

Klimatförändringarnas inverkan på den framtida riskbilden med avseende på naturkatastrofer – En modellutveckling

Oskar Bergqvist
Fredrik Djurklou

Department of Fire Safety Engineering & Systems Safety
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Report 5279, Lund 2008

**Klimatförändringarnas inverkan på den framtida riskbilden
med avseende på naturkatastrofer**

**Oskar Bergqvist
Fredrik Djurklou**

Stockholm/Lund 2008

Titel: Klimatförändringarnas inverkan på den framtida riskbilden med avseende på naturkatastrofer

Title: The effect of climate change on future risks in regard of natural disasters

Författare/Authors: Oskar Bergqvist & Fredrik Djurklou

Report 5279

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB-5279--SE

Number of pages: 120

Illustrations: Unless otherwise stated, Oskar Bergqvist & Fredrik Djurklou

Sökord: Modell, klimatförändring, naturkatastrof, naturfenomen, cyklon, tornado, översvämning, riskanalys, Nanjing, Mumbai

Keywords: Model, climate change, natural disaster, natural hazard, cyclone, tornado, flooding, risk analysis, Nanjing, Mumbai

Abstract:

The main objective of this master's thesis is to construct a model, which can be applied on a region to investigate the possible future climate changes. This investigation is intended to lead to an analysis of the region's changing risks regarding natural hazards affected by climate change. The hazards investigated are hydrological and climatological hazards and consist of cyclone, tornado and flooding. The analysis has been limited to a time limit of about 30 years, until 2040. The constructed model is applied to two cases (regions); Mumbai, India and Nanjing, China, to evaluate the functioning of the model. The model is found useful in the way that it gives the user knowledge of possible future risks and associated uncertainties.

Språk/Language: Svenska/Swedish

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lund Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund 2008

Brandteknik och Riskhantering
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
www.riskhantering.lth.se

Telefon: 046 – 222 73 00
Fax: 046 – 222 46 12

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

brand@brand.lth.se
www.riskhantering.lth.se/english

Telephone: + 46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

När diskussionerna kring detta examensarbete började ta fart var vi båda två eniga om att det viktigaste var att det berörde ett ämne som intresserade och engagerade oss. Vidare var vi överens om att det var minst lika viktigt att sträva efter att åstadkomma något som faktiskt gjorde nytta och skulle kunna komma till användning även för andra efter färdigställandet. Båda dessa mål har präglat arbetet med rapporten, samtidigt som vi dessutom har haft väldigt roligt under hela processen. Vidare har vi insett att ämnet vi behandlar är något som intresserar och berör folk, då vi från många håll fått frågor kring dess innehåll och resultat, vilket också varit mycket roligt.

Under arbetsprocessen har en rad personer ställt upp för oss; handlett, diskuterat, svarat på frågor, gett råd och hjälp. Ett stort tack vill vi därför rikta till våra handledare Per Becker på LTH samt Mathias Englund och Magnus Willemo på Aon vilka gett oss ovärderlig hjälp. Vidare vill vi tacka övriga ingenjörer på Aon för deras engagemang och intresse. Nils von Heijne, Gabriel Sundqvist, Petra Nyqvist och de andra på Pronto Communication tackar vi för att vi generöst fått låna plats och att de stått ut med vårt sällskap och kaffekokande.

Vi vill även rikta ett tack till alla representanter för företag och universitet som ställt upp och svarat på våra frågor; Fredrik Adolfsson på IKEA, Anna Brandhorst-Salzkorn på Atlas Copco, Eva Stenström på Swedwood, Björn Savlid på Exportrådet i Indien och Nish Patel på Alfa Laval i Mumbai. Slutligen vill vi även tacka våra vänner på Beijing Research Center, professor Xiatao Cheng och Jing Wang, vilka villigt ställt upp och svarat på otaliga frågor.

Återigen ett stort tack till alla inblandade, och med hopp om att innehållet i denna rapport skall väcka intresse och kunna vara till nytta, mycket nöje med läsningen!

Oskar Bergqvist & Fredrik Djurklou
Stockholm, november 2008

Sammanfattning

Många företag flyttar sin verksamhet utomlands, i många fall till utvecklingsländer. Vid beslut kring denna typ av etablering finns det en mängd faktorer som är viktiga att ta i beaktande; ekonomiska fördelar, politiskt läge i landet, transportmöjligheter, skatter osv. En ytterligare faktor som tidigare inte uppmärksammats märkbart i detta sammanhang, men som det nu efterfrågas information kring, är hur riskbilden för naturkatastrofer förändras. De klimatförändringar som sker och observeras kan påverka denna riskbild, men denna koppling mellan klimatförändringar och naturkatastrofer är ett ämne som är relativt outrett. Det saknas i stor utsträckning både utredningar kring hur denna riskbild med avseende på naturkatastrofer kan komma att förändras, samt analys av den forskning som finns kring ämnet.

Målet med examensarbetet är att konstruera en modell, vilken skall kunna appliceras på en region, för att där utreda hur klimatförändringar kan komma att ta form. Utifrån detta skall en bild kunna skapas av hur framtida risker med avseende på naturkatastrofer kan komma att se ut. Avgränsningar har gjorts till att utreda endast naturkatastrofer orsakade av de klimatologiska och hydrologiska naturfenomenen cyklon, tornado och översvämning. Den framtida riskbild som analyseras har givits tidsrymden ca 30 år, fram till år 2040.

Modellen är uppbyggd av sju steg, vilka skall kunna följas och användas enkelt, för att resultera i en tillräckligt omfattande analys:

- **Bakgrundsbeskrivning**
- **Historiska händelser**
- **Dagens riskbild**
- **Framtida tendenser**
- **Framtida riskbild**
- **Konkretisering av riskbild**
- **Resonemang**

Den framtagna modellen appliceras på två regioner, Mumbai i Indien och Nanjing i Kina, för att pröva dess funktion. Modellens övergripande fördel är att den analyserar och kopplar ihop de två ämnena, klimatförändringar och naturkatastrofer, vilket enligt författarnas vetenskap inte gjorts på detta vis tidigare. Vidare har modellen befunnits vara transparent, lättanvänd och formbar så att djup och omfång kan styras efter användarens behov och önskemål.

Det blir tydligt vid användandet av modellen att kunskaper om dessa ämnen är både begränsade och behäftade med en rad osäkerheter. Likaså leder användandet av den till ytterligare osäkerheter.

Modellens resultat kommer inte att beskriva om en etablering är lämplig eller ej, den kommer heller inte måla upp en exakt framtida riskbild med avseende på naturkatastrofer. Däremot kommer ett användande av modellen att belysa vad som framkommit genom forskning och utifrån detta analysera hur risker i framtiden kan komma att förändras. Detta för att belysa och medvetandegöra risker som finns och kan komma att uppstå. Denna information är viktig oavsett den relativa osäkerheten i resultatet; då beslutsfattaren har uppmärksammat och tagit ett eventuellt växande hot i beaktning är mycket vunnet.

Summary

Today many companies move their production abroad, often to developing countries. These establishments are associated with a number of factors to consider; economical gain, the political situation in the new country, taxes, accessibility and so on. A factor that before now has not gained much attention, but is becoming increasingly sought after, is how the risks of natural disasters may be changing. The natural hazards that impose these risks can be affected by the changes in climate that have been observed, but this relationship is rather scarcely investigated. Not very many studies have been made on the subject of how climate change can have an effect on the risks of natural disasters, and there is also a lack of analyses of the existing research.

The main objective of this master's thesis is to construct a model, which can be applied on a region to investigate the possible future climate changes. This investigation is intended to lead to an analysis of the region's changing risks regarding natural hazards affected by climate change. The hazards investigated are hydrological and climatological hazards and consist of cyclone, tornado and flooding. The analysis has been limited to a time limit of about 30 years, until 2040.

The model consists of seven steps, in order to be easily used and to give a comprehensive analysis;

- 1. Background**
- 2. Past incidents**
- 3. Risk analysis**
- 4. Future trends**
- 5. Analysis of future risk**
- 6. Concretization of risks**
- 7. Discussion**

The constructed model was applied to two cases (regions); Mumbai, India and Nanjing, China, to evaluate the functioning of the model. The concluded over all advantage was found to be the combined linking and analysis of the two subjects climate change and natural hazards, which according to the authors has not been done in this way before. The use of the model has found it to be transparent, easy to use and adaptable in size and depth in regard of the needs and desires of the user.

It has become clear while using the model, that the knowledge regarding this subject is not only limited but also associated with an amount of uncertainties, which is increased by the use of the model.

