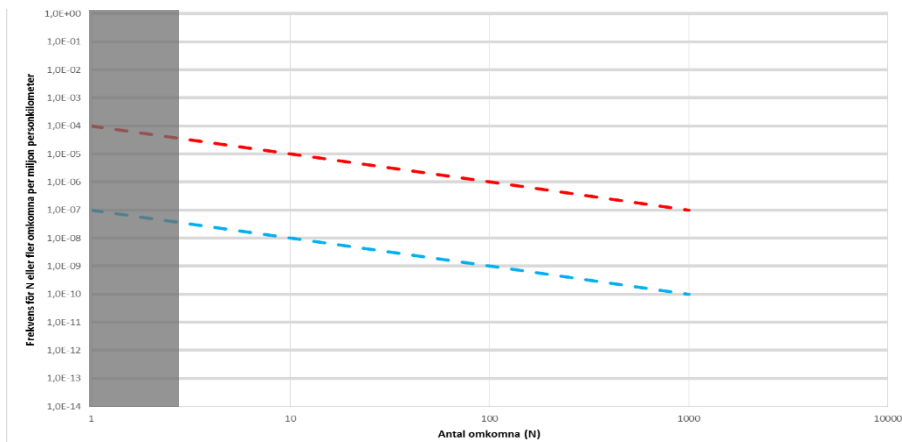
Exponeringsmått utgör en viktig del vid formulering av ett säkerhetsmål. Med exponeringsmått menas mot vilken enhet risken normeras. I risksammanhang är det vanligt att risker uttrycks per år, per arbetad timme, per tunnelkilometer etc. Ett problem med att exempelvis normera ett F/N-diagram för en tunnel mot år är att det innebär att lika många tillåts omkomma per år i en lång tunnel med mycket trafik som i en kort tunnel med lite trafik. Andra vanliga enheter att använda är fordonskilometer, tunnelkilometer etc.

Vid tidigare jämförelser av olika projekt i tidigare rapport ger analyserna störst samstämmighet när de normeras mot personkilometer. Personkilometer är också ett exponeringsmått som ger en naturlig koppling till samhällsnyttan av anläggningen varför detta används fortsatt i denna rapport.

3.3 Utformning av ett F/N-diagram

3.3.1 Hantering olyckor med få omkomna

Det finns tydliga skillnader mellan trafikslagen vad gäller händelser med enstaka omkomna. Dessa händelser är också ofta mer frekventa och ofta finns därför erfarenhet och empiriska samband, vilka normalt inarbetas direkt i regler som föreskrivna obligatoriska åtgärder. Det föreslås därför att säkerhetsmålet inte ska anges med riskmått i FN-kurvan för enstaka omkomna. Som också nämnts ovan i avsnitt 3.2.1 har utfallet för dessa typer sällan med tunnelns konstruktion att göra.



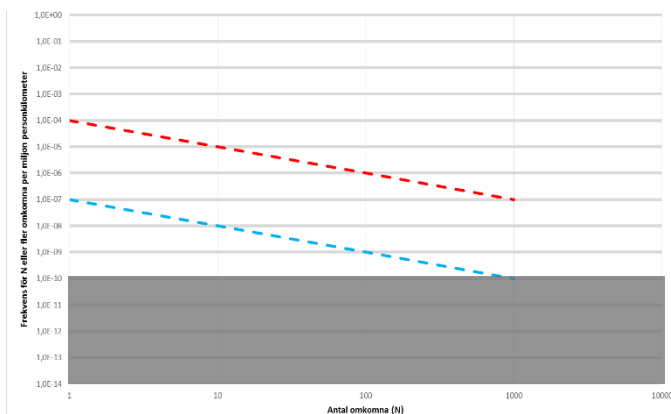
Figur 5 Illustration av vilken del av F/N-diagrammet som exkluderas när olyckor med få omkomna exkluderas

Utgångspunkten i det vidare arbetet är därför att olyckor med få omkomna exkluderas i F/N-diagrammet. Detta betyder i sig inte att olyckor med få omkomna ska bortses från i ett tunnelprojekt men att de bör hanteras med andra metoder, exempelvis genom att krav och regler för utformning utvecklas.

3.3.2 Hantering av osannolika händelser

Händelser med flera hundra- eller tusentals omkomna är oftast ytterst sällsynta och orsakerna eller kombinationer av orsaker kan vara svåra att finna teoretiskt. (Kärnkraften är exempel på när detta görs med oerhört omfattande analyser, men man lyckas ändå inte finna alla orsaker.)

Underlaget från analyserna i tidigare rapport ger inte heller någon samstämmig bild för händelser med flera hundra omkomna eller fler, vilket inträffar där sannolikheten är i storleksordningen 10^{-10} per miljon personkilometer. Det bedöms därför rimligt att olyckor med mycket liten sannolikhet ska kunna undantas från F/N-diagrammet. I denna rapport uttrycks det som att "osannolika händelser" undantas, även om det rent praktiskt är olyckorna med liten sannolikhet och stor konsekvens som är relevanta för diskussionen. I den tidigare rapporten uttrycktes detta som att olyckor med stora konsekvenser (300 - 500 omkomna) bör undantas. Detta utgör således en skillnad mot tidigare rapport och motiveras av att det är sannolikhetens storlek som bör vara drivande för diskussionen om när en olycka kan sägas vara så pass osannolik att den kan undantas från analysen snarare än konsekvensens storlek.



Figur 6 Illustration av vilken del av F/N-diagrammet som exkluderas när "osannolika händelser" exkluderas

För osannolika händelser med extremt stora konsekvenser krävs det troligen en annan typ av hantering, där dessa händelser sammanvägs och hanteras separat. Förmodligen är sådana analyser inte kostnadsnyttiga att göra i enskilda projekt. Exempelvis kommer antagligen jordbävning, materialfel i konstruktioner, feldimensionering etc. att bli signifikanta. Här kan en central utredning vara aktuell för att belysa riskerna generellt. Även krig och terrorhändelser med stora potentiella konsekvenser behöver hanteras utanför den traditionella riskanalysen baserad på olycksstatistik.

3.3.3 Acceptabel/oacceptabel risknivå och ALARP

En risknivå över acceptansnivån innebär principiellt att risken är oacceptabelt hög (och att säkerheten är för låg), medan en risknivå under acceptansnivån betraktas som acceptabelt låg (och att säkerheten är tillräckligt hög). Inom många tillämpningsområden har denna princip utvidgats till att också innehålla ett område mellan acceptabel och oacceptabel risk där det inte direkt går att säga om risken är acceptabel eller ej. Detta område kallas ibland för ALARP ("As Low As Reasonably Practicable") och innebär att risker kan accepteras om alla rimliga åtgärder vidtas. Vad som ska anses rimligt kan till exempel utvärderas med hjälp av kostnadsnyttoanalyser.

Det kan argumenteras för att den lägre nivån inte behöver finnas utan att risknivån är acceptabel först när alla kostnadsnyttiga åtgärder har vidtagits. På liknande sätt skulle det även kunna argumenteras för att inte heller den övre nivån skulle behövas och att alla kostnadsnyttiga åtgärder alltid ska införas och att risknivån således alltid är i ett ALARP-område. Ett sådant resonemang vore dock detsamma som att inte formulera ett mål. Utgångspunkten för denna rapport är att en nivå som visar acceptabel och oacceptabel nivå i ett F/N-diagram bör finnas då det har en pedagogisk betydelse och ger en möjlighet att sätta resultatet av en riskanalys i ett sammanhang.

Övre nivån har en pedagogisk betydelse när resultat av riskanalyser ska presenteras eftersom det ger en nivå att förhålla sig till. Det säger något om vilken nivå som kan anses "hög" i relation till det resultat som kommit fram i riskanalysen.

En nedre acceptansnivå har en pedagogisk betydelse när resultat av riskanalyser ska kommuniceras eftersom det ger en nivå att förhålla sig till. Gränsen säger något om vilken nivå som kan anses "låg" i relation till den övre "höga nivån" och resultat av riskanalysen. Gränsen kan i vissa fall begränsa behovet av utredningar av ytterligare åtgärder om det går att påvisa att risknivån redan är låg för de olycks kategorier som åtgärden riktar sig mot.

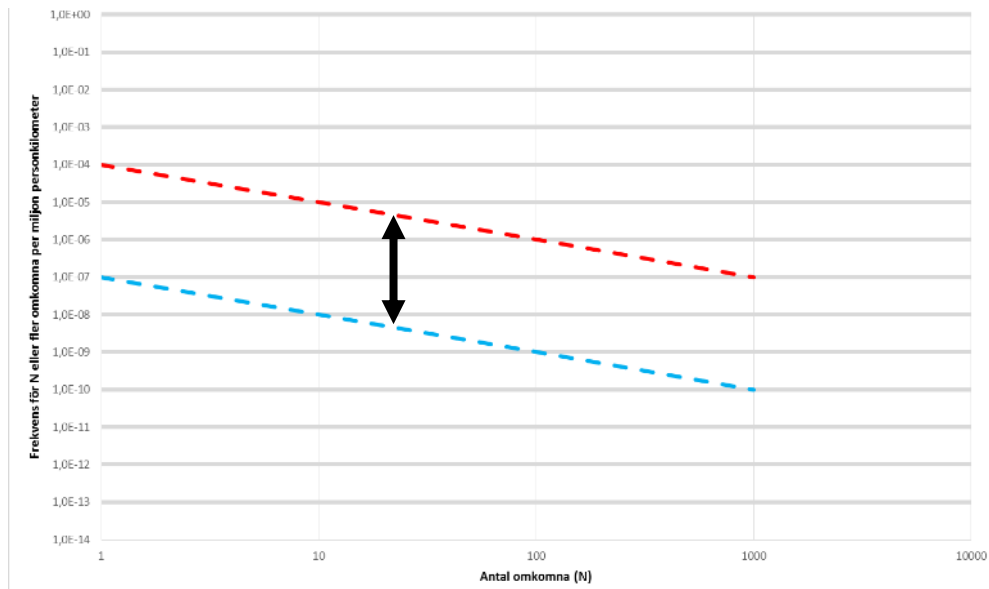
En fördel med att ange övre och nedre gränser är således att det ger en praktisk nytta och det går att visualisera hur säker en tunnel är relativt någonting. Det har därför praktisk nytta vid kommunikation av riskanalyser samt vid genomförandet.

ALARP-områdets storlek ges indirekt av hur den övre och nedre acceptansnivån sätts. Dock bör beaktas att:

- Om övre nivån anses motsvara en risknivå som är oacceptabel och nedre nivån motsvarar en nivå som är så låg att ytterligare åtgärder inte behöver vidtas bör skillnaden vara så pass stor att risknivån vid den undre gränsen kan anses försumbar (eller åtminstone mycket låg) jämfört med den övre gränsen. Detta har i vissa sammanhang tolkats som att den undre risknivån bör vara högst en procent av den övre nivån [7]

- Utifrån de osäkerheter som normalt finns i riskanalyser är det rimligt att ange ett minsta spann på ALARP-områdets storlek. Ett för snävt område kan resultera i att en riskprofil ligger inom acceptabel, oacceptabel och ALARP samtidigt, vilket bör undvikas. I [6] sägs att resultat av kvantitativa riskanalyser bör anses tillförlitliga "only to an order of magnitude".

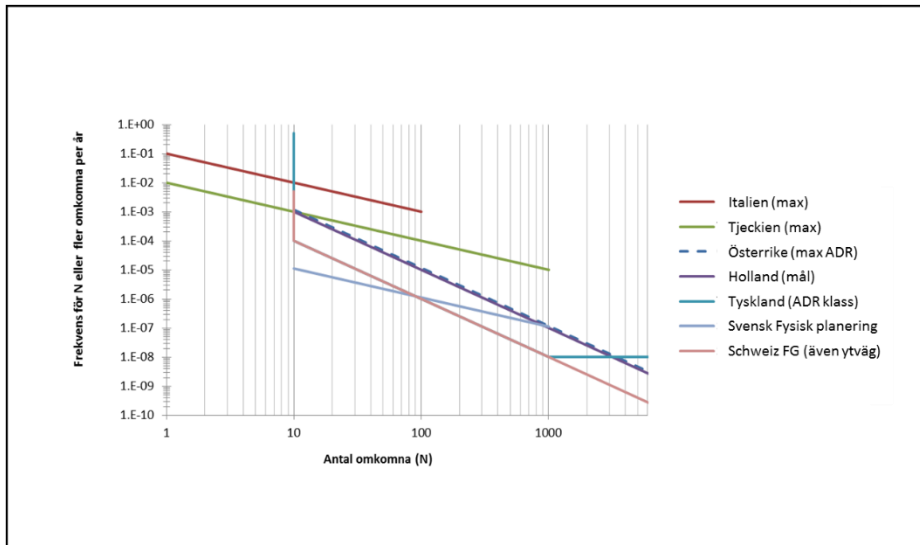
Baserat på ovanstående bedöms att ALARP-området bör vara minst två tiopotenser brett.



Figur 7 Illustration av övre och nedre acceptansnivå, området mellan linjerna ger ALARP-områdets storlek

3.3.4 Aversion mot stora olyckor

En övre och nedre acceptansnivå behöver anges med en lutning i en F/N-kurva. En lutning som anges med -1 kan sägas representera att det inte finns någon riskaversion. En lutning på mindre än -1, vanligen -2, kan sägas representera en riskaversion. Ju brantare lutning som används desto större kan riskaversionen sägas vara. Samhället kan sägas ha en generell riskaversion mot stora olyckor, vilket exempelvis visas i att stora olyckor har en tendens påverka samhället mer än flera små olyckor, där totala antalet omkomna är detsamma i båda fallen. Trots detta tas utgångspunkt att säkerhetsmålet sätts med lutning -1. Detta beror på att det inte bedöms finnas underlag för att i en föreskrift konstruera in en kurva som innebär att människoliv värderas olika beroende på vilken typ av olycka som har skett. Om brantare lutning skulle tillämpas skulle det i kostnad-nyttanalyser innebära att liv i tunnlar kommer att värderas högre än liv på ytnätet.



Figur 8 Exempel på olika aversionsfaktorer. Brantare linje innebär att en högre aversionsfaktor tillämpas

3.4 Sammanfattning utformning av transportslagsövergripande säkerhetsmål

Säkerhetsmålet som tas fram ska vara ett probabilistiskt kvantitativt mål. Samhällsrisk är ett relevant mått då det har en tydlig koppling till samhällsnyttan, samt att olyckor som är typiska för tunnlar sällan drabbar enskilda. Ett F/N-diagram bedöms vara bäst för att målet ska kunna vara mätbart, jämförbart, kommunicerbart och att det möjliggör en konsekvent hantering av säkerheten över tid. PLL-tal tjänar mer som information när hela systemet studeras eller när jämförelser görs mellan trafikslag, i syfte att verifiera säkerheten i den enskilda tunneln ger det en begränsad nytta.

En nedre gräns på antal omkomna bör finnas då det finns andra metoder som hanterar detta bättre, exempelvis genom krav på utformningen i regelverk. Ovanliga tunnelutformningar eller användningsområden kan dock kräva att särskilda analyser görs även för dessa typer av olyckor.