The result of the model use is not intended to determine whether an establishment is suitable or not, nor will the analysis of future natural disasters be fully correct or exact. Nevertheless, the use of the model is going to illustrate the results of the latest research, and based on this analyze a possible future change of risks. This is done to highlight and put to mind the existing and possible future risks. This kind of information is important; that despite the relatively uncertain results by decision-making having observed and respected growing threats is a large gain.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	2
1.1 BAKGRUND	2
1.2 PROBLEMSTÄLLNING	2
1.3 SYFTE	3
1.4 MÅL	3
1.5 MÅLGRUPP	3
1.6 METOD	3
1.7 AVGRÄNSNINGAR	5
1.8 RAPPORTENS DISPOSITION	5
2 TEORETISKT RAMVERK.....	6
2.1 DEFINITIONER.....	6
2.2 KLIMATFÖRÄNDRINGAR	9
2.3 NATURFENOMEN	13
2.3.1 Cyklon	13
2.3.2 Tornado.....	14
2.3.3 Översvämning	16
2.4 KOPPLING KLIMATFÖRÄNDRING - NATURKATASTROFER	18
3 MODELL	19
3.1 Bakgrundsbeskrivning.....	21
3.2 Historiska händelser	22
3.3 Dagens riskbild	23
3.4 Framtida tendenser.....	24
3.5 Framtida riskbild	26
3.6 Konkretisering av riskbild.....	27
3.7 Resonemang	28
4 MODELLAPPLICERING	29
4.1 CASE 1 - MUMBAI, INDIEN	29
4.1.1 Bakgrundsbeskrivning.....	29
4.1.2 Historiska händelser	33
4.1.3 Dagens riskbild	35
4.1.4 Framtida tendenser.....	40
4.1.5 Framtida riskbild	45
4.1.6 Konkretisering av riskbilden: Mumbais hamn	48
4.1.7 Resonemang	52
4.2 CASE 2 - NANJING, KINA	54
4.2.1 Bakgrundsbeskrivning.....	54
4.2.2 Historiska händelser	58
4.2.3 Dagens riskbild	60
4.2.4 Framtida tendenser.....	65
4.2.5 Framtida riskbild	70
4.2.6 Konkretisering av riskbild: Nanjings hamn	73
4.2.7 Resonemang	77
4.3 OSÄKERHETSANALYS	79
4.3.1 Modellosäkerhet.....	79
4.3.2 Risker och framtid.....	81
4.3.3 Källkritik	81
5 DISKUSSION	83
5.1 MODELLAPPLICERINGEN	83
5.1.1 Resultatet	83
5.2 MODELLEN	84
5.2.1 Fördelar.....	84
5.2.2 Nackdelar.....	85
5.2.3 Förbättringar.....	85

5.2.4 <i>Helhetsintryck</i>	85
5.3 SUMMERING	86
6 SLUTSATS	88
7 REFERENSER	89
BILAGA A - NOTER	97
BILAGA B – IPCC OCH OSÄKERHETER	100
BILAGA C – BERÄKNINGAR AV TENDENSER	101
BILAGA D – FRÅGEFORMULÄR TILL FÖRETAG	106
BILAGA E – BESKRIVNING AV OCH BAKGRUND TILL VIKTIGA KÄLLOR	107

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Så gott som varje dag blir vi i media påmind om de förändringar i vårt klimat, som observeras runtom jorden. Bakomliggande orsaker till dessa förändringar är ett hårt debatterat ämne, men det faktum att förändringar sker är forskarvärlden i stort sett enig om. Vidare påminns vi om sårbarheten på många håll i världen av rapporter om naturkatastrofer, vilka skördar många liv och kostar enorma belopp att hantera.

I stor utsträckning är det utvecklingsländer som drabbas hårdast av dessa naturkatastrofer. Här återfinns mer sällan utbyggda mekanismer för att förebygga, hantera och lindra katastrofer. Samtidigt ligger dessa länder ofta i delar av världen som utsätts mer frekvent och intensivt än andra av dessa katastrofer. Till dessa länder flyttar många svenska företag hela eller delar av sin verksamhet, i stor utsträckning i form av tillverkningsindustri. Allmänt kan man se en rad fördelar med att förflytta delar av sin verksamhet till utvecklingsländer. Enligt beräkningar kommer världens BNP fördubblas till år 2030, och 80 % av den tillväxten beräknas ske i vad som idag kategoriseras som utvecklingsländer (Swedfund, 2008). Den höga tillväxten medför såväl större och mer köpstarka marknader, som ett behov av effektivare teknik och mer avancerad teknologi. Kanske ännu mer än den snabba tillväxten, lockar möjligheten till låga produktionskostnader många företag till att förflytta sin verksamhet utomlands. I utvecklingsländerna erbjuds billig arbetskraft, billiga råvaror och i många fall även skattelättnader och liknande för inflyttande företag (Omvärlden, 2007).

Vid utlandsetableringar är en lång rad förutsättningar av vikt, vilka företagen måste vara medvetna och uppdaterade om. En av dessa är vilken riskbild med avseende på naturkatastrofer verksamheten kan komma att exponeras för.

Kan det vara så att de klimatförändringar som skett, och kan komma att ske, kan förändra en framtida riskbild med avseende på naturkatastrofer? Om så är fallet, hur kan då den framtida utvecklingen komma att se ut? Dessa frågor har varit utgångspunkter för den här rapporten. Det är två på många sätt komplexa frågor, vilka inte har några entydiga svar. Det är dock författarnas intention att i denna rapport ge ett så tydligt, konkret och väl underbyggt svar som möjligt på dessa frågor.

Att döma av de kontakter med företag som upprättats under arbetet med rapporten, har det framgått att denna typ av information inte är något som direkt finns att tillgå, samt att det idag inte är en faktor som ges särskilt stor uppmärksamhet. Dock har det blivit uppenbart att om informationen *finns* att tillgå, är detta något som företagen hade funnit mycket intressant och gärna skulle ha tillgång till. Se vidare bilaga A, noter.

1.2 Problemställning

Problemställningen bygger, vilket antytts ovan, på frågorna om klimatförändringar har någon inverkan på den framtida riskbilden med avseende på naturkatastrofer, samt

hur denna riskbild kan komma att utvecklas. Dessa frågor kan inte besvaras på något enkelt och entydigt sätt, de har heller inte några helt korrekta eller felaktiga svar. Trots detta ligger det i företagets intresse att bli så väl insatta som möjligt i hur en framtida situation kan se ut. Genom att göra en grundlig genomgång av den forskning som finns tillgänglig inom områdena klimatförändringar och naturkatastrofer, tillsammans med analyser av tendenser och framtida scenarier, presenteras ett resultat av en *tänkbar* framtida utveckling med avseende på naturkatastrofer. Detta resultat betingar en rad osäkerheter, vilka behandlas i ett separat avsnitt. Det är ändå författarnas vilja att kunna presentera ett så väl underbyggt resultat som möjligt, för att kunna skapa en, förhoppningsvis, rättvisande bild.

1.3 Syfte

Syftet med examensarbetet är att analysera en eventuell förändring, orsakad av klimatförändringar, av riskbilden i framtiden med avseende på naturkatastrofer. Analysen skall sedan kunna ligga till grund, som en av många faktorer, vid ett beslut om framtida verksamhetsutövning för företag.

1.4 Mål

Målet med examensarbetet är att konstruera en modell, vilken skall kunna appliceras på en region, för att där utreda hur klimatförändringar kan komma att ta form. Utifrån detta skall en riskbild kunna skapas av hur framtida risker med avseende på naturkatastrofer kan komma att se ut. Modellen ska vara enkel för användaren att hantera, tydligt ange vilka källor och indata som kan användas, samt i den mån det är möjligt ge en konkret bild av hur den framtida riskbilden kan komma att se ut. Slutligen är målet att denna information skall kunna utgöra användbar kunskap för dem som utgör målgruppen, och därmed bidra till en medveten sammansatt riskbild för dessa.

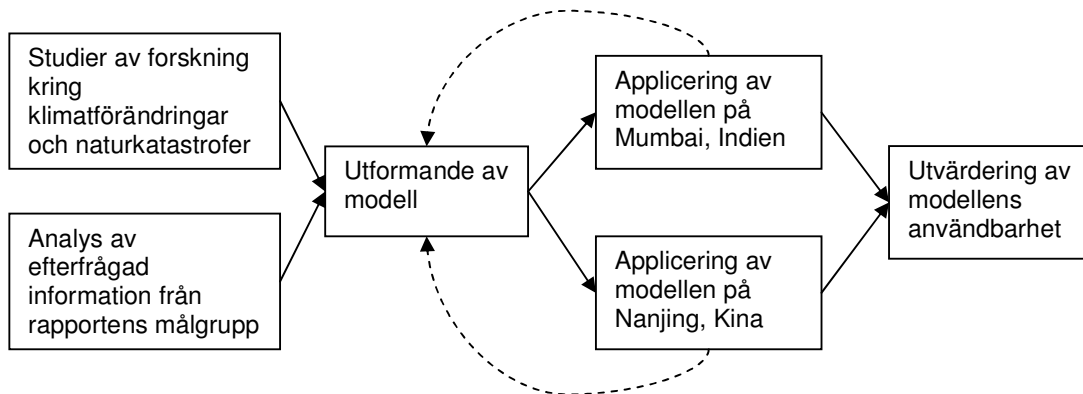
1.5 Målgrupp

Målgruppen för rapporten, dvs. de som kan tänkas ha användning och nytta av resultatet, är företag som har, eller planerar att etablera verksamhet i utvecklingsländer. Vidare ingår i målgruppen även de som på något vis utför analyser och utredningar åt dessa företag. Dessutom är förhoppningen att rapportens resultat, även om det är dessa ovan nämnda grupper som varit den tänkta huvudmålgruppen, också kan komma andra grupper till nytta i naturkatastrofdrabbade områden på ett humanitärt, ekonomiskt och socialt plan.

1.6 Metod

Metoden för att genomföra detta examensarbete har följt följande arbetsgång, vilken illustreras i *figur 1* nedan. Inledningsvis studerades en rad källor för att inhämta fakta och information kring klimatförändringar, naturkatastrofer samt om vad som kan vara av intresse inom dessa ämnen för dem som är rapportens målgrupp. Utifrån detta konstruerades en modell för att undersöka valda regioner, vilken sedan testades i två case. I dessa två case görs försök att ge en bild av hur den framtida situationen i de valda regionerna kan komma att se ut. Avslutningsvis görs en utvärdering av de

resultat som modellanvändandet gett i de två casen, följt av en behandling av rapportens osäkerheter och en avslutande diskussion och slutsats.



Figur 1: Schematisk bild över metoden för framställningen av modellen.

För att utföra den första delen har utgångspunkten varit studier av den forskning som finns tillgänglig inom området *klimatförändringar*. Denna forskning är på flera håll mycket omfattande och har bestått i FN-rapporter, tryckt litteratur, vetenskapliga artiklar samt diverse utredningar och rapporter. Inom området *naturkatastrofer* har allmän information inhämtats från källor i form av tryckt litteratur, vetenskapliga artiklar, institutioner som hanterar sådan information och kontakter med personer med kunskap i ämnet. För ändamålet att finna *statistik över naturkatastrofer* har databaser med sådan information studerats.

För att försöka skapa en bild av vilken information som skulle analyseras i modellen, var utgångspunkten till att börja med kontakter med en rad företag. Genom korrespondens och intervjuer med dessa framkom tydligare vad som efterfrågades, se noter i bilaga A. Vidare gav de analysverktyg som tillhandahålls från de internationella institutioner som arbetar med dessa frågor ytterligare input om vilken information som kunde efterfrågas.

Dessa föregående steg ledde till utformandet av en modell, vilken är tänkt att kunna användas för att analysera valfri region. För utformandet av denna var utgångspunkten att följa en logisk ordning, där varje steg naturligt leder till nästa, för att mynna ut i en så konkret bild som möjligt av hur den framtida riskbilden kan komma att se ut. De sju stegen som modellen kom att bestå av, växte framför allt fram igenom analys av den information som fanns att tillgå, kombinerat med att det i samröre med beställaren Aon också utkristalliserades vilket behov av information som förelåg.

Den framtagna modellen applicerades sedan på två regioner, vilka båda är belägna i utvecklingsländer och aktuella för etablering för svenska företag. Modellens sju steg korrigerades och anpassades också under denna process, där exempelvis tillgången på information påverkade vad som kom att ingå i varje steg. Denna del i processen illustreras av de streckade pilarna i figuren ovan. Användandet och anpassandet av stegen ledde till att en framtida riskbild skapades för de båda regionerna. Även en kvalitativ riskanalys av ett i regionen sårbart objekt utfördes. Avslutningsvis förs en diskussion kring hur de förändringar i klimatet som kan komma att ske påverkar

regionen i form av naturkatastrofer. Vidare görs en utvärdering av den framställda modellen och dess applicering på de två regionerna, där fördelar och nackdelar samt ett sammanfattande helhetsintryck framhålls.

1.7 Avgränsningar

För att arbetet ska rymmas inom ramen för ett examensarbete är tydliga avgränsningar viktiga. Avgränsningarna har framförallt tagits fram vid början av arbetet men även förtydligats under rapportens framställande. Anledningen till att dessa avgränsningar har gjorts har varit att en balans mellan omfattning och djup ska upprätthållas på bästa vis.

- Endast sådana naturkatastrofer som bedöms relevanta ur etableringssynpunkt, ger direkta konsekvenser och bedöms påverkas av klimatförändringar kommer behandlas. Dessa har avgränsats till *cyklon*, *tornado* och *översvämning*. Således kommer exempelvis inte jordbävningar, torka eller extrema temperaturer att tas upp
- Ytterligare en avgränsning görs vid tidsramen, där perioden fram till år 2040 kommer att utgöra den undersökta tidsrymden. Många analyser sträcker sig längre fram än så, men dessa tidsperspektiv kommer att anpassas efter denna avgränsning då längre tidsperspektiv bedöms som mindre intressanta ur etableringsperspektiv
- Vid utförandet har två regioner utretts, Mumbai, Indien och Nanjing, Kina. Hade tid och utrymme medgett det, hade det gått att ytterligare utföra fler utredningar för att noggrannare kunna utvärdera fördelar och nackdelar, samt bedöma modellens användbarhet

1.8 Rapportens disposition

Här kommer rapportens huvuddrag att beskrivas. Första kapitlet är ett *inledningskapitel*, där bakgrunden till examensarbetet, dess syfte, mål, metod och avgränsningar redogörs för. Vidare följer kapitlet *teoretiskt ramverk*, där en kunskaps- och faktagrund kring klimatförändringar och naturkatastrofer skapas. Därefter presenteras den framtagna *modellen*, med beskrivningar av dess sju steg. Nästföljande kapitel är delat i två delar, där modellens applicering och användande på vardera av de två regionerna testas och redovisas. Efter detta följer en *osäkerhetsanalys*, där de osäkerheter som kan återfinnas i rapporten redovisas. Vidare följer en *diskussion* där modellen utvärderas; dess användning på de två regionerna analyseras och dess för- och nackdelar redovisas. Avslutningsvis dras *slutsatser* kring de resultat som framkommit. Allra sist återfinns de använda *referenserna* listade, samt *bilagor* i vilka redovisas företagskontakter, de frågor som ställts till företagen, osäkerheter kring klimatförändringar, utförda inter- och extrapoleringar samt beskrivningar av några av de stora källorna till information, fakta och statistik som använts.

2 Teoretiskt ramverk

I detta kapitel kommer inledningsvis en rad viktiga begrepp att definieras. Därefter följer ett avsnitt som beskriver den forskning som finns kring ämnet klimatförändringar samt bakomliggande faktorer och observerade förändringar. Vidare följer ett avsnitt som ger bakgrunden till de naturfenomen som rapporten fokuserar på, där fakta om dessa redovisas. Slutligen summeras kapitlet genom att en allmän koppling mellan klimatförändringar och naturkatastrofer görs. I bilaga E redovisas och redogörs vidare för vilka källor till information som använts, samt vilka institutioner som står bakom dessa.

2.1 Definitioner

Inledningsvis kommer här ett antal viktiga centrala begrepp att kortfattat definieras och beskrivas. Detta görs för att säkerställa att en grundläggande begreppsförståelse skall finnas hos läsaren.

Väder

Väder beskriver rent fysiskt det pågående tillståndet som råder i atmosfären vid en tidpunkt, eller i nära anslutning till en tidpunkt, med avseende på temperatur, nederbörd, luftfuktighet, lufttryck och vind. Tidsintervallet är sällan större än ett par dagar. Vädret kan variera mycket mellan olika tidpunkter och lokaliseringar. Det väder som förväntas komma redovisas i en väderleksprognos (SMHI 1, 2008).

Klimat

Klimat är till skillnad från väder ett begrepp som syftar till ett långsiktigt tidsperspektiv, men bedöms efter samma egenskaper som väder. Klimatet beskrivs vanligtvis med statistiska mätningar i form av exempelvis medelvärde, variationer eller extremvärden. Klimatet har normalt en naturlig variation. Det klimat som väntas redovisas i form av olika klimatscenarier (SMHI 1, 2008).

Naturfenomen

Naturkatastrofen är händelsen medan orsakskällan är risken. På engelska kallas denna riskkälla för natural hazard, vilket inte har någon direkt översättning på svenska. Författarna har valt ordet naturfenomen vilket i rapporten syftar till de naturliga riskkällorna. De naturfenomen som behandlas i denna rapport är cyklon, tornado och översvämning.

Hydrologiska och klimatologiska naturfenomen

Hydrologiska och klimatologiska naturfenomen avser i denna rapport de naturfenomen som är beroende av hydrologiska faktorer eller påverkas av klimatologiska förändringar. Förutom cyklon, tornado och översvämning inryms även naturfenomen som torka, brand, extrema värmeböljor osv. i begreppet. I denna rapport så syftar begreppet dock till att vara ett samlingsnamn för de tre naturfenomen som undersöks.

Extrema väderhändelser

Extrema väderhändelser kan definieras på två sätt; antingen avses sådana händelser som avviker kraftigt ifrån ett medelvärde, eller så avses sådana händelser som medför

en situation där samhälle eller miljö inte kan hantera omfattningen av dem. Exempel är kraftigt nederbörd eller mycket starka vindar (SMHI 6, 2007).