Osannolika händelser bör kunna undantas från F/N-kurvan då det saknas effektsamband som går att använda och andra händelser kan vara aktuella, exempelvis meteoror.

En övre och en undre acceptansnivå bör finnas då det har en pedagogisk betydelse eftersom det ger något att förhålla sig till i en analys och det blir enklare att kommunicera analysens resultat. Området mellan övre och nedre acceptansnivån, ALARP-området, bör vara minst två tiopotenser bredd sett till de osäkerheter som normalt finns i en riskanalys. Nivåerna anges med lutning som är -1, vilket inte speglar någon aversion mot stora olyckor.

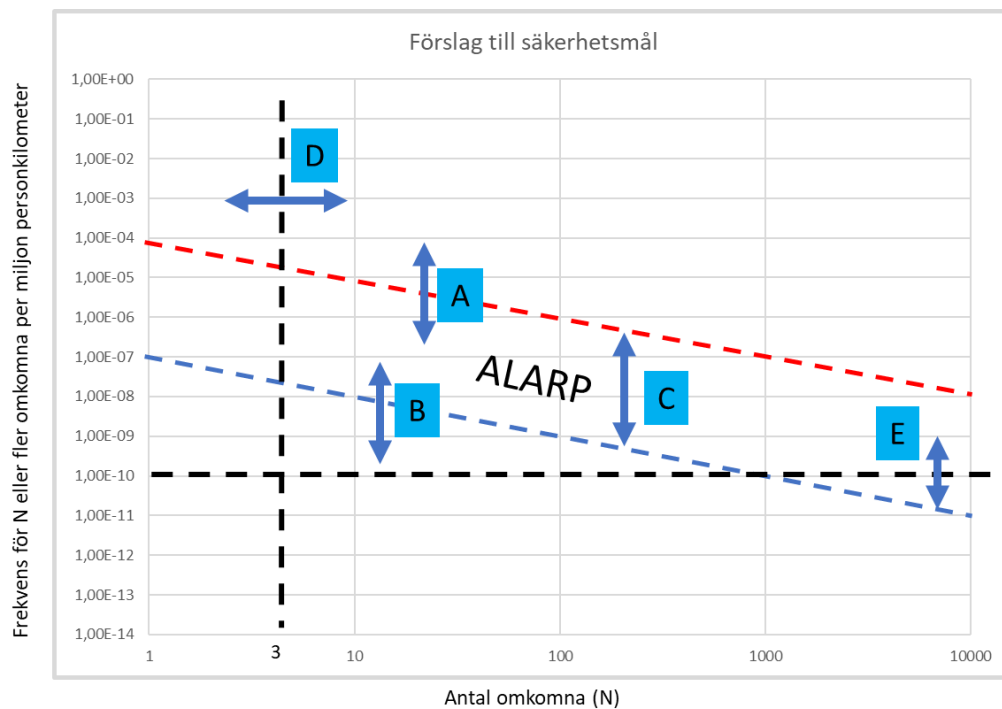
4. Förslag till säkerhetsmål baserat på F/N-diagram

4.1 Utformning av F/N-diagram

Enligt kapitel 3 gäller följande förutsättningar vid utformningen av F/N-diagrammet:

- F/N-diagrammet har en övre och en nedre acceptansnivå
- Övre och nedre acceptansnivå har en lutning av "-1"
- Exponeringsmättet är "personkilometer"
- Händelser med enstaka omkomna exkluderas
- Det undersöks om osannolika händelser kan exkluderas
- ALARP-området bör vara minst två tiopotenser brett

Dessa förutsättningar resulterar i ett F/N-diagram med ett principiellt utseende som i Figur 9. F/N-diagrammet har en övre acceptansnivå (röd linje, A) och en nedre acceptansnivå (blå linje, B) samt ett ALARP-område (C) däremellan. Vidare redovisas gränser för FN-kurvans giltighetsområde avseende fåtal omkomna (D) och osannolika händelser (E).



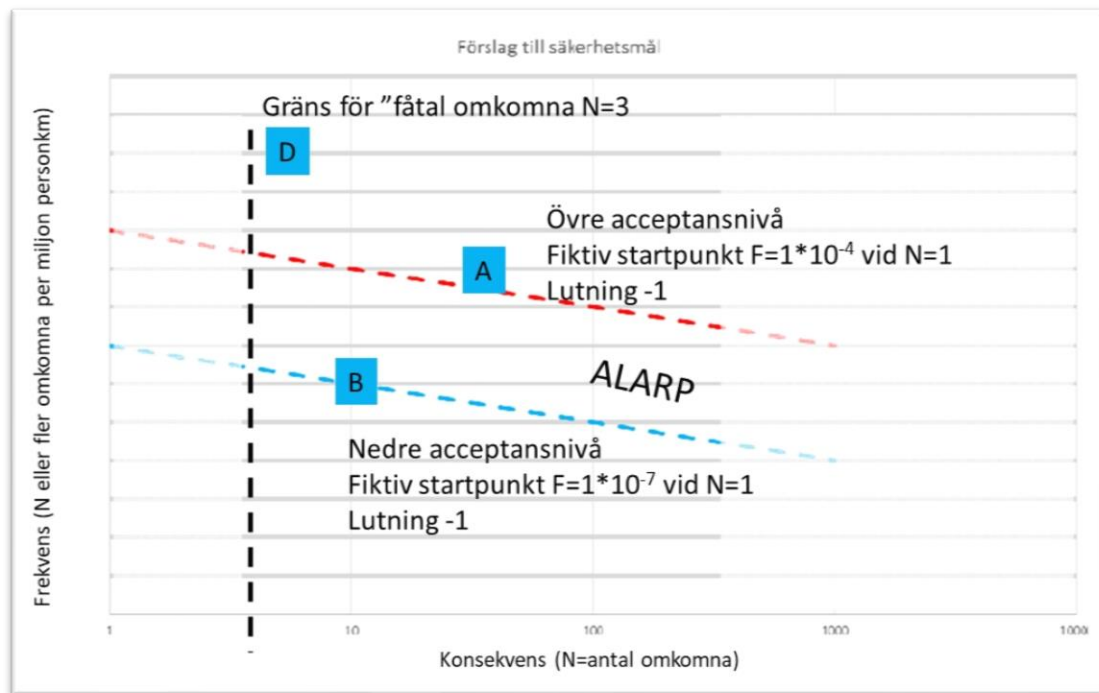
Figur 9 Principiell utformning av samhällsriskkriterium i form av F/N-diagram. Pilarna A-E representerar de val som ska göras.

För övre och nedre acceptansnivå (A och B) samt gräns för fåtal omkomna (D) och osannolika händelser (E) behöver då frågan var nivåer/gränser bör ligga besvaras. I avsnitt 3 konstaterades att ALARP-området (C) bör vara minst två tiopotenser brett och kan, med detta förbehåll, anses vara en konsekvens av valen av övre och nedre acceptansnivåer.

I avsnitt 4.2 - 4.5 nedan diskuteras parametrarna övre- och nedre-acceptansnivå, gräns för fåtal omkomna samt gräns för osannolika händelser vidare. I avsnitt 4.6 sammanfattas framtaget förslag till säkerhetsmål.

Vid värdering av övre- och nedre-acceptansnivå, samt gräns för fåtal omkomna tas utgångspunkt i det förslag som togs fram i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar", se Figur 10 nedan. Konsekvenser av att höja respektive sänka de tidigare föreslagna nivåerna värderas.

Avseende gräns för osannolika händelser (linje E i Figur 9) föreslogs i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" att detta skulle hanteras genom en gräns för "antal omkomna", gränsen föreslogs där till $N=300$. I föreliggande arbete föreslås istället att gränsen hanteras genom ett direkt frekvenskriterium.



Figur 10 Förslag till kriterier från rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" (A, B och D). NOT: Bilden är tagen direkt från den tidigare rapporten. Förutom gränserna A, B och D indikeras därmed även den då föreslagna gränsen för stora konsekvenser genom skuggning av området höger om $N \approx 300$

4.2 Övre acceptansnivå

4.2.1 Förutsättningar

Val av övre acceptansnivå har stor betydelse både för risknivå och samhällsekonomi. En "för hög nivå" kan innebära att orimligt stora risker för resenärer accepteras även om detta motverkas av att en viss minimistandard ska uppfyllas enligt gällande krav. En "för låg nivå" kan innebära att orimligt stora kostnader måste satsas för att uppfylla kriteriet eller att det i praktiken är omöjligt att uppfylla det.

I tidigare rapport "Säkerhetsmål i tunnlar" föreslogs att den övre nivån har en (fiktiv) startpunkt för $N=1$ på $1 \cdot 10^{-4}$ per miljon personkilometer och en lutning på -1.

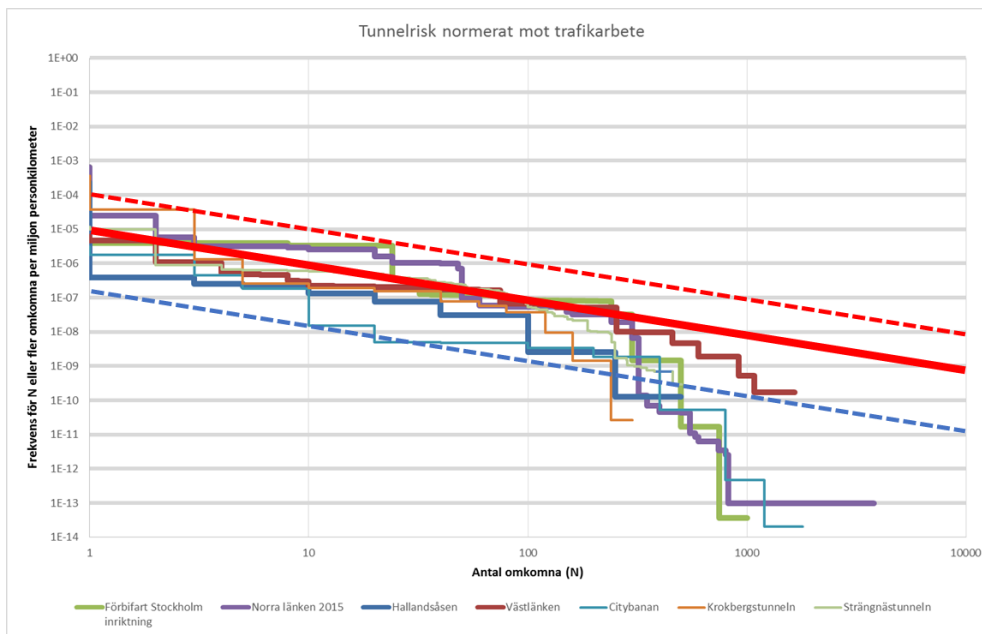
4.2.2 Värdering

Argument för/emot att sänka övre acceptansnivå

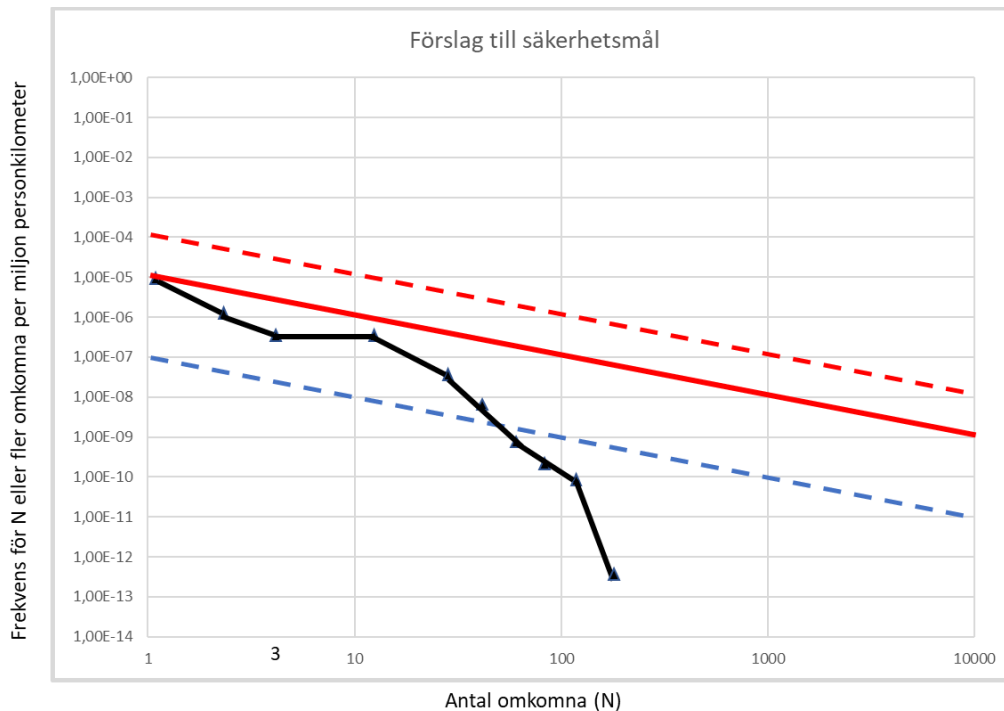
En sänkning av övre acceptansnivån med en tiopotens innebär att vissa projekt redovisade i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" skulle ha stora problem att uppfylla kriteriet, se Figur 11 nedan. Detta gäller främst vägtunnelarna i Norra länken och Förbifart Stockholm (kraftig grön och lila linje), men även järnvägstunnelarna i Västlänken och Strängnästunneln (brun och tunn grön linje) skulle tangera det övre kriteriet. Som framgår av Figur 12 skulle även Ostlänkens järnvägstunnel tangera det övre kriteriet. Både Västlänkens och Ostlänkens tunnlar har i utgångspunkten goda förutsättningar för att nå en hög säkerhetsnivå eftersom de endast kommer att vara upplåtna för persontrafik.

En sänkning av kriteriet bedöms därmed innebära att det för flera tunnlar kommer att vara svårt eller omöjligt att demonstrera att kriteriet uppfylls. Kriteriet skulle innebära ökade kostnader jämfört med dagsläget.

En sänkning skulle också innebära ett ställningstagande att säkerhetsnivån i tunnlar som håller på att byggas eller nyligen är driftsatta inte anses tillfredsställande för framtiden.



Figur 11 Föreslaget kriterium och redovisade analysresultat från "Säkerhetsmål i tunnlar", med en sänkt övre acceptansnivå (röd heldragen linje) inlagd.