Naturkatastrof

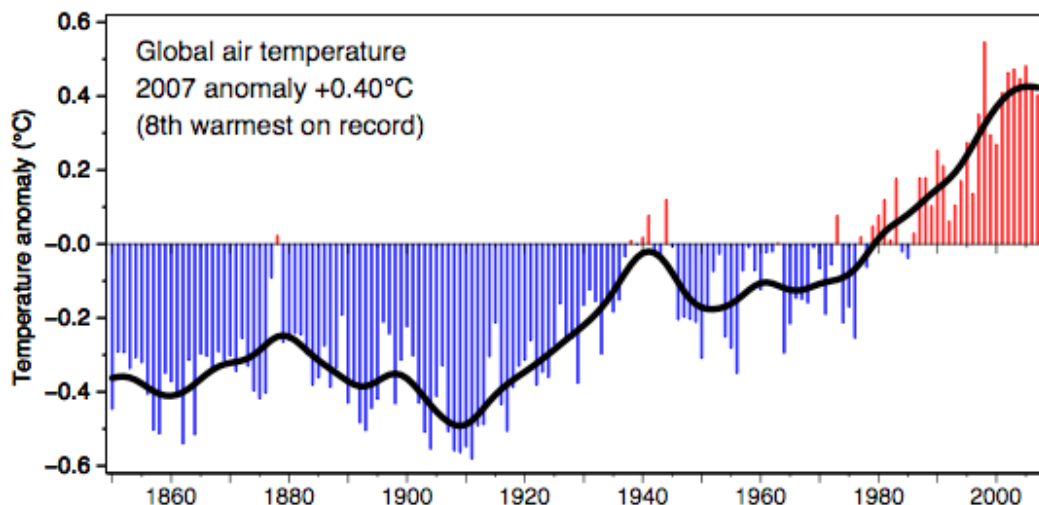
Naturkatastrof (natural disaster) är ett begrepp som definieras av FN som en händelse, utlöst av naturliga händelser, som ger negativa konsekvenser på samhällets materiella, ekonomiska, miljömässiga och/eller humana värden. Påverkan skall vara i sådan utsträckning att avbrott sker på samhällsviktiga funktioner som samhället ej kan hantera på egen hand (ISDR, 2003).

Global uppvärmning/växthuseffekt

Med växthuseffekt avses den effekt som uppstår när långlivade gaser blir kvar i atmosfären och därigenom förhindrar att värmestrålning med lågt energiinnehåll utstrålas från jorden ut i rymden. Detta blir till ett problem i och med utsläpp av exempelvis koldioxid, vilket stör den naturliga sammansättningen i atmosfären och förstärker den värmande effekten. Effekterna därav kan bli att jordens medeltemperatur ökar, vilket ger ett varmare klimat som kan föra med sig negativa effekter (SMHI 5, 2007).

Klimatförändring

Klimatförändring är en naturlig process som är ständigt pågående. I grunden avses med klimatförändring en differens från den globala medeltemperaturen. Det genomsnitt som används i *figur 2* är medeltemperaturen under tidsperioden år 1961 till 1990 (Jones, 2007). Vidare innebär inte detta att med klimatförändring avses något negativt, utan endast att det är en ständigt pågående process. Vad som dock i många fall anses som en negativ klimatförändring är när variationerna avviker ifrån vad som anses som naturlig variation och blir till tendenser eller då extremerna blir oproportionerligt stora. Detta visas i *figur 2*, vilken beskriver temperaturförändringarna i världen som en funktion av tiden. I figuren visas tydligt en trend av att jordens temperatur successivt ökar (SMHI 1, 2008).



Figur 2: Visar på klimatet i form av temperaturförändringarna för varje år under perioden 1850 till 2007 (Källa: Jones, 2007).

Återkomsttid

Med återkomsttid avses att en händelse sker i genomsnitt en gång under den tiden som beskrivs. Exempelvis om återkomsttiden för att det regnar 50 mm på ett dygn är 100 år så inträffar det i genomsnitt ett regn på minst 50 mm en gång på 100 år. Detta är ekvivalent med att sannolikheten för varje år är 1/100 att ett sådant regn inträffar. Om detta översätts till sannolikheter så blir sannolikheten för att en nederbördsmängd som har 100 års återkomsttid inträffar under 100 år 63 % (SMHI 2, 2008).

Risk

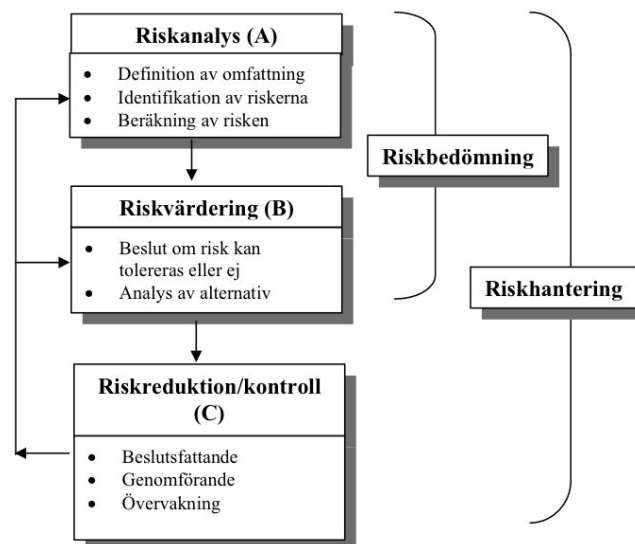
Ordet risk är svårdefinierat på grund av dess breda betydelse. Samma ord kan användas i flera olika sammanhang med olika innebörd. Risk kan för en person innebära sannolikheten för en händelse medan det för en annan innebär konsekvensen av den (Hansson, 2005). I denna rapport kommer ordet risk definieras som produkten av sannolikheten för en oväntad negativ händelse och dess konsekvens. Detta är en rent teknisk definition. Det bör dock poängteras att med risk och hot ej avses samma sak. Klimatförändringarna är hotet, som ökar sannolikheten för naturkatastrofer, dvs. risken (KBM, 2006), se vidare begreppsbeskrivning i avsnitt 2.3.1 Begrepp.

Riskanalys

För att kartlägga riskerna enligt ett systematiskt tillvägagångssätt görs en riskanalys (KBM, 2006). Riskanalysen är en viktig del av riskhanteringsprocessen, se nedan. Riskanalyser delas in efter vilken typ av resultat som eftersträvas. Detta görs efter en skala från kvantitativa (beräknade) till kvalitativa (beskrivande) metoder (Nystedt, 2000).

Riskhantering

Riskhantering är ett samlingsnamn för hela riskprocessen från början till slut. Enligt Nilssons (2003) översättning av IEC (International Electrotechnical Commission) beskrivs riskhanteringen i tre steg; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se *figur 3*.



Figur 3: Riskhanteringsprocessen (Källa: Nilsson, 2003)

2.2 Klimatförändringar

I detta avsnitt kommer ges en bakgrund till den forskning som finns om klimatförändringar. Det kommer att redogöras för vad forskningen funnit om bakomliggande orsaker samt vilka förändringar och effekter av klimatförändringen som observeras. Slutligen redovisas en del av den kritik som framförts mot klimatforskningen.

Förenta Nationernas klimatorgan Intergovernmental Panel on Climate Change, förkortat IPCC, ger med några års mellanrum ut rapporter om världens klimat och hur det förändras. 2001 gav man ut sin tredje rapport, the Third Assessment Report, TAR, och 2007 gav man ut den fjärde, the Fourth Assessment Report, AR4 (IPCC AR4, 2007). Denna senaste rapport betraktas allmänt som ett standardverk när det gäller klimatförändring, och baseras på forskning från flera tusen olika källor i världen.

I denna rapport kommer de fakta och teorier som läggs fram om klimatförändringar att baseras på IPCC:s rapporter där inget annat anges. Det kommer också hänvisas till de osäkerheter som anges i dessa rapporter. En översiktlig redogörelse för dessa nivåer på osäkerheter återfinns i bilaga B.

Det kan naturligtvis ifrågasättas att i princip utgå från en enda källa i en fråga som denna. Faktum är dock att i mycket stor utsträckning så utgår ytterligare material som står att finna i ämnet ifrån IPCC:s rapporter eller anger dem som källa. Ett exempel på den validitet som materialet kan tillmätas, är att den svenska *Klimat- och sårbarhetsutredningen* (SOU 2007:60) helt utgår från det. Utifrån det ges sedan förslag på hur den svenska klimatpolitiken skall föras och anpassas.

Observerade ändringar i klimatet enligt IPCC:s AR4

Forskningen visar på en rad observerade och dokumenterade förändringar i klimatet. Inledningsvis slår man fast att det otvetydigt sker en uppvärmning, vilket kan observeras genom stigande luft- och vattentemperaturer, utbredd snö- och issmältning samt stigande havsnivåer.