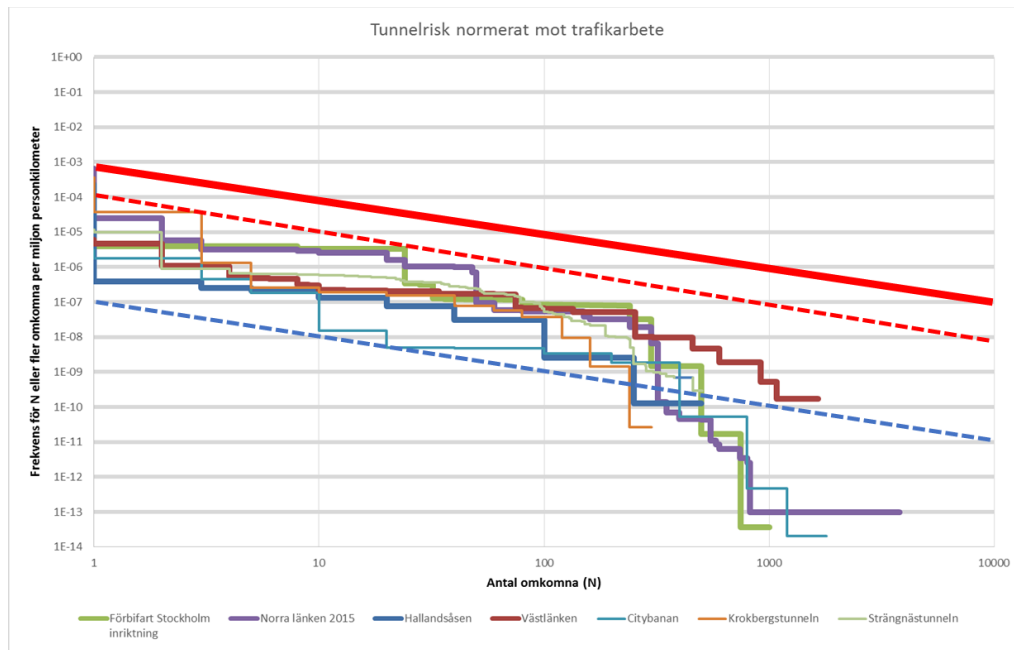
Figur 12 Beräknade risknivåer för typtunnel Ostlänken, med en sänkt övre acceptansnivå (röd heldragen linje) inlagd.

En sänkning av övre acceptansnivån skulle kunna motiveras av strävan mot nollvisionen avseende antal omkomna i trafiken. Det bör dock inte vara frågan om tunnelsäkerhet som är drivande i denna strävan eftersom tunnarnas bidrag till totala antalet omkomna i trafiken är marginellt. Så länge risknivån ligger inom ALARP-området ska kostnadseffektiva åtgärder ändå vidtas. Grad av kostnadseffektivitet kan löpande regleras genom att justera värdet av skadade och omkomna människor i dessa analyser. Det är också möjligt att stärka säkerhetskraven om risknivån ligger nära den övre acceptansnivån, genom att acceptera åtgärder med negativ kostnads/nytta kvot. Detta diskuteras vidare i kapitel 5.

Argument för/emot att höja övre acceptansnivå

Inom det område som kriteriet föreslås att gälla klarar projekt redovisade i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" av att uppfylla föreslaget kriterium. En höjning av övre acceptansnivå kan därmed innebära en försämring gentemot dagens nivå.

Gällande regelverk resulterar i en viss risknivå. En höjning av övre acceptansnivå kan innebära att en högre risknivå tolereras. Detta bedöms inte som rimligt.



Figur 13 Föreslaget kriterium och redovisade analysresultat från "Säkerhetsmål i tunnlar", med höjd övre acceptansnivå (heldragen röd linje) inlagd

4.3 Nedre acceptansnivå

4.3.1 Förutsättningar

Val av nedre acceptansnivå har troligen i praktiken inte så stor betydelse varken för risknivå för resenärer eller för samhällsekonomi, givet att en rimlig metod för kostnads/nytta-effekt kan tillämpas. Motivet till att ha en nedre nivå är snarare, som beskrivits i kapitel 3 att underlätta kommunikation av resultat och att minska behov av kostnads-nyttautredningar av åtgärder med liten säkerhetsnytta. Givet nivån av det övre acceptanskriteriet och att ALARP-området ska vara minst två tiopotenser så är det möjligt att höja den nedre nivån en tiopotens jämfört med föreslaget kriterium.

I rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" föreslogs att den nedre nivån har en (fiktiv) startpunkt för $N=1$ på $1 \cdot 10^{-7}$ per miljon personkilometer och en lutning på -1.

4.3.2 Värdering

Argument för/emot att sänka nedre acceptansnivå

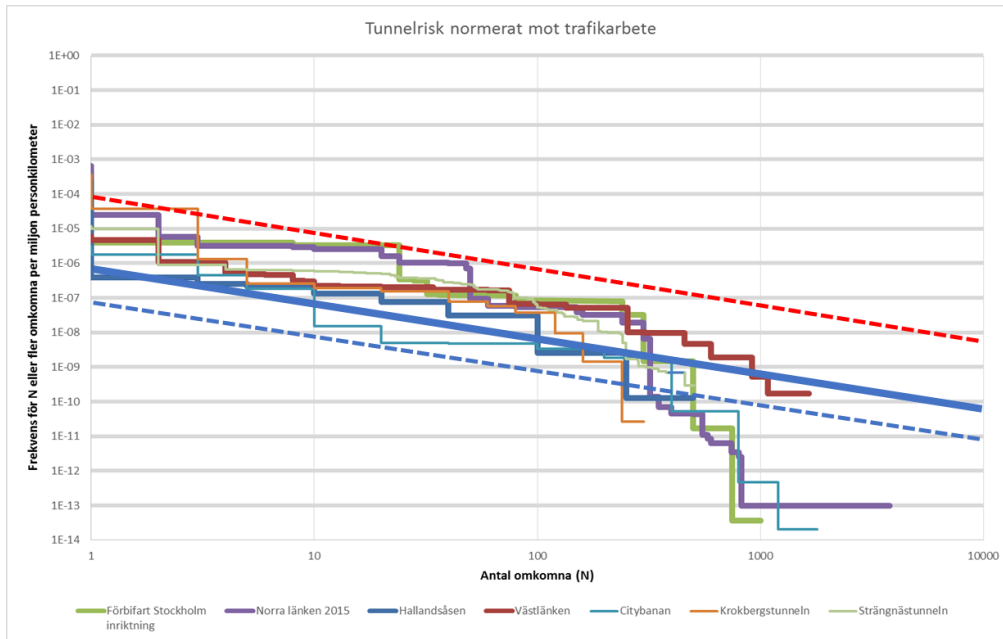
Givet en nivå av det övre acceptanskriteriet enligt ovan skulle en sänkning av den nedre nivån innebära ett ALARP-område på fyra tiopotenser, detta urholkar betydelsen av riskkriterierna och den nedre nivån förlorar i viss mån sin betydelse som "riktmärke".

En lägre nivå kan innebära att det kommer att ställas krav på utredningar av säkerhetshöjande åtgärder som kommer att visa mycket låg kostnadseffektivitet.

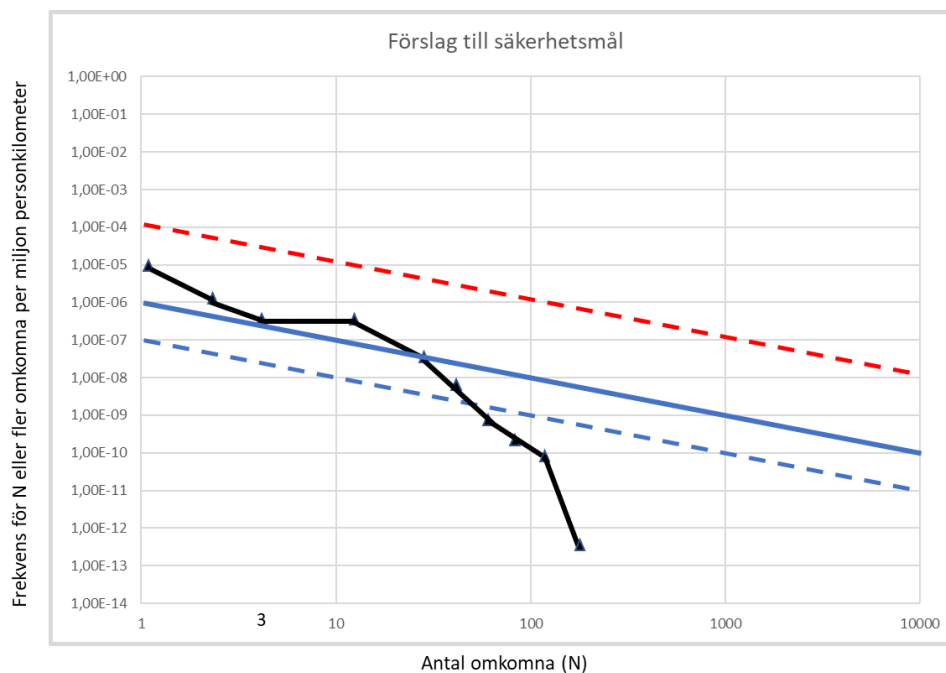
Argument för/emot att höja nedre acceptansnivå

För Citybanan och Ostlänkens järnvägstunnelar skulle en höjning av undre acceptansnivån innebära att beräknad frekvens för olyckor med fler än något eller några tiotal skulle hamna under den nedre acceptansnivån (se figur 14 och 15 nedan). Det bedöms som rimligt att möjliga åtgärder för att begränsa allvarliga konsekvenser inom och strax över detta konsekvensområde ska värderas och inte skrivas av enbart på grund av låg frekvens.

För flertalet studerade tunnlar skulle en höjning av nedre acceptansnivån inte ha någon avgörande betydelse, ett bibehållande av föreslagen nivå kan snarast ses som en försiktighet som säkerställer att möjliga säkerhetshöjande åtgärder provas.



Figur 14 Föreslaget kriterium och redovisade analysresultat från "Säkerhetsmål i tunnlar", med en höjd nedre acceptansnivå (blå heldragen linje) inlagd.



Figur 15 Beräknade risknivåer för typtunnel Ostlänken, med en höjd nedre acceptansnivå (blå heldragen linje) inlagd.

4.4 Gräns för fåtal omkomna

4.4.1 Förutsättningar

Som diskuterats i kapitel 3 så domineras olycksutfallet med fåtal omkomna för vägtunnlar av händelser som inte anses vara tunnelspecifika, varken avseende orsak eller konsekvens, utan "vanliga" trafikolyckor. Åtgärder för att hantera dessa risker vidtas därmed huvudsakligen utifrån empiriska data och inte utifrån resultat av riskanalyser för tunnlar.

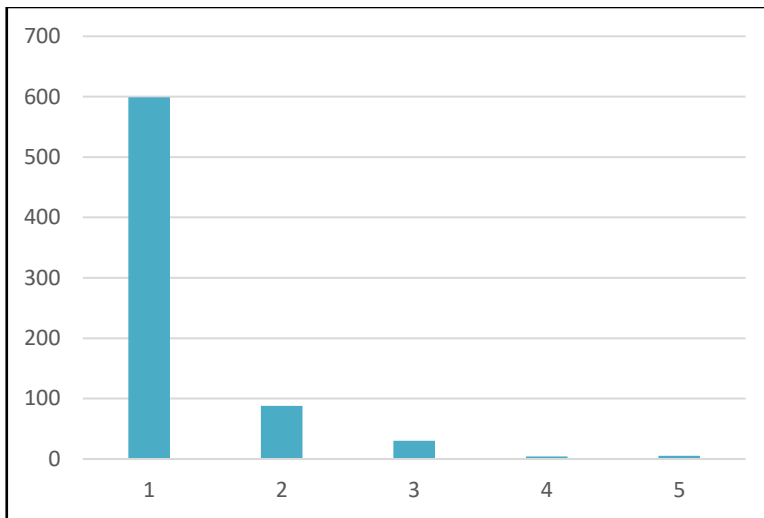
En sammanställning av olyckor rapporterade i Strada 2013–2017 ges i Tabell 1 nedan dels för alla rapporterade olyckor och dels för olyckskategorier som kan anses relevanta för vägtunnlar, där t.ex. GC-olyckor tagits bort. För olyckskategorier relevanta för vägtunnlar redovisas även totalt antal omkomna i Figur 16 Totalt antal omkomna vid händelser med 1 till 5 omkomna per händelse (Motorfordon - Upphinnande, Singel, Omkörning, Möte), från tabell 1. Av dessa siffror framgår att olyckor med en omkommen svarar för drygt 80% av totala antalet omkomna.

Tabell 1 Antal händelser och totalt antal omkomna vid händelser med 1–5 omkomna.

Antal omkomna per händelse	Alla olyckor		Motorfordon Upphinnande, Singel, Omkörning, Möte	
	Antal händelser	Antal omkomna	Antal händelser	Antal omkomna
1	1137	1137	599	599
2	68	136	44	88
3	10	30	10	30
4	1	4	1	4
5	1	5	1	5
Totalt antal omkomna		1312		726

Källa:

Strada statistikrapport	
Databas	Underlag för officiell statistik
Källa	Polis
Nivå	Olyckor
Datum	2013-01-01 - 2017-12-31
Svårhetsgrad	Dödsolycka



Figur 16 Totalt antal omkomna vid händelser med 1 till 5 omkomna per händelse (Motorfordon - Upphinnande, Singel, Omkörning, Möte), från tabell 1.

För spårtunnlar utgörs risken av allvarliga händelser såsom brand eller urspårning som till sin natur kan ha tunnelspecifika konsekvenser. Dessa händelser kan resultera i konsekvenser som går från någon eller några omkomna upp till hundratals omkomna. I området med få omkomna dominerar olika "restrisker", till exempel att en viss andel av personer i en brandutsatt vagn inte klarar av att utrymma även i händelse av en mindre brand. Risknivåer i detta område av F/N-diagrammet är till viss del svåra att påverka genom säkerhetshöjande åtgärder i tunnelkonstruktionen.

Givet nivån av det övre acceptanskriteriet och en lutning av -1 för detta så kan en för lågt vald gräns innebära att orimligt stora resurser måste satsas för att uppfylla kriteriet. En för högt vald gräns kan urholka säkerhetsmålet och innebära att tunnelspecifika händelser inte hanteras i riskanalysen.

Begreppet "ett fåtal omkomna" är rimligtvis ett ganska snävt begrepp som kan sträcka sig från två omkomna upp till ca fem eller möjligen tio omkomna. Det exakta värdet inom detta intervall bör rimligen inte vara av större betydelse.

I rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" föreslogs att kriteriet startar för N=3.

4.4.2 Värdering

Argument för/emot en lägre gräns

Ett värde lägre än tre innebär att kriteriet ska tillämpas från två omkomna och uppåt. Argument mot detta är de samma som för att överhuvudtaget ha en gräns för fåtal omkomna (se kapitel 3 och 4.4.1 ovan).

Argument för/emot en högre gräns

Ett värde högre än tre innebär att kriteriet ska tillämpas från fyra omkomna eller från ett högre värde. Någonstans går en gräns där tunnelspecifika konsekvenser spelar en betydande roll för olycksutfallet, och där konsekvenserna går att påverka genom olika val av tunneldesign och utrustning. Det finns dock ingen definitiv sådan gräns. Ett värde på fyra och med tre bedöms som en försiktig strategi för att inte riskera att undergräva betydelsen av tunnelspecifika olyckor.

Övrigt

Resonemanget i kapitel 3.3.1 och 4.4 ovan innebär inte att händelser med enstaka omkomna ska bortses ifrån. Det är givetvis väsentligt att alla rimliga åtgärder vidtas för att minimera risk för t.ex. upphinnandeolyckor i en vägtunnel. Emellertid så hanteras dessa risker normalt empiriskt snarare än analytiskt när det gäller vägtunnlar. För spårtunnlar utgörs händelser med få omkomna normalt av restrisker som är svåra att påverka genom tunnelkonstruktionen. Det kan dock finnas särskilda tunnelutformningar där risk för enstaka omkomna måste hanteras speciellt. Vad som är särskilda tunnelutformningar måste värderas i det enskilda fallet men skulle t.ex. kunna vara att utrymningsvägar leder över ett spårområde eller att det finns busshållplatser i en vägtunnel.

4.5 Gräns för osannolika händelser

4.5.1 Förutsättningar

Gräns för osannolika händelser har betydelse för vilka typer av händelser som bör inkluderas i en riskanalys. I detta sammanhang bör också beaktas vad som är möjligt att analysera och påverka. Gräns för osannolika händelser kan också ha betydelse för samhällsekonomi. En "för låg nivå" på vilka sannolikheter som ska inkluderas i analysen kan innebära att betydelsen av händelser som traditionellt behandlas i riskanalyser (t.ex. brand) överskattas jämfört med händelser som hanteras på annat sätt, eller inte alls analyseras (t ex strukturell kollaps, extrema naturhändelser, sabotage). Risken för att detta ska ha samhällsekonomiskt oönskade effekter, i form av att åtgärder med negativ kostnads/nytta-effekt vidtas för osannolika händelser, minskar dock med en lutning på -1 jämfört med en lutning på -2. En "för hög nivå" på vilka sannolikheter som kan avgränsas från analysen skulle kunna innebära att betydelsen av säkerhetsmålet urholkas och att en orimligt hög risknivå tolereras.

Någon gräns för osannolika händelser har ej föreslagits i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar". Där diskuterades en gräns baserat på antal omkomna, med kopplingen att olyckor med extrema konsekvenser har en mycket låg sannolikhet. Som diskuterat i kapitel 3 anses det emellertid rimligt att sannolikhetens storlek är drivande snarare än konsekvensens storlek.

Följande slutsatser kan emellertid dras av de analyser som redovisats i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar":

- Vid frekvenser i storleksordningen $1 \cdot 10^{-9}$ till $1 \cdot 10^{-10}$ per miljon personkilometer så visar, i övrigt tämligen samstämmiga analyser, divergerande resultat. Detta kan indikera att osäkerheterna är stora i detta intervall och nedåt.
- Beräknade F/N-kurvor faller i de flesta fall brant för frekvenser av storleksordningen $1 \cdot 10^{-9}$ till $1 \cdot 10^{-10}$ per miljon personkilometer. Med en lutning av acceptansnivåerna på -1 så tappar kriteriet relevans i detta område.

Givet att sannolikheten ska vara drivande kan följande principer för att hantera osannolika händelser i en riskanalys vara tänkbara:

1. Osannolika händelser undantas helt från den kvantitativa analysen. Någon gräns behöver därmed inte läggas in i FN-diagrammet, men en nivå för vad som kan anses som en osannolik händelse ska etableras.
2. Ett kriterium för osannolika händelser uttrycks som "per miljon personkilometer" och läggs in som en fast linje i FN-diagrammet på samma sätt som för "fåtal omkomna".

3. Ett kriterium för osannolika händelser uttrycks som "per tunnelkilometer" (eller annan längd) och räknas om till "per miljon personkilometer" specifikt för den tunnel som analyseras och läggs in i FN-diagrammet för den aktuella tunneln.
4. En gräns för osannolika händelser formuleras inte. Detta innebär att frågan får hanteras i enskilda projekt, vilket är på samma sätt som idag.

Möjliga ansatser samt för- och nackdelar med dessa principer diskuteras nedan.

4.5.2 Värdering

Princip 1. Osannolika händelser undantas från den kvantitativa analysen

En första fråga är då – vad är en tillräckligt låg sannolikhet? En utgångspunkt för detta kan vara konstruktionskriterier som tillämpas enligt Eurocode, där en "acceptabel risk för kollaps" för konstruktioner med allvarliga konsekvenser vid en kollaps anges till 10^{-6} per år.

För järnvägstunnlar kan en jämförelse (med vissa reservationer) göras mot tolerabel risk avseende säkerhetskritiska fel i säkerhetsutrustningen. Säkerhetskritiska fel är fel, som kan leda till att utrustningen inte förhindrar t ex kollision mellan järnvägsfordon eller att järnvägsfordon spårar ur.

Ett gammalt kvantitativt krav är "100-årskravet" [8].

Ett säkerhetskritiskt fel får inträffa högst en gång på 100 år i BV:s totala signalsäkerhetssystem gällande alla systemdelar från bangårdsobjekt via ställverk till ATC. Hela populationen av respektive delsystem ingår.

Detta krav har senare använts för att bryta ner krav på olika delar av säkerhetssystemet för enskilda anläggningar. Detta har under åren resulterat i olika krav på säkerhetssystem. För Botniabanan fastställdes ett säkerhetskrav på $5,0 \times 10^{-9}$ fel/timma för trafikstyrningssystemet.

Utgående från 100-årskravet och med antagandet att det finns i storleksordning 100 km järnvägstunnel i Sverige ges en tolerabel haverifrekvens av 10^{-4} per tunnelkilometer och år².

Dock ska beaktas att:

- Det kan finnas flera händelser som betecknas som "osannolika händelser". Som exempel kan nämnas olyckor med farligt gods som ofta delas upp i flera delhändelser (giftig gas, explosion, stor/liten brand, mm). Det kan antas att det finns minst 10 "osannolika händelser" och för att inte den samlade sannolikheten av händelser som undantas ska bli för stor bör därmed minst en faktor 10 läggas på som marginal.
- Det samlade signalsäkerhetssystemet för Sveriges järnvägar utgör ett mycket omfattande, komplext och kostsamt system med mycket stor nytta för säkerheten. Det bedöms inte som rimligt att restrisk i tunnlar från händelser som undantas i analysen ska få bidra med samma olycksfrekvens som hela signalsäkerhetssystemet. För att inte restrisker i tunnelanalyser ska utgöra en signifikant risk jämfört med restrisker i det samlade signalsäkerhetssystemet bör en faktor 10 – 100 läggas på som marginal.

Detta ger en tolerabel nivå för osannolika händelser på 10^{-6} till 10^{-7} per tunnelkilometer och år.

² en haverifrekvens av 10^{-4} per tunnelkilometer och år och 100 km tunnlar ger en haverifrekvens av 10^{-2} per år eller ett haveri per 100 år

Botniabanans säkerhetskrav på trafikstyrningssystemet på $5,0 \times 10^{-9}$ fel/timma motsvarar en felfrekvens av $4,4 \times 10^{-5}$ per år ($5,0 \times 10^{-9}$ fel/timma och 8760 timmar per år). Botniabanan har 16 tunnlar med en sammanlagd längd av ca 25 km. En felfrekvens på $4,4 \times 10^{-5}$ per år utslaget på 25 km tunnel ger en tolerabel frekvens av $1,8 \times 10^{-6}$ per tunnelkilometer och år. Med resonemang enligt ovan bör det finnas en marginal på en eller flera tiopotenser till detta.

En slutsats av ovanstående resonemang är att för att händelser ska kunna bedömas som "osannolika" och inte beaktas i den kvantitativa riskanalysen bör de ha en bedömd sannolikhet av 1×10^{-7} per tunnelkilometer och år eller lägre.

För/nackdelar med denna princip är att:

- (+) Händelser med en allmänt accepterad låg sannolikhet kan undantas från analysen.
- (-) Ett av syftena med att ha en gräns för osannolika händelser är att undvika "onödigt" analysarbete, men för att kunna bedöma om en händelse har en tillräckligt låg sannolikhet måste ändå ofta någon form av analys genomföras.
- (-) I en riskanalys bryts vanligtvis inledande händelser ned i ett antal delhändelser, till exempel delas "utsläpp av farligt gods" upp beroende på typ av gods, storlek av läckage, antändning eller ej, explosion eller ej, mm. Detta innebär en risk att händelser bryts ner i delhändelser med en tillräckligt låg sannolikhet och därmed exkluderas från analysen. Det bedöms som svårt att skriva robusta och ändamålsenliga regler för att hantera detta.

Princip 2. Ett kriterium för osannolika händelser uttrycks som "per miljon personkilometer" och läggs in som en fast linje i FN-diagrammet

Parametern "miljon personkilometer" varierar kraftigt mellan olika tunnlar, några exempel:

- Ostlänkens järnvägstunnlar: ca 15 – 250 miljon personkilometer/år (baserat på genomsnittligt antal tåg/dygn 190, genomsnittligt antal passagerare per tåg 460, tunnellängd 0,5 – 8 km)
- Västlänken: drygt 1000 miljon personkilometer/år.
- Stockholms blåa tunnelbanelinje: ca 520 miljon personkilometer per år³

Givetvis finns det tunnlar som har väsentligt lägre trafikarbete än dessa.

Om en gräns för osannolika händelser då sätts till, som exempel, 1×10^{-9} per miljon personkilometer resulterar detta i en frekvens per år av ca 1×10^{-6} för Västlänken. För en kort tunnel i Ostlänken blir motsvarande frekvens då ca 2×10^{-8} .

För/nackdelar med denna princip är att:

- (+) Enkelhet med en fast linje i FN-diagrammet att förhålla sig till.
- (-) Eftersom syftet med den undre gränsen är att på ett enklare sätt kunna hantera händelser som inte bidrar till den totala risken jämfört med händelser så som jordbävning och materialfel i konstruktioner förefaller det inte rimligt att frekvensen ska variera med flera tiopotenser mellan olika tunnlar beroende på trafikarbetet.
- (-) En annan konsekvens är att en högre frekvens för osannolika händelser accepteras för en tunnel med ett högt trafikarbete än för en tunnel med lågt trafikarbete. Detta förefaller inte helt rimligt.

³ Antal personkilometer per vardag är $1433,8 \times 10^3$ för blå linje [25]. Antagande om att hela blåa linjen går i en sammanhängande tunnel och att lika många resor görs varje dag på hela året

Princip 3. Ett kriterium för osannolika händelser uttrycks som "per tunnelkilometer" och räknas om till "per miljon personkilometer" specifikt för aktuell tunnel.

Jämfört med konstruktionskriterier som tillämpas per objekt förefaller det rimligt att tillämpa en undre gräns "per tunnel". Flertal av de större händelserna som paralleller kan dras emot är också av sådan karaktär att de påverkar en hel anläggning oberoende av trafikarbetet, t.ex. jordbävning och meteornedslag. För att standardisera begreppet "tunnel" och också ta hänsyn till att tunnlar varierar kraftigt i längd bedöms det som rimligt att tillämpa ett exponeringsmått uttryckt som "per tunnelkilometer". Detta är en praktiskt användbar längd och den motsvarar det mått som oftast används i samhällsrisikanalyser av farligt godstransporter.

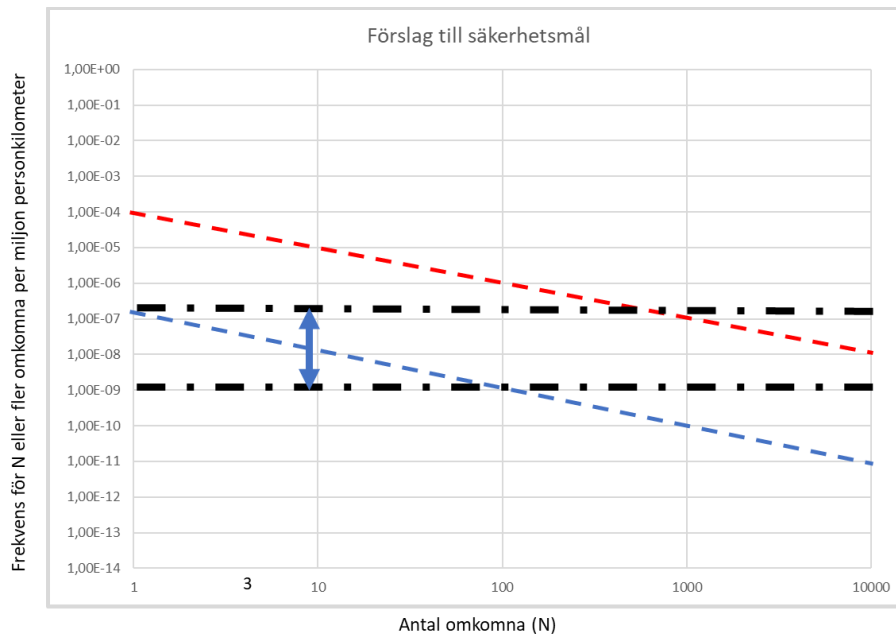
Några exempel på omräkning från "sannolikhet per tunnelkilometer" till "sannolikhet per miljon personkilometer" ges i tabell nedan. I dessa exempel utgår från en nivå på 10^{-7} per tunnelkilometer för osannolika händelser, baserat på princip 1 ovan, samt att detta utgör den samlade frekvensen för de händelser som undantas. Exempelen är hämtade från den tidigare rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar", två exempel har lagts till; en fiktiv lågtrafikerad vägtunnel och en tunnelbanelinje.

Tabell 2 Exempel på omräkning från tunnelkilometer till personkilometer för några tunnlar

<i>Tunnel</i>	Tunnel-längd (km)	Miljon personkilometer	"Sannolikhet /tunnel"	"Sannolikhet per miljon personkilometer" ⁴
Fiktiv lågtrafikerad vägtunnel	1	0,5	1,0E-07	2,0E-07
Strängnästunneln	2,9	3,8	2,9E-07	7,6E-08
Krokbergstunneln	4,5	7,2	4,5E-07	6,2E-08
Hallandsåstunneln	17,4	83,5	1,7E-06	2,1E-08
Blå tunnelbanelinje Stockholm	51	520	5,1E-06	9,8E-09
Norra länken	14	212	1,4E-06	6,6E-09
Förfart Stockholm	47	1000	4,7E-06	4,7E-09
Ostlänken kort tunnel	0,5	15	5,0E-08	3,3E-09
Västlänken	13,2	1030	1,3E-06	1,3E-09
Citybanan	12	1100	1,2E-06	1,1E-09

Ytterligheterna av dessa värden (Citybanan, $1,1 \times 10^{-9}$ och Fiktiv lågtrafikerad vägtunnel 2×10^{-7}) redovisas i figur nedan.

⁴ Baserat på nivå av 10^{-7} per tunnelkilometer för "osannolika händelser"



Figur 17 "Sannolikhet per miljon personkilometer" – högsta och lägsta värde från tabell ovan.

För/nackdelar med denna princip är att:

- (+) Desto högre personflöde desto osannolikare händelser (räknat per personkilometer) måste beaktas. Detta förefaller rimligt.
- (+/-) Lågt personflöde kan innebära att kriteriet urholkas, men även för det fiktiva vägtunnel-exemplet med mycket lågt personflöde ovan är den övre acceptanslinjen "intakt" upp till över 100 omkomna, varför detta inte bedöms som ett stort problem.
- (+) Jämfört med princip 1 är kriteriet robust, det går att på förhand se vad det innebär.
- (-) För att principen ska kunna tillämpas måste även de osannolika händelserna analyseras kvantitativt.