Av de tolv åren mellan 1995 och 2006 återfinns elva bland de tolv varmaste åren sedan 1850, det år då man började mäta temperaturen globalt i världen. Havstemperaturen har ökat ända ned till ett djup av 3 000 meter sedan 1960-talet. Vattnets expansion står för den största delen av havsnivåhöjningen, vilken varit i genomsnitt 1,8 mm per år 1961-2003, och 3,1 mm per år 1993-2003. Både polarisar, glaciärer och snötäcke har minskat kontinuerligt sedan 1970- och 80-talen. Vidare konstaterar man att

- det är *väldigt troligt* att kalla dagar, kalla nätter och frost blivit mindre vanliga över de flesta landtytor, samtidigt som varma dagar och nätter ökat i frekvens
- det är *troligt* att värmeböljor blivit vanligare över de flesta landtytor
- det är *troligt* att nederbörden, eller följder av riklig nederbörd, ökat över de flesta områden
- det är *troligt* att havsnivåerna stiger runtom jorden

Avslutningsvis konstaterar man att av 29 000 dataserier med observationer som analyserats i 75 studier vilka visar på förändringar i fysiska och biologiska system, så pekar mer än 89 % på att förändringarna beror på en globalt stigande temperatur.

Observerade effekter av klimatförändringar enligt IPCC:s AR4

De förändringar i klimatet som skett har medfört en rad effekter, vilka kan observeras över alla kontinenter och över de flesta hav. Exempel på observerade effekter som med *hög sannolikhet* beror på klimatförändringar är ökning av glaciärsjöar, ökad markinstabilitet på grund av upptinande permafrost samt förändringar i de arktiska ekosystemen. Vidare påverkas smältningen av glaciärer, samt struktur och vattenkvalitet i många sjöar och floder i världen.

IPCC:s utsläppsscenarier

Inom forskningen som IPCC:s fjärde rapport AR4 baseras på har en lång rad olika klimatmodeller använts och analyserats för att beräkna de klimatförändringar som kan komma. Här skiljer sig den fjärde rapporten kraftigt från den tredje, TAR, där man saknade detta omfattande underlag att basera bedömningarna på. Bedömningarna innefattar ett antal olika framtidsscenarier, vilka beskrivs nedan, tillsammans med allmänna bedömningar av hur klimatet kan komma att förändras, se *figur 4*.

IPCC baserar sina bedömningar på scenariefamiljerna i rapporten *Special Report on Emission Scenarios, SRES*, vilken man gav ut år 2000. I denna delar man in scenarierna i fyra grupper, eller familjer (A1, A2, B1 och B2), vilka i sin tur innefattar flera scenarier (t.ex. A1FI, A1T och A1B). Alla dessa kan betraktas som lika trovärdiga. Dock tas inte i något av scenarierna hänsyn till om ytterligare klimatinitiativ skulle tas, exempelvis ifall Kyotoprotokollets utsläppsmål faktiskt skulle uppnås.

A1

Scenarierna inom A1-familjen baseras på en utjämning mellan ”fattiga” och ”rika” i världen. Ny teknik och nya idéer introduceras och sprids, kraftig kapacitetsutbyggnad genomförs och världsekonomin expanderar fram till år 2100. Befolkningsmängden ökar fram till år 2050, för att därefter minska. Familjen delas in i tre undergrupper vilka bygger på olika vägar för utvecklingen av energisystemteknik. Inom A1FI ligger tyngdpunkten på fossilbränsleintensiva energikällor, inom A1T på icke fossilbaserade energikällor och inom A1B har man funnit en balans mellan olika typer av energikällor.

A2

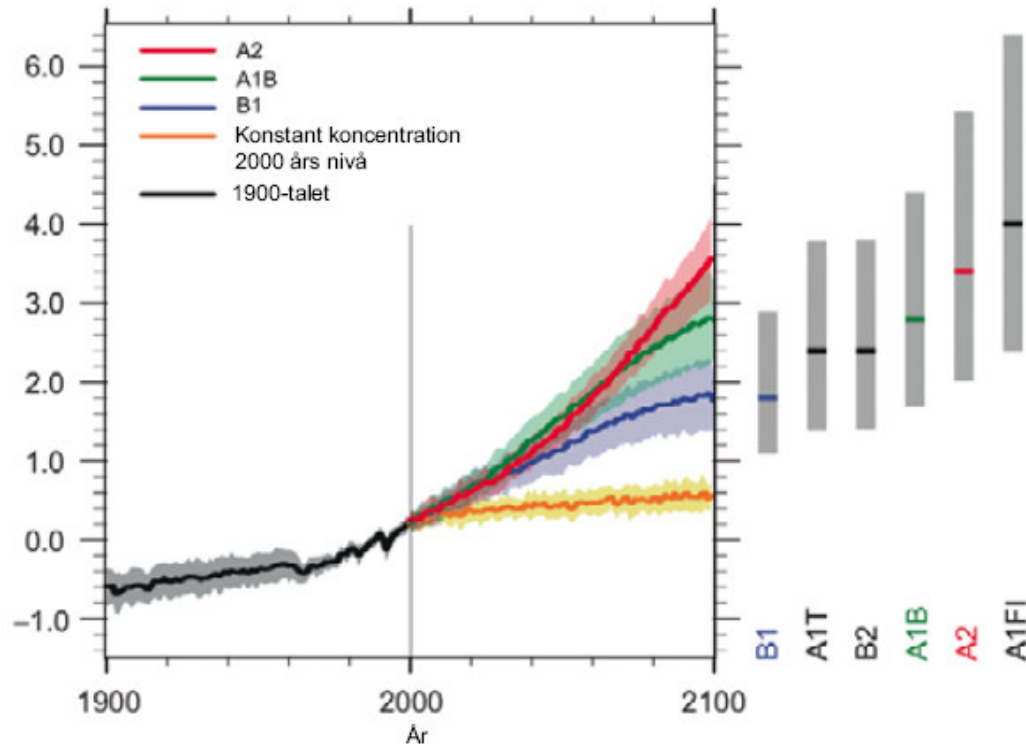
A2-familjen karaktäriseras av en mer regional uppdelning av världen, med mindre handelsutbyte och långsammare teknisk utveckling. Regionerna som uppstår kommer att skilja sig åt, vissa kommer ha en snabbare utveckling än andra. Befolkningsmängden ökar långsamt globalt. Vissa miljöproblem kommer att lösas på en lokal eller regional nivå.

B1

Inom B1-familjen återfinns en kraftig ökning av medvetenheten kring sociala problem och miljöproblem, på ett globalt plan. Effektiva och renare energialternativ utvecklas i takt med att användandet av olja och gas minskar, och sprids över jorden. Befolkningsutvecklingen liknar den i A1-scenarierna, med ökande folkmängd fram till år 2050 och därefter minskande.

B2

Även i B2-familjen är medvetenheten och anpassningen kring problemen hög och man går mot en mer hållbar utveckling, men med lösningar som återfinns på regionala och lokala nivåer. Det internationella perspektivet får minskad betydelse, och teknikutvecklingen sker varierande i olika regioner. Befolkningen ökar långsamt men kontinuerligt.



Figur 4: Global uppvärmning vid jordytan ($^{\circ}\text{C}$) enligt de olika scenariefamiljerna (Källa: Figur SPM-5 ur Naturvårdsverket, 2007:28)

IPCC - Allmänna globala förändringar

Flera av SRES:s scenarier visar på en ökad temperatur på omkring $0,2^{\circ}\text{C}$ per årtionde under de kommande 20 åren. En ökning skulle ske med $0,1^{\circ}\text{C}$ per årtionde även om koncentrationen av växthusgaser hölls konstant vid 2000 års nivå, på grund av den långsamma uppvärmningsprocessen i haven. Fortsätter utsläppen att öka kommer detta leda till ytterligare ökad uppvärmning, se *tabell 1* för nivåer med osäkerhetsintervall för de olika scenarierna. Likaså kan höjningen av havsytan i de olika scenarierna utläsas. Högre värden på havsnivåhöjningen kan inte uteslutas, men publicerade studier om klimatets kolcykel samt kring Grönlands och Antarktis isflöden saknas, varför inga specifika värden kan anges med avseende på detta.

Oberoende av scenario konstaterar man att uppvärmningen kommer att vara störst över land, samt på norra halvklotet. Vidare är det mycket sannolikt att den storskaliga meridionala medelcirkulationen i Atlanten kommer sakta ner under 2000-talet, med konsekvenser för bland annat havsströmmarna.

Modellscenario	Temperaturförändring (°C år 2090–2099 jämfört med 1980–1999)*		Höjning av havsyttnivån – (i meter år 2090–2099 jämfört med 1980–1999)
	Troligaste värde	Osäkerhetsintervall	Modellbaserat osäkerhetsintervall utan hänsyn tagen till framtida, snabba dynamiska förändringar av isflöden
Koncentrationerna hålls vid 2000 års nivåer ^c	0,6	0,3 – 0,9	i.u.
Scenario B1	1,8	1,1 – 2,9	0,18 – 0,38
Scenario A1T	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,45
Scenario B2	2,4	1,4 – 3,8	0,20 – 0,43
Scenario A1B	2,8	1,7 – 4,4	0,21 – 0,48
Scenario A2	3,4	2,0 – 5,4	0,23 – 0,51
Scenario A1F1	4,0	2,4 – 6,4	0,26 – 0,59

Tabell 1: Temperaturförändring vid jordytan (°C) samt höjning av havsyttnivån (m) (Källa: Figur SPM-2 ur Naturvårdsverket, 2007:27)

Extrema händelser

Att analysera extrema händelser i samband med klimatförändringar är svårare, både på grund av att de inte inträffar så ofta och för att pålitliga data saknas för längre tidsperioder. Trots detta har man kunnat dra vissa slutsatser, mestadels baserade på data insamlade från år 1950 och framåt. Man har bland annat kunnat fastslå, att det är *väldigt sannolikt* att dygn med låga temperaturer och frost har minskat i stora delar av världen. Motsatt gäller för dygn med högre temperaturer, vilka har ökat. Det är *sannolikt* att värmeböljor, dvs. flera åtföljande dagar med höga temperaturer, har ökat. Likaså är det *sannolikt* att enskilda händelser med kraftig nederbörd ökat mer än förväntat. Vidare har man funnit att det är *sannolikt* att torka har ökat där det förekommer, liksom tropiska cykloner (lågtryck) vad gäller intensitet och livstid.