Samlad bedömning

En sammanfattning av ovanstående är att den princip som bedöms rimlig och ger en robust nivå (dvs. Princip 3 där ett kriterium för osannolika händelser uttrycks som "per tunnelkilometer" och räknas om till "per miljon personkilometer" specifikt för aktuell tunnel) inte tillför något avseende genomförande av riskanalysen eftersom även de osannolika händelserna måste analyseras kvantitativt.

Dessutom - sett till resultat från tidigare tunnelanalyser och med en lutning på -1 för övre acceptansnivå har en gräns för osannolika händelser mindre betydelse än om det hade varit en lutning på -2. Detta eftersom nivåerna faller brant i den högra delen av FN-kurvan. Den övre acceptanslinjen riskerar därmed inte att överskridas i den högra delen av kurvan och behov av åtgärder bestäms då av kostnadsnytta värdering alternativt ligger nivån under den undre acceptansnivån.

Den samlade bedömningen av detta är att någon gräns för osannolika händelser inte föreslås som en del av kriteriet då det inte bedöms göra en praktisk skillnad mot hur riskanalyser genomförs och värderas i dagsläget.

Princip 1, att osannolika händelser kan undantas från analysen, skulle underlätta analysarbetet men ger också stora möjligheter att missbruka metodiken. Det bedöms svårt att skriva robusta regler som hanterar detta.

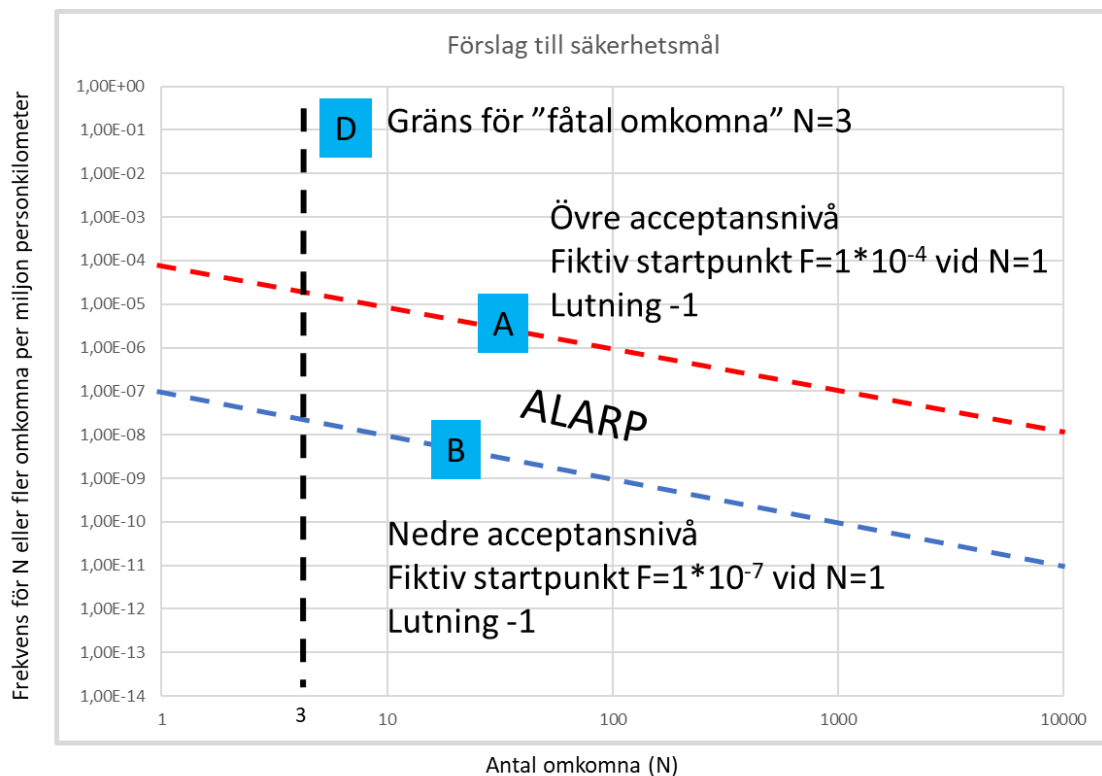
4.6 Förslag till säkerhetsmål

4.6.1 Förslag

Baserat på ovanstående föreslås följande mål:

Risken vid färd i tunnel för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg ska vara likvärdig, uttryckt som risk att förolyckas per personkilometer.

Föreslaget säkerhetsmål redovisas i Figur 18 nedan. Avseende övre acceptansnivå (A), nedre acceptansnivå (B) och gräns för fåtal omkomna (D) överensstämmer detta med förslag i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar". Avseende osannolika händelser föreslås däremot inte någon gräns.



Figur 18. Förslag på samhällsriskkriterium

4.6.2 Jämförelse mot principer för riskacceptans

I SRV rapporten Värdering av risk [7] redovisas ett antal principer och målsättningar som bör eftersträvas vid utformning av kriterier för tolerabel risk. Dessa principer hänvisas till i många sammanhang t ex på Boverkets hemsida [9]. I Tabell 3 redovisas dessa principer och hur de hanteras i de föreslagna kriterierna.

Tabell 3 Sammanfattande redovisning av hur några vedertagna principer och målsättningar avseende riskacceptans hanteras i de föreslagna kriterierna.

Principer och målsättningar	Hantering av dessa i föreslaget kriterium
Principer	
<p>1. Rimlighetsprincipen</p> <p>En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas (oavsett risknivå).</p>	<p>Tillämpning av ALARP-principen.</p> <p>Ett väl tilltaget ALARP-område nedåt i F/N-diagrammet.</p>
<p>2. Proportionalitetsprincipen</p> <p>De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter, tjänster, etc.) som verksamheten medför.</p>	<p>Exponeringsmått personkilometer innebär att risk vägs mot transportarbete (nytta) och att detta görs på samma sätt oavsett transportslag.</p> <p>Metodik med samhällsekonomisk analys stöder detta (se vidare kapitel 5).</p>
<p>3. Fördelningsprincipen</p> <p>Riskerna bör vara skäligen fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.</p>	<p>Vi värderar risk för resenärer, dvs. desamma som drar nytta av verksamheten.</p>
<p>4. Principen om undvikande av katastrofer</p> <p>Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.</p>	<p>Kriteriet bygger på bruk av FN-kurva och inte PLL-tal. Detta innebär att händelser med katastrofala konsekvenser belyses även om dessa har låg sannolikhet. Om enbart PLL-tal användes skulle fokus läggas på frekventa händelser med begränsade konsekvenser eftersom dessa dominerar det totala olycksutfallet.</p> <p>Den bedömning som har gjorts är att målsättning c nedan (kostnadseffektivt användande av resurser) är viktigare för att nå hänsynsmålen och sträva mot nollvisionen än undvikandet av katastrofer, därför har lutningen på övre och nedre acceptansnivå valts till -1.</p>
Andra målsättningar	
<p>a. Samhällets strävan efter en kontinuerlig förbättring av säkerhetsnivån skall understödjas.</p> <p>Detta innebär att kriterier skall utformas och tillämpas så att de ej blir konserverande utan utvecklas i takt med samhällets tekniska, ekonomiska och sociala utveckling.</p>	<p>Ett väl tilltaget ALARP-område ger möjlighet att justera den risk som i realiteten accepteras genom att justera nyttoeffekten</p> <p>Metodik med samhällsekonomisk analys (se vidare kapitel 5) innebär att man tar hänsyn till förändringar i nytta, kostnader eller tillgängliga lösningar</p>

Principer och målsättningar	Hantering av dessa i föreslaget kriterium
<p>b. Kriterier skall vara praktiskt tillämpbara med hänsyn till vedertagna Riskanalysmetoder.</p> <p>Detta innebär att utformning och tillämpning av kriterier skall beakta de möjligheter och begränsningar som föreligger för riskanalyser.</p>	<p>Kriteriet baserat på "omkomna", det finns osäkerheter även i detta men tydligare än att basera kriteriet på "skadade"</p> <p>Ett ALARP-område vars storlek beaktar osäkerheter i analyser</p> <p>Olika grad av kostnadseffektivitet kan tillämpas i olika delar av ALARP-området.</p>
<p>c. Kriterier skall bidra till ett kostnadseffektivt användande av resurser för riskreducerande åtgärder.</p> <p>Detta innebär att riskkriterier skall beakta kostnadseffektivitet av riskreducerande åtgärder.</p>	<p>Ett väl tilltaget ALARP-område uppåt i F/N-diagrammet.</p> <p>Metodik med samhällsekonomisk analys (se vidare kapitel 5) har detta som främsta mål.</p>

5. Förslag på lämplig verifieringsmetod

5.1 Verifiering av risknivå

För att bedöma om en tunnel är tillräckligt säker behövs en grund för att vila en sådan nivå på. I den för järnvägssektorn gällande CSM-RA-förordningen [5] om gemensamma säkerhetsmetoder kan det verifieras enligt någon av de tre nedanstående principer;

- Vedertagen praxis
- Jämförelse med referenssystem
- Uttrycklig riskuppskattning

Med uttrycklig riskuppskattning avses en beräkning av risken och jämförelse mot ett acceptanskriterium. Det förslag på säkerhetsmål som har tagits fram och presenteras som en F/N-kurva med en övre och nedre acceptansnivå kan användas som ett sådant acceptanskriterium. För att kunna beräkna riskens storlek behöver detta göras enligt en vedertagen metod. Exempel på vedertagna metoder ges i Boverkets rapport, Riskanalysmetoder [10] och Trafikverkets rapport, personsäkerhet i järnvägstunnlar [11].

Även om metodiken som sådan är vedertagen kräver alla riskanalyser stora mått av bedömningar, antaganden och andra kvalitativa inslag. Resultatet av analysen kan således till stor del påverkas av vem som utför den. Ett sätt att minska variationerna i resultat kan vara att tydligare standardisera metodik och indata för olyckor. Ett tydligt exempel på detta är "Purple Book" [12] som har standardiserat många parametrar för kvantitativa riskanalyser. I detta arbete har inte ett sådant arbete ingått men det kan finnas fördelar att i framtiden göra ett sådant arbete för att minska osäkerheter och variationerna i riskanalyserna.

Som nämnts ovan och i avsnitt 3 kan säkerheten ofta baseras på krav och regler för utformning, jämförelse med referensobjekt eller beräknad risk och värderingen av den varav denna rapport anger nivån för den sistnämnda. Det saknas idag en tydlig metodik för jämförelseanalyser även om det finns exempel från tunnelprojekt där sådana jämförelser har gjorts.

5.2 Värdering inom ALARP-området

Inom ALARP-området, området mellan övre och nedre acceptansnivån, ska det göras en värdering av möjliga säkerhetshöjande åtgärder baserat på en metodik som väger in kostnad och nytta. Metodiken som huvudsakligen bör följas är ASEK (se avsnitt 5.2.1) som är väl beprövad för denna typ av projekt, men inte använts mer än i enstaka fall för just säkerhetshöjande åtgärder i tunnlar. Syftet är att få fram ett underlag för att besluta om implementering, och att kunna verifiera att alla rimliga åtgärder har vidtagits.

I Transportstyrelsens föreskrift TSFS 2017:119 anges idag att en samlad bedömning ska göras samt att nödvändiga säkerhetsåtgärder ska värderas baserat på en kostnad-/nyttoanalys, dock utan att ange metodik eller hur värdering ska göras. Trafikverket anger också i TDOK 2016:0231 att "Kostnader för åtgärder ska vara kostnadseffektiva i förhållande till uppnådd riskreduktion. För kostnads- och nyttoanalyser ska "Beräkningsmetodik för samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn, ASEK 5.2" (Trafikverket) och nyttokostnadskvoten $NK > 0$ tillämpas". Enligt vissa källor bör hänsyn tas till om risken befinner sig i den övre eller nedre delen av ALARP och då tillåts införa åtgärder som har en liten positiv kostnads-/nyttakvot eller till och med negativ kvot om risken är i den övre delen av ALARP nära den övre delen av acceptansnivån. Detta motiveras ibland med de osäkerheter som finns i såväl kostnad-/nyttoanalyser som i riskanalyser. Här väljer vi att inte ge någon sådan rekommendation då det behövs ytterligare underlag för en tydlig vägledning eller krav.

I följande avsnitt beskrivs ASEK-metodiken och exempel på användande. Då ASEK är en relativt resurskrävande metodik så finns behov av kompletterande metoder för bedömning av kostnad och nytta. Här presenteras i 5.2.3 en förenklad metod för att göra analyser som bygger på resonemanget i ASEK. Den förenklade metoden bör användas på alla förslag till åtgärder som påverkar risken inom ALARP-området. Metoden ger möjligheter till en stegvis bedömning av åtgärder, med en ökad detaljeringsgrad vid behov.

5.2.1 Beskrivning av samhällsekonomisk analys enligt ASEK

Samhällsekonomiska analyser (kostnads-/nyttoanalyser) görs av olika aktörer för infrastrukturinvesteringar. I dessa beräknas kostnader och värderas nyttoeffekter med hjälp av effektsamband och kalkylvärden. Tillämpning sker i allt från avancerade datorbaserade modellverktyg till enklare handberäkningar baserat på kalkylblad.

Den samhällsekonomiska metoden och de kalkylvärden som används finns redovisade i rapporten "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn", även kallad ASEK-rapporten [13]. Metoden och dess förutsättningar beskrivs mycket övergripande nedan.

Analysen sker genom att ett eller flera investeringsalternativ jämförs med ett referensalternativ. Referensalternativet är vanligtvis ett nollalternativ, det vill säga tillståndet om ingen åtgärd genomförs. I ett första steg av den samhällsekonomiska analysen avgränsas projektet och de alternativ som ska studeras.

Därefter identifieras alla relevanta kostnader och effekter till följd av investeringen jämfört med nollalternativet. Effekterna måste kunna prissättas för att hanteras i analysen. Exempel på effekter som går att prissätta är t.ex. restidseffekter för personer och gods, trafiksäkerhetseffekter (antal döda och skadade), utsläpp av luftföroreningar och bullerstörningar.

Ej prissatta effekter bör hanteras i en så kallad "samlad effektbedömning" som görs utanför kalkylen. Det är viktigt att ett eventuellt beslutsunderlag utgår ifrån en sammanvägd bedömning där både resultatet från den samhällsekonomiska analysen och bedömningen av ej prissatta effekter ingår.

Tabell 4 Sammanfattning av vad som ingår i en samlad effektbedömning

Prissatta effekter	Kostnad/nytta beräknad med effektsamband enligt normvärden	Kostnad/nytta beräknad med effektsamband enligt kvantitativ riskanalys
Ej prissatta effekter	Kvalitativ beskrivning av kostnad/nytta	
Samlad effektbedömning	Sammanvägd bedömning	

Nästa steg i analysen är att kvantifiera och värdera nyttor och kostnader som åtgärden ger upphov till. För att effekten av en åtgärd ska kunna kvantifieras krävs underlag i form av effektsamband, till exempel vilken reduktion av antalet döda och skadade som en specifik åtgärd resulterar i. Dessa effektsamband bygger på studier i Sverige och utomlands och sammanställs i Trafikverkets publikation "Effektsamband för transportsystemet" [14].

I ASEK-rapporten beskrivs hur olika aspekter ska värderas monetärt, t.ex. värdet av minskad restid eller antalet döda och skadade. Värderingen bestäms utifrån faktiska marknadspriser eller betalningsviljestudier.

Investeringskostnaden beräknas för åtgärden och även drift- och underhållskostnader under investeringens livslängd bedöms. Kalkylperioden varierar för olika typer av åtgärder men är vanligtvis mellan 15 och 60 år. Även de värderbara nyttor som åtgärden resulterar i beräknas för kalkylperioden. För att alla nyttor och kostnader som uppkommer vid olika tillfällen under åtgärdens livslängd ska bli jämförbara diskonteras värdena till ett och samma år, kalkylens startår. Det kallas ett nuvärde.

I kalkylen sammanställs och summeras nuvärdet av alla löpande kostnader och intäkter (nyttoeffekter) som utfaller under kalkylperioden och från denna summa dras den samhällsekonomiska investeringskostnaden. Resultatet blir ett nettonuvärde som ska vara större än noll för att visa på lönsamhet, när det gäller alla effekter som värderas i kalkylen.

Som alla beslutsunderlag har samhällsekonomiska analyser olika grad av osäkerhet. De underlag som ingår i kalkylen i form av prognoser, kalkylvärden, effektsamband och antaganden avgör hur tillförlitliga resultat som kan frambringas. Det rekommenderas därför att olika känslighetsanalyser görs för att avgöra hur känsligt resultatet är för förändringar i indata eller gjorda antaganden.

5.2.2 Exempel på användande

Effektsamband enligt normvärden som redan finns redovisade och som kan vara aktuella att använda för vägtunnlar är exempelvis hastighetsbegränsning, mitträcken mm.

Effektsamband som kan redovisas med stöd av en kvantitativ riskanalys är släcksystem, bredare gångbana, tätare mellan utrymningsdörrar mm. I bilaga redovisas exempel på hur detta tillämpats i Förfart Stockholm.

Effekter som är svåra att prissätta är exempelvis åtgärder för att underlätta räddningstjänstens insatser, eftersom det idag är alltför svårt att bedöma räddningsinsatsens påverkan. Oftast så bedöms inverkan av en räddningsinsats konservativt till noll i de kvalitativa riskanalyser som görs och då kan per definition "ingen nytta" tillgodoräknas om räddningsinsatsen underlättas.

Inom tunnelsäkerhet finns det behov av att varje projekt inte ska behöva göra analyser av effektsamband som kan beskrivas med normvärden eller handberäkningar baserat på kalkylblad. Vissa effektsamband föreslås därför utvecklas inom området i framtiden. Metodiken ger ett s.k. effektsamband för de åtgärder som man vill analysera samhällsekonomiskt, d.v.s. man behöver ett underlag som beskriver vad en specifik åtgärd bedöms få för effekt i form av minskat antal döda, svåra personskador, lindriga personskador och egendomsskador. Det finns idag många normalvärden att tillgå för olika typer av åtgärder inom trafiksäkerhet, t.ex. mittseparering, hastighetssänkning etc.

5.2.3 Metod för förenklad analys

Då ett flertal olika åtgärder ofta identifieras så bör samtliga dessa värderas på ett strukturerat sätt med en förenklad analys innan någon väljs bort eller väljs att införas, eller att fördjupade studier görs.

Vilken metodik som väljs bör vara valfri så länge som kostnad och nytta beskrivs på ett relevant sätt. Nedan ges ett förslag på metodik och tillvägagångssätt för en förenklad metod. Koppling finns här mellan värdering av risk och ALARP, samtidigt som bedömningskriterierna liknar de som finns i ASEK.

Bedömningen nedan kan ske i två nivåer. Antingen med en jämförelse mellan olika alternativ med relativ gradering t ex mycket sämre, sämre, likvärdigt, bättre och mycket bättre. Alternativt med en reell bedömning av kostnad och nytta enligt stödtexter (i rött).

Metodiken innebär att respektive åtgärds påverkan på riskkurvan inledningsvis kan bedömas. Om kurvan exempelvis ligger inom ALARP för 5 - 20 omkomna så kan det vara intressant att främst se på åtgärder med effekt inom detta område. De alternativ som har ingen eller mycket liten påverkan på risken är inte intressanta utan sällas bort. Därefter bedöms investerings- och underhållskostnad i förhållande till nyttan av sparade personskade-, stillestånds- och återställningskostnader. En bedömning görs för att se om åtgärden överslagsmässigt ger en positiv eller negativ effekt. Finns det sedan behov av att göra en fullständig ASEK-analys, t ex för investeringsbeslut, kan detta göras i nästa steg för de åtgärder där det bedöms relevant.

Metodik för förenklad analys inom ALARP				Bedömningen nedan kan ske i två nivåer. Antingen med en jämförelse mellan olika alternativ med relativ gradering t ex mycket sämre, sämre, likvärdigt, bättre och mycket bättre. Alternativt med reell bedömning av kostnader enligt stödtexter.					
				Börja med att värdera 1 och 2. Alternativ med ingen eller mycket liten påverkan på risken är inte intressanta utan sällas bort. Bedöm 3+4 och sätt i relation till 5+6+7+8. Bedöm om åtgärden överslagsmässigt ger en positiv eller negativ effekt. Väg även in annan påverkan och värdera vilka åtgärder som är värda att studera vidare.					
1 Åtgärdsförslag	2 Bedömd påverkan på riskkurvan	3 Bedömd investeringskostnad	4 Bedömd underhållskostnad	5 Bedömd skillnad i personskadekostnad	6 Bedömd skillnad stillestånds-kostnad	7 Bedömd skillnad i återställningskostnad för anläggningen	8 Andra kostnader	Bedömd +/- kostnad	Annan påverkan
Ange specifik och bedömd livslängd på system. Hänvisa vid behov till beskrivande dokument.	Ange dels vilka delar av riskkurvan som påverkas, samt hur många liv som beräknas sparas. Ta även med frekventa olyckor med få omkomna	Anges	Anges totalt för bedömd livslängd	Använd värde på omkomna och skadade enligt "ASEK/TRV". Om möjligt uppskatta även skadade och värdera på samma sätt.	Bedöm restkostnader utifrån trafikering med förseningar och alternativa resmöjligheter. Bedöms också eventuellt uteblivna intäkter från tullar.	Anges om skadan på anläggningen blir väsentligt mindre	Här kan anges påverkan på tredje man och återställning utanför anläggningen		Naturmiljöpåverkan, kulturbyggnader, samhällsviktig verksamhet mm

Figur 19 Metodik för förenklad analys inom ALARP

5.2.4 Underlag för bedömning

Underlag för bedömningar till den förenklade bedömningen kan hämtas ur olika officiella källor. För järnväg och tunnelbana/spårväg så finns reglerat hur varje land inom EU ska redovisa landets totala ekonomiska konsekvenser av olyckor. De indikatorer som anges för beräkning av de ekonomiska konsekvenserna av olycka enligt direktiv 2014/88/EU, kap 5, redovisas nedan.

Den sammanlagda och relativa (per tågkilometer) kostnaden i euro:

- Antalet dödsfall och allvarliga personskador multiplicerat med värdet av att förhindra ett dödsfall eller en allvarlig personskada.
- Kostnaden för miljöskador.
- Kostnaden för materiella skador på rullande materiel eller infrastruktur.
- Kostnaden för förseningar till följd av olyckor.

I VTI notat 19-2016 [15] så beskrivs möjligheten att ta fram indikatorer gällande kap. 5 i EU-direktivet ur TRAP [16]. TRAP innehåller uppgifter kopplade till den svenska järnvägstrafiken och används som stöd i handläggning av olika järnvägsfrågor, till exempel ansökningar om lokförarbevis eller tillstånd till infrastrukturförvaltare.

I Transportstyrelsens rapport trafiksäkerheten i Sverige [17] presenteras trafiksäkerhetsutvecklingen med avseende på antal omkomna i Sverige ur ett trafikslagsövergripande perspektiv. För bantrafik och luftfart redovisas även antalet allvarligt skadade.

I Transportstyrelsens rapport Säkerhetsrapport järnväg [18] redogörs för nivå och utveckling av den svenska järnvägssäkerheten under året. Rapporten beskriver utfallet av antal olyckor och riskhändelser i järnvägssystemet samt de säkerhetsaktiviteter som har bedrivits av privata och offentliga aktörer. Innehållet i rapporten följer de krav som ställs i Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2016/798. Rapporten ska överlämnas till regeringen och Europeiska unionens järnvägsbyrå (ERA) senast den 30 september varje år. I enlighet med EU-direktiv 2004/54 om säkerhet i vägtunnlar ska också medlemsländerna sammanställa rapporter om tunnelbränder och andra olyckor som inverkar på trafikanternas säkerhet i tunnlar den 30e september vartannat år.

6. Diskussion och slutsats

6.1 Allmänt/inledning diskussion

I detta avsnitt redovisar författarna sin syn på föreliggande rapport, och olika perspektiv på införande av ett säkerhetsmål. Texten är utformad med vad som författarna rekommenderar bör göras, och det är sedan upp till Transportstyrelsen och eventuellt andra intressenter att besluta vad av detta som ska genomföras.

6.2 Införande av transportslagsövergripande säkerhetsmål

Möjligheten att formulera ett gemensamt trafikslagsövergripande säkerhetsmål för tunnlar för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg med en tydlig koppling till samhällsnyttan är god enligt denna och föregående rapport [1]. Detta under förutsättning att säkerhetsmålet uttrycks så att fokus ligger på tunnelspecifika olyckstyper med fler än ett fåtal omkomna. Då olyckor med ett fåtal omkomna avgränsas bort, främst de vanliga och ej tunnelspecifika trafikolyckorna i vägtrafiken, så blir de olika trafikslagens säkerhetsnivå jämförbar och möjlig att samordna i ett gemensamt säkerhetsmål.

I och med att resonemanget bygger på att nuvarande lagar och föreskrifter som reglerar respektive transportslag ska utgöra en basstandard så bedöms ingen konflikt föreligga med nuvarande regelverk.

Lämpligheten att ha ett gemensamt säkerhetsmål ligger i att samhällsrisken då kan anses vara neutral mellan transportsätten om målet uttrycks i omkomna per personkilometer.

Behovet av att uttrycka ett säkerhetsmål kan anses föreligga i och med de krav på riskanalyser som redan idag uttrycks i ett flertal lagar och föreskrifter, men där det saknas en målnivå att mäta resultatet mot. Ett säkerhetsmål på en övergripande nivå underlättar bedömningen och ökar värdet av de riskanalyser som ska utföras enligt lagar och föreskrifter.

6.3 Kvantitativt säkerhetsmål och gällande regelverk

De gällande regelverken har direkta krav på vissa säkerhetsåtgärder i tunnlar. Dessa krav ger troligen uttryck för vilka säkerhetsåtgärder som erfarenhetsmässigt behövs i tunnlar baserat på mer frekventa händelser och slutsatser från dessa olyckor.

Regelverken ställer också krav på att riskanalyser ska göras i vissa fall. Detta ger också uttryck för att vissa risker inte enkelt kan hanteras baserat på erfarenhetsmässiga empiriska samband med standardiserade säkerhetsåtgärder utan då krävs riskanalyser för att bedöma riskens storlek. Regelverken ger dock liten upplysning om vad som sedan krävs i form av bedömning av säkerhetsåtgärder.

Säkerhetsmålet, och den kvantitativa riskanalysen som krävs som metod, bör kunna tjäna som stöd för en övergripande bedömning av resenärernas säkerhet vad avser tunnelriskerna och det eventuella behovet av extra riskreducerande åtgärder, utöver basstandard. Dessutom kan metoden ge underlag för en kostnads-nyttovärdering och prioritering mellan alternativa säkerhetsåtgärder.

Det kan uttryckas som att säkerhetsmål med tillhörande metodik tar vid där befintligt regelverk inte tydligt förmår uttrycka konkreta krav på säkerhet. Samtidigt erhålls en verifiering av säkerhetsnivån som blir jämförbar mellan tunnlar med olika utformning/förutsättningar och mellan olika transportslag. Det underlättar också såväl riskbedömning som riskkommunikation. Alternativet att basera regelverken helt på konkreta krav bedöms vara sämre utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv då riskerna skiljer sig mellan olika tunnlar, och konkreta krav på skyddsåtgärder riskerar att bli missriktade och ineffektiva för flertalet tunnlar. Skyddsåtgärder för dessa specifika risker bör anpassas för respektive tunnel.

Nackdelar med att krav på konkreta åtgärder ställs samtidigt som krav på att ett säkerhetsmål ska uppfyllas är att det innebär en kombination av två olika kravställningar som behöver hanteras parallellt. Det bedöms dock idag inte möjligt att enbart ha krav på att uppfylla ett säkerhetsmål. Detta främst beroende på att det finns gällande regelverk, men också på att de mer frekventa olyckorna med få omkomna är transportslagsspecifika och inte på ett bra sätt kan fångas in i ett transportslagsövergripande säkerhetsmål.

En annan nackdel som finns redan idag och som inte heller täcks in av föreslaget säkerhetsmål är de säkerhetsåtgärder som inte låter sig fångas upp av riskanalysen som metod. Exempel på detta kan vara vissa utformningsdetaljer, teknik, system eller anpassningsåtgärder för räddningstjänstens insatser, där det intuitivt går att inse effekten men där den inte kan beräknas. Möjligen kan metodiken som föreslås i avsnitt 5.2.3 ge viss vägledning.

En tredje nackdel är svårigheten att i tidiga utformningsskeden av tunnelprojekt kunna utföra en kvantitativ riskanalys som underlag för bedömning av uppfyllandet av säkerhetsmålet.

Resultatet från riskanalysen innefattar en stor mängd expertbedömningar och tidiga antaganden om utformning, trafik etc. Säkerhetsmålet som det föreslås i denna rapport är avsett att användas som ett verifieringskriterium. Under designfasen bör en riskanalys genomföras för att i planskedet (järnvägsplan, vägplan etc.) säkerställa att säkerhetsmålet kan uppfyllas inom de planer som ska fastställas för att verifiera projektets genomförbarhet. Riskanalysarbetet är således en levande process genom ett helt projekt.

6.4 Omfattning av krav på verifiering av säkerhetsmål

Det bör finnas en tydlighet när krav på verifiering av säkerhetsmål föreligger för en tunnel, och det bör om möjligt harmonisera med gällande regelverk.

Om gällande regelverk tillämpas på vad som i den förra rapporten kallades en hypotetisk tunnel, som inte har krav på att riskanalys ska genomföras och att ytterligare säkerhetsåtgärder ska värderas, så uppfylls säkerhetsmålet genom att endast föreskrivna säkerhetsåtgärder införs.

Det bör därför antas att riskanalyser inte behövs för alla tunnlar utan att kortare tunnlar med enkel utformning bör kunna utformas enligt nu gällande regelverk utan ytterligare krav på verifiering. Dessa tunnlar hamnar då mest troligt inom ALARP-området. Det innebär att de blir tillräckligt säkra, men att ytterligare eventuellt kostnadsnyttiga åtgärder inte analyseras och därmed inte införs. Motiven är att det inte är troligt att sådana åtgärder kommer att finnas i en enkel, kort tunnel och då särskilt om utredningskostnaderna inräknas.