Orsaker till klimatförändringar enligt IPCC:s AR4

IPCC:s rapport AR4 tar upp ett antal orsaker till att jordens klimat förändras. Den enskilt viktigaste orsaken till detta menar man är utsläpp av s.k. *green house gases*, växthusgaser. Utsläpp av dessa gaser, främst koldioxid, är den främsta anledningen till att temperaturen stiger genom växthuseffekten.

I AR4 slås fast att utsläppen av växthusgaser har ökat med 70 % mellan år 1970 och år 2004. Vidare konstateras det att det med *väldigt hög sannolikhet* är mänskliga aktiviteter som har lett till denna ökning, samt att den med lika stor sannolikhet har medfört en ökande temperatur. Det är *extremt osannolikt* att de senaste 50 årens globala förändringar av klimatet kan förklaras med enbart naturliga orsaker.

Kritik mot IPCC och klimatförändringar

Den mesta kritik som framförs mot IPCC och dess rapporter avser att risker och hot i samband med klimatförändring undervärderas. Ytterligare kritik anser att IPCC på vissa håll förlitar sig på forskning som redan är inaktuell (Romm, 2006). Ett exempel är att rapporten anses undervärdera riskerna med utsläpp av metan från tinande permafrost. Naturligtvis framförs från en del håll även kritik, där man anser att klimatförändringen och dess följder och risker överdrivs. Denna typ av kritik har dock minskat i takt med att resultaten som redovisas blir mer och mer tillförlitliga (RealClimate, 2008).

2.3 Naturfenomen

I detta avsnitt kommer inledningsvis ges en beskrivning av de naturfenomen som står i fokus för rapporten; cyklon, tornado och översvämning. Först ges en allmän beskrivning, vilken följs av en beskrivning av utbredningen i form av storlek och konsekvenser. Därefter kommer kopplingen mellan naturfenomenet och klimatförändringarna redovisas för att ge en förståelse för hur de olika fenomenen hänger ihop.

2.3.1 Cyklon

Inledningsvis kommer här en rad begrepp definieras. För vindrelaterade naturfenomen finns en rad olika begrepp, och i denna rapport kommer *cyklon* att användas som ett samlande begrepp för dessa. Med cyklon avses annars detsamma som lågtryck. Utöver stationära lågtryck finns även rörliga sådana, vilka namnges efter sin vindstyrka. Stormar har hastigheter mellan 24,5-32,6 m/s och orkaner har en högre vindhastighet än 32,7 m/s (SMHI 3, 2007). Vidare har orkaner (hurricanes) olika benämningar beroende på var i världen de uppstår, t.ex. tyfon när de inträffar i Asien (National Weather Service, 2008). Även om begreppet cyklon i vissa fall kommer att kunna vara felaktigt, pga. exempelvis lokaliseringen eller vindhastigheten, används det för att frambringa en uniform framställning i rapporten. På detta sätt kan missförstånd undvikas.

Cykloner bildas över haven, kring ekvatorn där temperaturen är minst 26°C. Luften över haven innehåller här en hög fuktighetshalt, ca 75-80 %, vilket ger goda förutsättningar för att ett konvektionsskikt skall bildas. Värmen och fuktigheten gör att kondensation bildas högre upp i atmosfären. I samband med detta frigörs en stor mängd energi, vilken dels ökar värmetillförseln som ytterligare gör att kondensationen fortskrider, och dels frigörs energi i form av rörelse. På detta sätt blir cyklonen allt större och vindhastigheten allt högre. Ytterligare en faktor som spelar in i vädersystemet är att ostabila vindar påverkar processen och bildar en relativt symmetrisk virvel. I centrum av virveln finns ett område som är helt fritt från moln och turbulens, vilket kallas öga. Cyklonögat fungerar som en transportled för överbliven luft. Om förutsättningarna är de rätta kommer ett stort åskmoln bildas. Denna process kan ta från 6-7 timmar upp till 2-3 dagar. Cyklonen får sin fart av de vindar som blåser över havet och den fuktighet som det varma vattnet avger. Detta gör att cykloner ofta dör ut när de drar in över fast mark (Alexander, 1993:150-170).

Utbredning

Cykloner uppstår i tropikerna, mellan latituder 30° N och 30° S med undantag för området $\pm 5^\circ$ från ekvatorn. Anledningen till att området kring ekvatorn är undantaget är att de atmosfäriska störningarna här inte är tillräckliga för att ge upphov till cykloner (Alexander, 1993:155). Diametern på de kraftigaste cyklonerna kan vara från knappt 100 km till över 1 000 km, med ett öga på ca 30-50 km i diameter. Cykloners hastigheter har uppmätts till över 320 km/h (ibid.).

Det finns flera olika skalor för att jämföra och mäta cykloner, och dessa varierar ofta beroende på var cyklonen registreras och vilken instans som registrerar den. En av de mest vanligt förekommande värderingsskalorna är Saffir-Simpsons orkanskala. Denna är uppbyggd av fem kategorier där den första innebär den mildaste formen av cyklon

och kategori 5 den kraftigaste formen. Vidare beskrivs konsekvenserna av cyklonen, liksom konsekvenserna av och troligt utseende på stormfloden som kan följa (National Weather Service, 2007).

Cykloners framfart medför ofta omfattande förstörelse främst i kustområden, då de som nämnts ovan tenderar att dö ut när de kommer in över land. Dock kan cykloner medföra att tornados uppstår, vilka i sin tur kan dra in långt över land och förstöra hela byar och mindre städer. Annars består ca 90 % av dödsfallen i samband med cykloner av drunkningar (Alexander, 1993:160). Detta beror på att den allvarligaste konsekvensen cykloner medför är stormfloder (storm surge), vilka uppstår som en samlad effekt av vindförhållandena och nederbörden. Konsekvenserna blir att lokala vattennivåer ökar snabbt och drastiskt, vilket ger översvämningar. Faktorer som avgör stormflodens storlek är:

- Avståndet mellan cyklonögat och den punkt där maximala vindhastigheten finns
- Det barometriska trycket i cyklonögat
- Cyklonens hastighet
- Vinkeln mellan cyklonens riktning och kustlinjen som den möter
- Havsdjupet samt bottenens utseende utanför kustområdet (Alexander, 1993: 150-170)

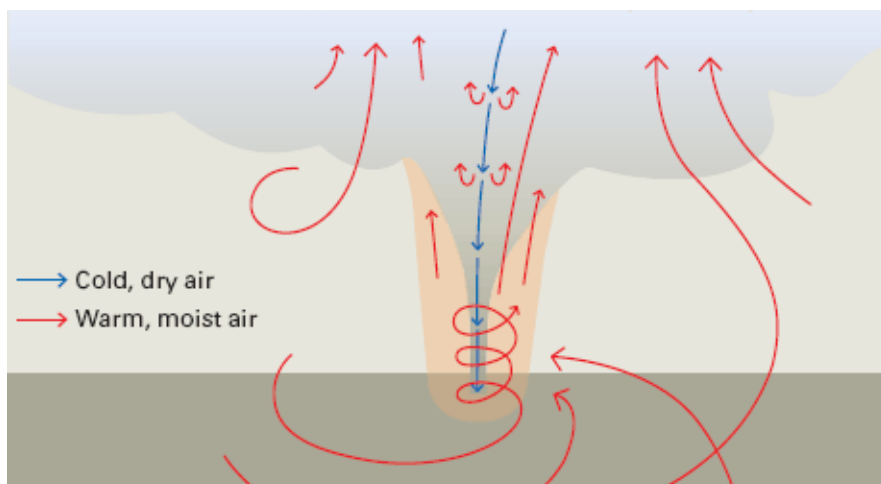
Koppling till klimatförändringar

Vid en stigande havstemperatur kan cyklonernas mönster komma att förändras. Den högre temperaturen i havet skulle addera ytterligare energi till processen i form av värme. Under de senaste decennierna har dock antalet cykloner inte ökat. Däremot tyder forskningsresultat på att antalet starka cykloner ökar, speciellt i området kring Indiska oceanen och norra delarna av Atlanten (Elish, 2008). Att detta skulle vara ett resultat av klimatförändringar och varmare hav är svårt att bevisa, men det är vad många forskare anser. Detta grundar sig till viss del på de kraftiga tropiska cyklonerna man observerat de senaste fyra åren (McBride et al, 2006). Vidare har man konstaterat att antalet cykloner tillhörande kategori 4 och 5 kan antas öka med ungefär 31 % om havstemperaturen skulle stiga med 1°C. Detta är en tänkbar effekt som klimatförändringarna kan föra med sig (Elsner et al, 2008:94).