Var gränsen bör gå för när det ställs krav på att verifiering av att säkerhetsmålet är uppfyllt kan diskuteras ur flera aspekter, bl.a. beroende på olikheter i regelverken för de olika trafiklagen. Gemensamt för alla trafiklagen är att den helt omslutande sträckan ska vara minst 100 meter för att det ska betraktas som en tunnel. Kraven på säkerhetsåtgärder som ska införas ökar sedan med tunnellängden. För tunnelbana och spårväg anges att kvantitativ riskanalys ska göras som underlag för den samlade bedömningen. För vägtunnlar ska riskanalys göras om det föreligger speciell utformning eller förutsättningar. Det finns också krav på en samlad bedömning som med fördel kan göras med en kvantitativ riskanalys. För järnvägstunnlar ställs inga krav på att riskanalys ska göras, däremot har Trafikverket sedan länge ett internt krav på riskanalyser för järnvägstunnlar.

Den tydligaste parametern som vi har kunnat finna i gällande föreskrifter som kan användas för avgränsning är tunnellängden, och i det så föreslås att tunnlar längre än 500 m ska verifiering göras att säkerhetsmålet uppfylls. Motivet till detta är att tunnlar kortare än 500 meter behöver ingen eller endast en utrymningsväg, och har få krav på tekniska system. Därmed bör det kunna antas att säkerhetsmålet uppfylls om tunneln utformas enligt krav i nu gällande regelverk. Denna gräns kopplar också till *EU:s direktiv 2004/54/EC om minimikrav för säkerhet i tunnlar som ingår i det transeuropeiska vägnätet* som införlivats i Sverige genom:

- Lag (2006:418) om säkerhet i vägtunnlar och
- Förordning (2006:421) om säkerhet i vägtunnlar

Transportstyrelsen har därtill meddelat:

- Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2015:27) om säkerhet i vägtunnlar m.m. (med stöd av både mandat i nämnda förordning men även plan- och byggförordningen så reglerna gäller alla vägtunnlar men kraven är olika beroende på längden på tunneln) samt
- Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2016:44) om säkerhetssamordnare och kontrollenheter.

6.5 Formulering av säkerhetsmål

Det föreslagna målet uttrycks som:

Risken vid färd i tunnel för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg ska vara likvärdig, uttryckt som risk att förolyckas per personkilometer.

Utifrån den F/N-kurva som har föreslagits finns en övre acceptansnivå och en nedre acceptansnivå samt en gräns för få omkomna. Kurvan kan sägas vara uppbyggd på ett sådant sätt att det är den övre acceptansnivån, vilken aldrig får överstigas, som utgör säkerhetsmålet. Avgränsningar avseende nedre acceptansnivå och avgränsningar för fåtal omkomna utgör ett stöd för att genomföra analysen snarare än faktiska kravnivåer. Detta kan sammanfattas på följande sätt:

- a. Risken ska inte överstiga den övre acceptansnivån*
- b. Ytterligare riskreducerande åtgärder behöver inte analyseras för risker som understiger den nedre acceptansnivån*
- c. Ytterligare åtgärder för risker mellan övre och nedre acceptansnivån ska utvärderas. Åtgärder bör införas om dessa kan visas vara samhällsekonomiskt kostnadsnyttiga*
- d. Olyckor med färre än 3 omkomna kan undantas från den kvantitativa riskanalysen*
- e. Övre acceptansnivå har en fiktiv startpunkt $F=1 \cdot 10^{-4}$ per miljon personkilometer vid $N=1$ och lutning -1*

- f. Nedre acceptansnivå har en fiktiv startpunkt $F=1 \cdot 10^{-7}$ per miljon personkilometer vid $N=1$ och lutning -1

Motiv till val av övre acceptansnivå är att såväl en sänkning som en höjning av denna, gentemot förslaget i tidigare rapport, bedöms innebära oönskade konsekvenser. En sänkning av nivån innebär:

- att flera nya eller pågående projekt skulle ha stora problem att uppfylla kriteriet och det skulle vara svårt eller omöjligt att demonstrera att kriteriet uppfylls,
- ökade kostnader jämfört med dagsläget,
- ett ställningstagande att säkerhetsnivån i nya eller pågående tunnlar inte anses tillfredsställande för framtiden.

En sänkning av övre acceptansnivån skulle kunna motiveras av strävan mot nollvisionen avseende antal omkomna i trafiken. Tunnlarnas bidrag till totala antalet omkomna i trafiken är dock marginellt. Den övre acceptansnivån innebär inte ett permanentande av nuvarande säkerhetsnivå eftersom kostnadseffektiva åtgärder ska vidtas förutsatt att den övre acceptansnivån inte överskrids.

En höjning av övre acceptansnivån bedöms innebära en försämring av säkerheten gentemot dagens nivå. Detta eftersom det visats att även komplexa högtrafikerade vägtunnlar förmår uppfylla den övre acceptansnivån. En höjning av övre acceptansnivån anses därmed inte förenlig med strävan mot nollvisionen.

Alternativen att undanta osannolika händelser från riskanalysen har undersökts. Det har i de undersökta alternativen för att hantera dessa händelser inte stått att finna en robust metodik som förenklar analysarbetet. En generell svårighet i att hantera dessa typer av olyckor kvarstår alltjämt varför det är fortsatt intressant att studera hur dessa typer av händelser bör hanteras. Tillsvi vidare får dessa händelser, som i nuläget, hanteras i enskilda projekt utifrån lokala förutsättningar.

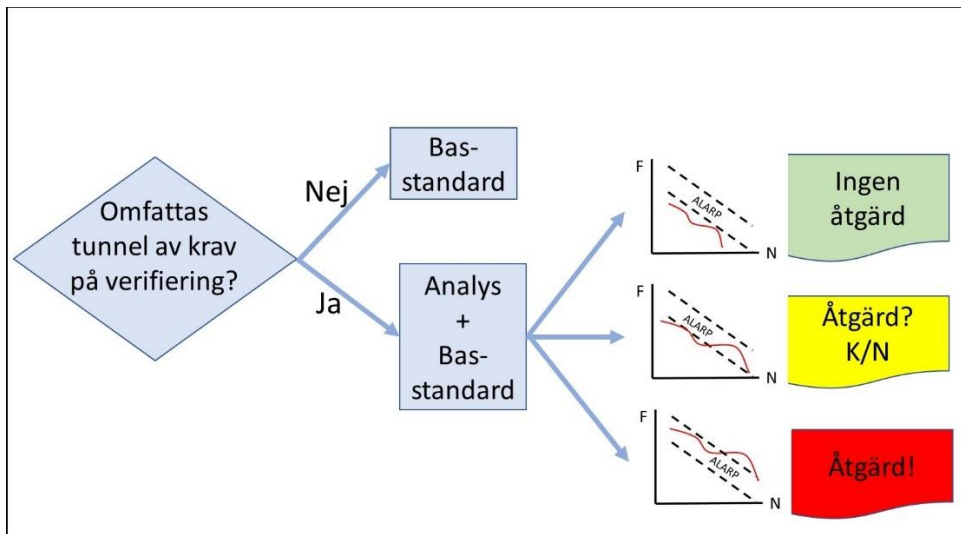
6.6 Krav på process och metodik för verifiering

Det finns generella krav på att regler inte ska vara onödigt komplicerade eller omfattande. För att uppfylla detta föreslås nedanstående principiella process från föregående rapport. Säkerhetsmålet kan anses vara uppfyllt utan krav på verifierande kvantitativ riskanalys för de tunnlar där behov inte föreligger enligt 6.4.

Den första frågan som bör ställas är om den aktuella tunneln omfattas av krav på verifiering av att säkerhetsmålet är uppfyllt.

Om frågan besvaras med nej, tillämpas basstandard för utformning av tunnelns säkerhetskoncept. Om svaret är ja ska, utöver tillämpande av basstandard, en kvantitativ analys utföras och behovet av ytterligare åtgärder bedömas med stöd av säkerhetsmålet uttryckt i F/N-diagram.

- Om den beräknade risken är låg, under ALARP-området, krävs inga åtgärder.
- Om risken är inom ALARP-området, ska de åtgärder tillföras som kan bedömas kostnadsnyttiga.
- Om risken är högre än ALARP-området, ska åtgärder tillföras oavsett kostnad.



Figur 20 Processbild - beslut om åtgärder

Det finns idag stora skillnader i antaganden och bedömningar för sannolikheter och konsekvenser inom vissa olyckstyper. Det kan vara en fördel för tilltron till det beräknade resultatet om en vägledning utarbetas framöver så att analyserna blir utförda på liknande sätt med än mer jämförbara resultat. En ytterligare förenkling kan då framöver ske i form av s.k. jämförande analyser och det bör utredas vidare hur dessa lämpligen kan genomföras.

Inom ALARP-området finns en tillämpbar grundmetodik i form av kostnad-nyttoanalyser enligt ASEK-metoden. I rapporten har utarbetats ett förslag till metodik för förenklad analys. Framöver kan effektsamband för vanliga/återkommande förslag till säkerhetshöjande åtgärder lämpligen förtecknas i en effektsambands-katalog.

6.7 Bedömning av samhällsekonomisk nytta

Den samhällsekonomiska nyttan med föreslaget säkerhetsmål har inte låtit sig analyseras inom ramen för projektet. Istället redovisas ett resonemang där nollvision, transportpolitiska mål, befintliga regler samt praxis i form av ett antal genomförda projekt utgör en förutsättning.

Föreslaget säkerhetsmål med en övre acceptansnivå som krav ger att en justering av denna nivå påverkar kostnadsbilden. I avsnitt 4.2 förs ett resonemang kring effekterna. En sänkning av kriteriet (höjning av säkerheten) med en tiopotens jämfört med vad som föreslogs i föregående rapport bedöms innebära att det för flera planerade tunnlar kommer att vara svårt eller omöjligt att demonstrera att kriteriet uppfylls. Kriteriet skulle innebära ökade kostnader jämfört med dagsläget, och en skärpning gentemot praxis. Alternativet som valts är istället att ytterligare åtgärder här ska värderas mot samhällsnyttan.

En höjning av kriteriet med en tiopotens medför att nollvisionen och de transportpolitiska målen inte kommer att följas då befintliga regelverk och praxis idag ger en bättre säkerhet än en sådan nivå. Det är inte inom utredningens ramar att bedöma samhällssekonomi i politiska visioner och mål, utan det kan konstateras att en höjning inte bidrar till, utan motverkar dessa.

Inom ALARP-området föreslås att en tydlig koppling till samhällsnyttan görs. Detta bör ske genom samhällsekonomiska bedömningar och beräkningar enligt vad som anges i avsnitt 5.2. Där redovisas också en ny förenklad analysmetod för att bedöma samhällsnyttan. För mer kostsamma säkerhetsåtgärder bör göras en analys helt enligt ASEK om inte den förenklade analysen visar det obehövligt. Samtliga analysresultat för redovisade tunnlar i rapporten "Säkerhetsmål i tunnlar" visar att projekten hamnar inom ALARP. Det innebär att kompletterande åtgärder utöver befintliga regler kommer att övervägas baserat på samhällsnyttan.

Bedömningen utifrån detta är att för de flesta nya tunnlar så kommer inga ytterligare säkerhetsåtgärder att krävas genom införande av föreslaget säkerhetsmål genom den definierade föreslagna övre acceptansnivån. De ytterligare säkerhetsåtgärder som kommer att krävas är de som genom samhällsekonomiska analyser inom ALARP-området finns samhällsekonomiskt lönsamma. Slutsatsen är att rapportens förslag har en tydlig koppling till samhällsnyttan och att införandet inte innebär en samhällsekonomisk kostnad gentemot den praxis som har utarbetats under de senaste decennierna.

Undantag, då ovillkorliga krav kan ställas på att ytterligare säkerhetsåtgärder införs genom att den övre acceptansnivån överskrids, kan förekomma om det för någon tunnel påvisas finnas en högre risk än vad som är normalt förekommande idag. Det skulle t ex kunna vara omfattande transporter av farligt gods tillsammans med mycket omfattande persontrafik där risknivån överskrids om minimikrav enligt befintliga regler följs. Liknande fall har förekommit tidigare och då har kompletterande säkerhetsåtgärder införts, men omfattningen av kompletterande säkerhetsåtgärder har varit godtycklig i många fall. Någon märkbar påverkan av samhällsekonomiska konsekvenser bedöms därför inte finnas för dessa undantag. Snarare finns en möjlighet att när åtgärder införts som innebär att den övre acceptansnivån klaras så kan vidare diskussioner baseras på samhällsekonomiska grunder istället för enbart risk eller godtycke.

6.8 Slutsats

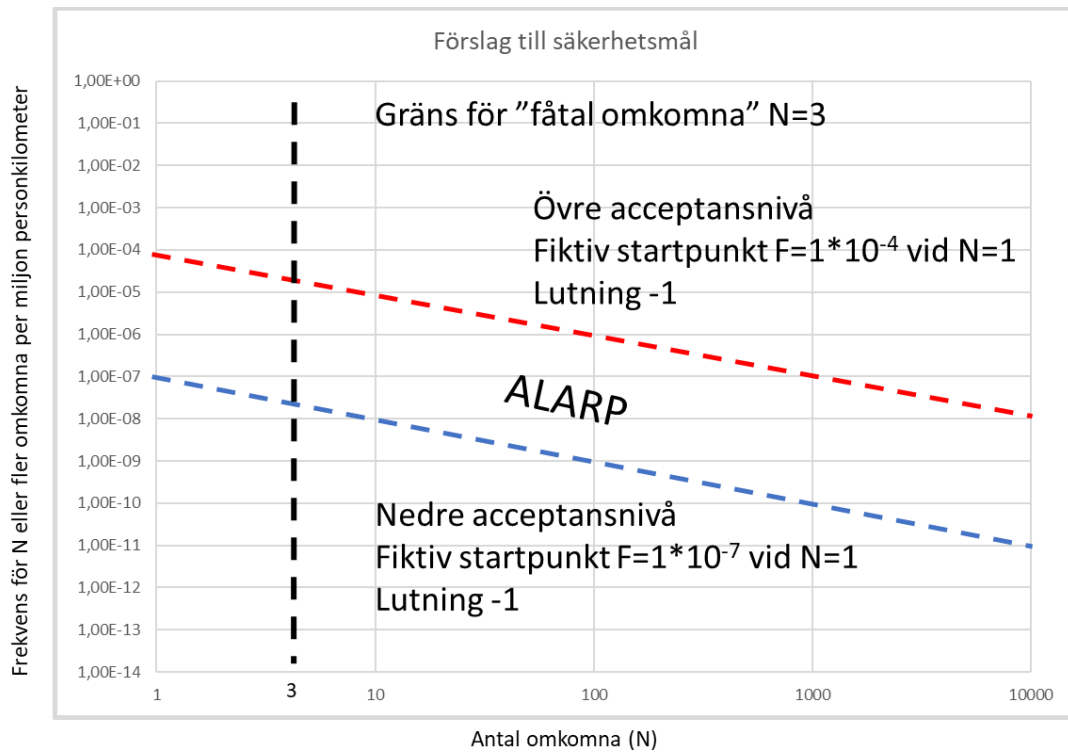
Det bedöms utifrån denna och föregående rapport lämpligt att formulera ett gemensamt trafikslagsövergripande säkerhetsmål för tunnlar för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg med en tydlig koppling till samhällsnyttan.