2.3.2 Tornado

Tornado, vilket är en sorts virvelstorm, bildas då varm fuktig luft möter kall torr luft. Detta sker ofta under våren och sommaren när solen värmer upp marken. Denna värme överförs i sin tur till luften i omgivningen, vilken börjar stiga. När den varma fuktiga luften stiger och möter kall torr luft högre upp samtidigt som avektion (sidovindar) adderas till processen sker en omblandning. Under omblandningen strävar temperaturen och luftfuktigheten mot en utjämning. Denna utjämning leder till att fuktigheten kondenseras till nederbörd och en stor mängd energi frigörs, varför det ofta förekommer regn eller hagel i samband med tornados (Alexander, 1993:170-182). Vidare får omblandningen och avektionen vindarna att röra sig cirkulärt, och stora Cumulonimbusmoln (åskmoln) bildas. Genom att den kalla luften pressas nedåt, stiger den varma luften uppåt med en enorm hastighet, se *figur 5*. Detta kan jämföras med det fenomen som uppstår då vätska ska tömmas så snabbt som möjligt ur en flaska. På samma sätt bildas det trattformade fenomen som kallas för tornado eller

tromb. När denna sedan når marken är dess framfart mycket svår att förutspå (Munich Re 4, 2008).



Figur 5: En tornado uppstår (Källa: Munich Re 1, 2008).

Utbredning

Tornados förekommer på vitt skilda platser, och har dokumenterats på alla kontinenter förutom Antarktis. Nordamerika, och främst USA, är det område i världen med högst frekvens, med över 1 000 tornados per år. Generellt finns det bäst förutsättningar för att tornados ska uppstå mellan 30° och 50° bredd, på såväl norra som södra halvklotet. Inom dessa områden möter de kalla polarvindarna de varma subtropiska vindarna. En aspekt som motverkar eller lindrar uppkomsten är att dessa vindar ofta har olika vindhastigheter och olika vindriktningar, och därmed motverkar varandra (National Climate Data Center, 2008).

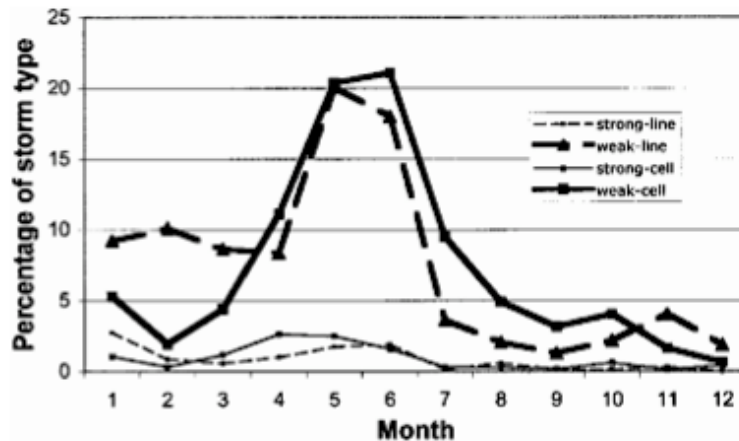
Tornados bedöms efter Fujita-skalan (F-skalan), vilken främst är ett mått på de konsekvenser som tornadon ger upphov till. Vidare är tornadons beräknade vindhastighet en avgörande aspekt i klassificeringen. F-skalan skapades 1971 av doktor Theodore Fujita, som tilldelade skalan intervallet F0-F5, där F0 har minst allvarliga konsekvenser och F5 störst konsekvenser. 2007 utvecklades F-skalan till den operativa EF-skalan. Denna bygger på samma principer som F-skalan, där främst konsekvenserna bedöms, men tar även hänsyn till tornadons struktur och uppbyggnad (ibid.).

Diametern på den cylinderformade tornadon kan variera från 10 m upp till 1 km, och vindhastigheten i tornadon kan uppgå till över 100 m/s. Hastigheten som åskmolnet färdas i överstiger sällan en hastighet på 30 km/h, men hastigheter på upp till 90 km/h har uppmätts. Tornadon kan vara aktiv från någon sekund till flera timmar. Kraften i en tornado kan vara så stor, att hela byar raderas och att stora föremål som bilar och hus förflyttas flera kilometer från sin ursprungspunkt (SMHI 4, 2007). Nästan 90 % av alla tornados som registrerats i USA fram till 1993 är klassade som F2 eller lägre, dvs. de har medfört ansevärda skador eller mindre (National Climate Data Center, 2008). 1989 drabbades staden Shaturia i Bangladesh av den tornado som hittills har krävt flest liv, då över 1 000 personer omkom (Reliefweb, 1989).

Tornado, koppling till klimatförändringar

Enligt IPCC:s rapporter så är underlagen för utvecklingen av tornados mycket osäkra. Även om det rapporteras allt fler tornados, antas den största orsaken till detta vara att ökad medvetenhet och ökat intresse på senare tid har ökat rapportvilligheten. Att skadorna rapporteras mer noggrant gör även att de tornados som sker är lättare att utvärdera. Slutligen så har kunskaperna om tornado som fenomen ökat mycket under de senaste 40 åren. Alla dessa faktorer bidrar till att det är svårt att jämföra dagens, och den framtida, situationen med hur det sett ut tidigare. (IPCC AR4, 2007)

Vad man dock kunnat konstatera, är att vid en globalt ökande temperatur så kommer sommardagarna att bli fler. *Figur 6* visar tydligt att de flesta tornados uppstår just under sommarmånaderna. Blir sommardagarna fler, är sannolikheten stor för att även frekvensen på tornados kommer att öka.



Figur 6: Figuren visar att antalet tornados är flest under sommarmånaderna. (Källa: Trapp et al, 2005 :30)

2.3.3 Översvämning

En översvämning innebär att vattennivån stiger över en viss tolerabel nivå. Detta kan ske på olika sätt, med olika hastighet och få olika typer av konsekvenser. Till att börja med kan floder svämma över i långsam takt, till följd av regn eller snösmältning. Kraftiga regnväder kan även få detta att ske betydligt snabbare. Vidare kan en kombination av starka vindar och regn över land och svallvågor från havet få flodmynningar att svämma över, s.k. *estuarin* översvämning. Längs kuster sker översvämningar på grund av kraftiga vindar till havs, vars svallvågor tillsammans med lågt lufttryck får vattennivån att stiga in över land. Likaså kan jordbävningar på havsbotten framkalla tsunamivågor, enorma vågor som slår in över kusten (Alexander, 1993:120).

Utbredning

Utbredningen och konsekvenserna skiftar naturligtvis med typ av översvämning. En kustöversvämning ger främst konsekvenser längs den drabbade kuststräckan, men kan få allvarliga konsekvenser även längre in i landet i lågt liggande områden. Konsekvenserna kan exempelvis bestå av kvarliggande vatten som förstör jordbruk, av sjukdomar och smittor som sprids i vattnet, av dödsfall och förstörd infrastruktur. En översvämmad flod får liknande konsekvenser. En plötslig översvämning (flash flood) uppstår vid ett kraftigt regnoväder och medför att stora mängder vatten

förflyttar sig snabbt. Vattnet kan föra med sig både stora stenar och dra med sig hela byggnader, vilket kan få förödande konsekvenser.
(Alexander, 1993:137)

Översvämning, koppling till klimatförändringar

Enskilda händelser som sker går inte att direkt koppla till klimatförändringar, men man kan se trender i vad som sker, även om dessa inte heller är entydiga. Dock kan man, enligt ovan, se att mycket tyder på att den ökande temperaturen kommer ge kraftigare vindar. Detta skulle även leda till större nederbörd och kraftigare svallvågor som slår in över land, vilket i sin tur skulle ge kraftigare översvämningar.

En annan typ av översvämning som kan komma att ske är genom att havsytans nivå höjs. Att detta skett under de senaste 100 åren har man konstaterat (IPCC AR4, 2007). De analyser som senare kommer att redovisas, visar på tänkbara utvecklingar med avseende på både vattnets expansion och en eventuell isavsmältning. Följder man kan förutspå här liknar dem vid "vanliga" översvämningar, med skillnaden att de händer mycket långsamt och kan vara irreversibla.

2.4 Koppling Klimatförändring - Naturkatastrofer

Det finns inga bevis för att klimatförändringarna som sker leder till fler och större naturkatastrofer. Däremot konstaterar man på flera håll att det finns tecken på att så skulle kunna vara fallet.

Munich Re konstaterar exempelvis för perioden 1980-2005 att 85 % av de katastrofer som registrerats beror på väderrelaterade händelser. Mildare katastrofer bedöms ha minskat i antal i relation till allvarigare händelser, vilka anses öka signifikant. Liknande trender kan urskiljas för perioden 1950-2005, då antalet allvarliga händelser fördubblades, och de ekonomiska förlusterna ökade med faktorn 6,7. Även data ifrån IPCC, Världsbanken och EMDAT styrker detta. Dessa sammanhang finns mer utförligt beskrivna i bilaga E.