Det föreslagna målet uttrycks som:

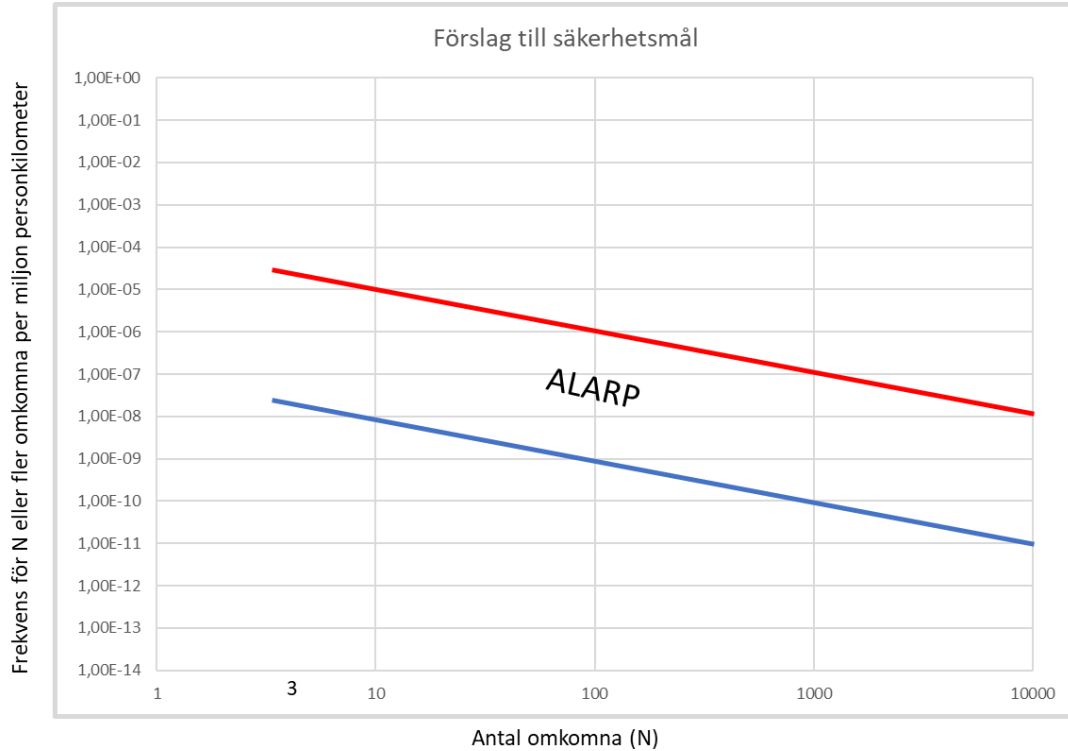
Risken vid färd i tunnel för väg, järnväg, tunnelbana och spårväg ska vara likvärdig, uttryckt som risk att förolyckas per personkilometer.

Förslaget är att målet uttrycks som ett krav på en föreskriven övre acceptansnivå enligt figuren nedan. Det kan med fördel kompletteras ett allmänt råd som avgränsar målet att gälla olyckor med 3 eller fler omkomna samt att mellan den övre och nedre acceptansnivån, dvs. inom ALARP-området, ska ytterligare säkerhetsåtgärder utvärderas med stöd av kostnadsnyttoanalys. Under den nedre acceptansnivån behöver inte ytterligare analyser eller säkerhetsåtgärder vidtas. Kostnads-nyttoanalys bör utföras enligt ASEK eller motsvarande metodik. Kravet med allmänt råd med förklarande texter redovisas nedan i Figur 21 och utan förklarande text i Figur 22.

Säkerhetsmålet bör verifieras med analys för tunnlar längre än 500 meter. För tunnlar kortare än 500 meter bedöms säkerhetsmålet kunna uppfyllas om tunneln utformas enligt krav i nu gällande regelverk, utan ytterligare analys.



Figur 21 Förklaring av förslag till säkerhetsmål



Figur 22 Förslag till säkerhetsmål

Referenser

- [1] J. Häggström, B. Wahlström, O. Jansson, P. Hult, J. Lundin och E. Hällstorp, "Säkerhetsmål för trafikanter i vägtunnlar, järnvägstunnlar och tunnelbana," Transportstyrelsen, 2016.
- [2] Trafikanalys, "Uppföljning av de transportpolitiska målen 2018; Rapport 2018:8," Trafikanalys, Stockholm, 2018.
- [3] "Risk Management - vocabulary, Guide 73:2009," ISO, 2009.
- [4] "Safety aspects - Guidelines for their inclusion in standards," ISO, 1999.
- [5] "CSM-RA-förordningen (402/2013/EG) om gemensamma säkerhetsmetoder," EU, 2013.
- [6] PIARC, "Current practice for risk evaluation for road tunnels," PIARC Committee C4 Road Tunnel Operation, 2012.
- [7] G. Davidsson, M. Lindgren och M. Liane, "Värdering av risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [8] Banverket, "BVH 544.95001 Säkerhetskrav på elektroniska signalsäkerhetssystem," 1994.
- [9] Boverket, "Acceptabel risk," 28 04 2017. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/halsa-sakerhet-och-risker/acceptabel-risk/>. [Använd 28 01 2019].
- [10] Boverket, "Riskanalysmetoder - delprojekt 2.2, bilaga till regeringsuppdrag Personsäkerhet i tunnlar," Boverket, Karlskrona, 2005.
- [11] Trafikverket, "Personsäkerhet i järnvägstunnlar," 2007.
- [12] "Guidelines for quantitative risk assessment".
- [13] Trafikverket, "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn, ASEK," 07 06 2018. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/analysmetod-och-samhallsekonomiska-kalkylvarder-for-transportsektorn-asek/>. [Använd 30 04 2019].
- [14] Trafikverket, "Trafikverket - Effektsamband," 01 04 2019. [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Effektsamband/>. [Använd 24 04 2019].
- [15] M. H. Gunilla Björklund, "Att bedöma säkerhetsnivån på spårbunden trafik i Sverige, en granskning av Transportstyrelsens befintliga data och förslag på fördjupade analyser," VTI, Sverige, 2016.

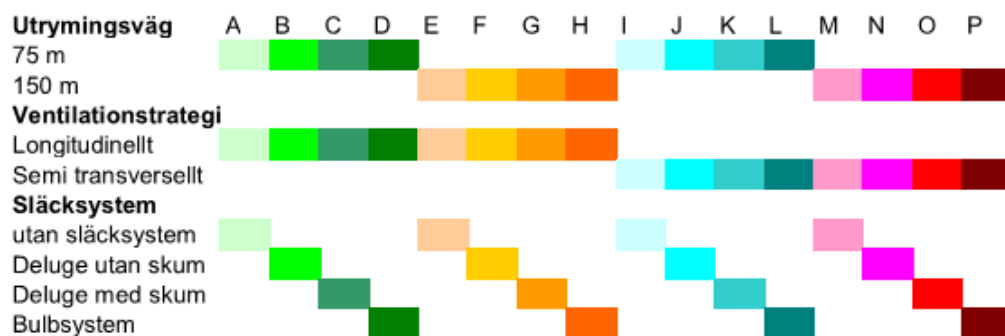
- [16] Transportstyrelsen, "Transportstyrelsens administrativa processtöd för spårbunden trafik," [Online]. Available: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Om-transportstyrelsen/fragor-och-svar/?q=153849#153849>. [Använd 21 03 2019].
- [17] Transportstyrelsen, "Trafiksäkerheten i Sverige, Statistik för bantrafik, luftfart, sjöfart och vägtrafik 2017 (TSG 2017-3712)," Transportstyrelsen, Norrköping, 2018.
- [18] Transportstyrelsen, "Säkerhetsrapport järnväg, Transportstyrelsens årsrapport för 2017 (TSG 2018-1432)," Transportstyrelsen, Norrköping, 2018.
- [19] T. p. 2014:057, "Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i persontåg," 2014.
- [20] Trafikverket, "Tågplan 2017," [Online]. Available: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/tagplan-att-skapa-tidtabeller-for-tag/tagplan-2017/faststalld-tagplan-2017/>.
- [21] Trafikverket, "Säkerhetsvärdering Ersmarkstunneln - Bilaga 4 Dimensionerande brandeffektkurvor Norrbotniabanan, Umeå-Dåva," Trafikverket, 2017.
- [22] Trafikverket, "Dimensionerande brandeffekt Strängnästunneln, driftskedet," Trafikverket, 2014.
- [23] Trafikverket, "2016:117 Tunnelsäkerhet Dimensionerande brandeffektkurvor i godståg," Trafikverket, 2016.
- [24] T. p. 2016:183, "Tunnelsäkerhet Statistik för brand i persontåg," 2016.
- [25] AB Storstockholms Lokaltrafik, "Fakta om SL och länet 2016," Stockholm.

Bilaga – Analys av säkerhetshöjande åtgärder - exempel Förbifart Stockholm

I projektet Förbifart Stockholm genomfördes en analys av säkerhetshöjande åtgärder i enlighet med Vägverkets normala förfarande för beräkning av samhällsekonomisk nytta. Målet var att på ett åskådligt sätt beskriva tänkbara säkerhetshöjande åtgärders förväntade påverkan på risknivån och värdera dessa med en kostnadsnyttoanalys för att ge beslutsunderlag för val av en samhällsekonomiskt effektiv lösning.

Analysen bygger på kvantitativa och kvalitativa analyser av olika åtgärds kombinationer. Trafikanalys togs fram för att skatta trafikstörningar uppkomna av incidenter och olyckor samt värdera den tid de påverkar trafiksystemet. Olyckskonsekvenser vid införande av åtgärdsförslagen analyserades i en riskanalys för att värdera antal omkomna och egendomsskador. Därefter genomfördes en successivkalkyl av kostnaderna.

Allt sammanställdes till en kostnadsnyttoanalys där de olika kombinationsalternativens nettonuvärdeskvoter beräknades. Totalt sett har 23 olika kombinationsalternativ analyserats enligt nedan. Resultatet av den analys som gjordes då visade på en positiv nettonuvärdeskvot för fem av kombinationerna, se figur längre ned. Detta resultat ledde till ett beslut att införa släcksystem och förtätning av utrymningsvägar i projektet.



Figur 1: Kombinationsalternativ

Utförande av trafikanalys med konsekvenser utgick ifrån nätutläggningar med Emme/2. De gjordes för alternativen ett tunnelrör avstängt och två tunnelrör avstängda. Valda tidsperioder för nätutläggningarna var maxtimme förmiddag, maxtimme eftermiddag och lågtrafik. Timresultaten vägdes samman till dygnseffekter. Nätutläggningar med Emme/2 visar ett fortvarighetstillstånd med valda förutsättningar. I Emme/2 tas ingen hänsyn till uppkomsten av den nya situationen med köbildningar när en avstängning börjar och inte heller till köavvecklingsförloppet när tunneln åter öppnas för normal trafikering.

För att bedöma detta användes dels tidigare genomförda Contram-simuleringar som gjordes efter påkörningen av Essingeleden med lyftkransfartyget Lodbrok 2005, dels nya Contram-simuleringar med trafiknät 2030 med Förbifart Stockholm inkodat.

En tunnelavstängning medför effekter till följd av att biltrafikanter tvingas åka omledningsvägar som är längre och medför ökad åktid jämfört med att åka på förbifarten. Omledningen ger effekter på restid, reskostnad och externa effekter. Effektposter som kan kvantifieras och värderas är:

- restid
- reskostnad
- trafikolyckor
- CO2-emissioner

Om avstängningstiden är lång och kan förutses av delar av trafiken kommer en del trafikanter att avstå från bilresande under avstängningstiden, antingen genom att ställa in resan eller genom att övergå till kollektivtrafik. Detta blir en nyttoförlust som också ska beaktas i den samhällsekonomiska kalkylen.

Effekterna värderas enligt de principer som används i den statliga investeringsplaneringen och har tagits fram av ASEK (Arbetsgruppen för Samhällsekonomiska Kalkylvärden). Resultatet redovisas i tabell nedan.

MSEK/olycka	5 MW (ca 2 h avstängning)	30 MW (ca 12 h avstängning)	100 MW (ca 24 h avstängning)
Restidskostnader exist./kvarv. trafikanter	34,8	76,3	84,1
Restidskostnader försv./överfl. trafikanter		22,9	33,6
Reskostnader	0,5	1,9	2,4
Trafiksäkerhet	0,1	0,6	0,7
CO2-emissioner	0,1	0,4	0,5
Summa	35,5	102,1	121,4

Utförande av kostnadsberäkningar för respektive system utgick ifrån ett successivkalkylseminarie som följde Lichtenbergs metod för successivkalkylering, vilken tar hänsyn till osäkerheterna i kostnadsuppskattningarna. Utifrån min, trolig och max-uppskattningar beräknas ett väntevärde för varje investering, och det är detta värde som används i beräkningarna av nettonuvärdeskvoterna.

Kombinationsalternativ	Nettonu- värdes- kvot	Kombinationsalternativ	Nettonu- värdes- kvot
A1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, long.vent.	-0,09	I1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation	-0,85
A2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, long.vent.	-0,20	I2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation	-0,85
B1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, long.vent, deluge vatten	0,52	J1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation, deluge vatten	-0,57
B2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, long.vent, deluge vatten	0,45	J2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation, deluge vatten	-0,57
C1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, long.vent, deluge skum	0,54	K1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation, deluge skum	-0,54
C2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, long.vent, deluge skum	0,48	K2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation, deluge skum	-0,54
D1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, long.vent, Sprinkler bulbsystem	-0,02	L1 Övertrycksatt korridor, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation, sprinkler bulbsystem	-0,73
D2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, long.vent, Sprinkler bulbsystem	-0,07	L2 Förtätning av tvärförbindelser, utrymningsväg 75m, transversell brandventilation, sprinkler bulbsystem	-0,73
E Utrymningväg 150m, long.vent.	Nuvarande säkerhets- koncept	M Utrymningväg 150m, transversell brandventilation	-0,92
F Utrymningväg 150m, long.vent. Deluge vatten	0,96	N Utrymningväg 150m, transversell brandventilation, deluge vatten	-0,57
G Utrymningväg 150m, long.vent. Deluge skum	0,98	O Utrymningväg 150m, transversell brandventilation, deluge skum	-0,54
H Utrymningväg 150m, long.vent. Sprinkler bulbsystem	0,08	P Utrymningväg 150m, transversell brandventilation, sprinkler bulbsystem	-0,77

I nedanstående figur beskrivs individrisknivån i form av förändring av förväntat antal omkomna per år i förhållande till föreslagen utformning, E. Det måste framhållas att all relevant information inte framgår av figuren t ex fördelning mellan högfrekventa olyckor med små konsekvenser respektive lågfrekventa olyckor med stora konsekvenser.