3 Modell

För att kunna göra omvärldsanalyser med avseende på naturkatastrofer i framtiden framställs denna modell. Genom denna kan regioner analyseras utifrån ett trovärdigt och effektivt tillvägagångssätt. På detta sätt ska användaren på ett enkelt vis kunna få fram ett välgrundat resultat. Modellen ska på ett tydligt vis guida användaren av modellen genom analysen så att resultatet blir tydligt och lätt att följa. Modellens syfte är att peka ut de trovärdigaste källorna för att därigenom förenkla användandet av informationen som källorna ger och effektivisera arbetsprocessen. Målsättningen är att modellen ska kunna förse användaren med väsentlig och användbar kunskap grundad i forskningsfrontens senaste resultat. Detta är dock inga exakta och fullständigt korrekta resultat, utan användaren styr i hög grad själv vilken validitet modellen användandet kommer kunna tillmätas. Detta måste användaren vara medveten om, se vidare bilaga E för beskrivningar av de källor som används.

Skapandet av modellen är sprunget ur ett informationsbehov hos företag, vilka bedriver eller planerar att etablera verksamhet utomlands. Detta behov har vuxit fram ur att företagen upplever att de hotas av frekventare naturkatastrofer samt i högre grad utsätts för de konsekvenser som dessa för med sig. Denna utveckling av katastrofer är en faktor som hittills inte har tagits någon stor hänsyn till, men som upplevs som något som kan få ökad betydelse. Modellen har skapats i en symbios mellan de behov som företagen har beskrivit och den information som finns tillgänglig rörande dessa behov. Framförallt har det fokuserats på vilken typ av information som efterfrågas av företagen för att skapa en modell som i framtiden kan komma till nytta. Resonemang kring hur denna typ av information kan bearbetas och redovisas på ett tydligt och effektivt sätt har sedan legat till grund för modellens utformande. Framställandet av modellens steg har vidare skett i en iterativ process, där arbetet med de två casen även tillåtit influera och påverka modellens och stegens utseende.

Modellen har delats in i sju steg, vilka ska leda fram till en omfattande analys. Inledningsvis görs en *bakgrundsbeskrivning* för att ge en uppfattning om hur situationen i regionen ser ut. Vidare följs en tidsaxel där regionen undersöks med avseende på klimatförändringar och naturkatastrofer. Denna tidsaxel börjar i dåtid med *historiska händelser*, fortsätter med *dagens riskbild*, följs av *framtida tendenser* och avslutas med en *framtida riskbild*. Efter att naturfenomenens utveckling har analyseras ges en möjlighet att applicera denna utveckling på ett objekt. Detta görs för att *konkretisera* de resultat som har framkommit ur avsnitten *dagens riskbild* och *framtidens riskbild*. Slutligen förs ett *resonemang* kring hur riskerna i fråga kan komma att utvecklas ur ett större och mer allmänt perspektiv.

Då modellen inte har en specifik verksamhet eller en förutbestämd lokalisering i fokus, ger den en riskbild som är allmän för regionen. Detta ger användaren en uppfattning om hur en region i stort kan komma att förändras och hur detta kan komma att påverka förutsättningarna för verksamhet i regionen. Detta gör att modellen kan användas oavsett vilken typ av verksamhet eller tjänst som resultatet ska appliceras på. Dock kan modellen utvecklas och specificeras på så sätt att den kan appliceras på en specifik verksamhet eller en exakt lokalisering. Även om detta ligger utanför ramen för denna rapport ges exempel nedan på vad som kan ändras/adderas för att skapa en mera anpassad analys.

Omfattningen på regionen som undersöks bör begränsas till storleken av en stad eller dylikt. Undersöks ett större område kan en enhetlig bild bli svårare att framställa. Riskbilden blir då så spridd och skyddsvärda objekt kan bli så många, att det ger en alltför komplex och svårtolkad riskbild. Ska ändå ett större område undersökas utan att flera analyser görs, rekommenderas att den känsligaste regionen orienteras och undersöks. Resultatet från denna kan sedan appliceras på det större området.

Användandet av modellen testas genom att analyser utförs av regionerna Mumbai i Indien och Nanjing i Kina. Resultatet av appliceringen utvärderas för att finna vilka möjligheter och begränsningar modellen kan ha. Dessa två regioner har blivit fokus av anledningen att många svenska företag har anläggningar i dessa regioner. Vidare är dessa regioner ett aktuellt alternativ för ännu fler företag som överväger en eventuell nyetablering i utlandet.

En avgränsning som har gjorts, vilken beskrivs i inledningskapitlet, är att riskerna från naturfenomen avgränsats till naturfenomenen cyklon, tornado och översvämning. Denna avgränsning har gjorts då dessa naturfenomen har en klar koppling till klimatförändringar och ger direkta effekter som kan ge katastrofala konsekvenser.

Det tidsperspektiv på ca 30 år, fram till år 2040, som valts omfattar med bred marginal en nyetablering i ett utvecklingsland. I nyetableringen ingår allt från diskussion av lokalisering till uppbyggandet av verksamheten från grunden både fysiskt och praktiskt. Vidare sträcker sig denna process till att verksamhetsutövningen nått den tidpunkt då projektet återbetalat sig och uppnått sin ekonomiska livslängd.

Modellens sju steg beskrivs nedan ur tre olika perspektiv. Först beskrivs *grunden* till steget, varför det skapas och vad som ska framkomma i beskrivningen. Därmed definieras de syften som ska uppnås. Vidare beskrivs *tillvägagångssättet* för att uppnå de syften som grunden beskriver. Här ges även förslag på var informationen kan hittas och hur arbetsgången kan följas. Avslutningsvis beskrivs på vilka sätt steget kan *anpassas* efter användarens önskemål och krav.

3.1 Bakgrundsbeskrivning

Grund Genom att beskriva regionen utifrån önskat fokus, ges en bakgrundsinformation som ökar förståelsen för regionen och dess utveckling. I detta steg undersöks lämpliga fakta som t.ex. geografi, klimat och landets och regionens ekonomiska situation. Beskrivningen inriktar sig inte mot något specifikt ämne utan ger en allmän framställning av det geografiska området. Målet är att skapa en ökad förståelse för hur landet kan komma att utvecklas och vilka faktorer som påverkar utvecklingen. Information angående den ekonomiska och sociala statusen i landet ger ofta signaler om hur resilient landet är gentemot hot från exempelvis klimatet och hur stor robustheten är gentemot naturkatastrofer. Vidare kan information om vilken utvecklingsfas nationen befinner sig i vara av vikt då detta indikerar hur situationen i regionen kan komma att förändras i framtiden. Andra faktorer som påverkar denna bild är vilken typ av sysselsättning och vilka behov som är av vikt för regionen. Förslagsvis ges först en ytlig beskrivning av nationen som sedan smalnar av och beskriver regionen som modellen ska appliceras på, för att fortsätta ner till önskad detaljnivå.

Tillvägagångssätt När regionbeskrivningen skall genomföras är det en god ide att starta med att skapa en bild av hur landet och regionen ser ut. Detta görs lättast genom användande av ett allmänt accepterat uppslagsverk. Därefter genomförs en litteratursökning där källor från statliga myndigheter i Sverige, i det undersökta landet och övriga världen konsulteras. Bland de statliga instanserna har Utrikesdepartementet flertalet utredningar och rapporter som beskriver olika länder och regioner. Andra exempel är svenska handelskammaren, ekonomiska sidor osv. Vidare finns en mängd olika statistiska mätningar i databasen UNdata, som är en databas upprättad av FN. Utbudet på allmän information är outtömligt, svårare är det att finna mer specifik data. Litteraturstudien sammanfattas i en regionbeskrivning som fångar in de intressanta fakta som hittats. Viktigt är att notera noggrant vilka källor till information som använts, för att skapa transparens och trovärdighet.

Anpassning Beroende på vem mottagaren av rapporten är så kan omfattning och djup anpassas. Exempelvis kan bakgrundsbeskrivningens djup anpassas efter hur väl känd den undersökta regionen är. Är ett specifikt område av intresse fokuseras på detta. I vissa fall kan detta steg helt uteslutas då det kan bli en onödig utfyllnad, utan väsentlig ny information.

3.2 Historiska händelser

Grund *Historiska händelser* beskriver de naturkatastrofer som drabbat regionen tidigare. Omfattningen av beskrivningen av de olika katastroferna bör fokusera på de angivna naturfenomenen och naturkatastroferna men kan med fördel även ta upp övriga typer av naturkatastrofer. Denna bredd; att se på samtliga naturfenomen, är tänkt att skapa en grundläggande förståelse för vilka typer av risker som förekommer och vilka konsekvenser som är vanligt förekommande. Utifrån detta bör kunna förstås hur stor andel av riskbilden de utvalda naturfenomenen utgör. De historiska händelser som inträffat ger en fingervisning om vilka av de undersökta naturfenomenen som varit vanligast förekommande. Detta bildar en grund för avsnittet *dagens riskbild* och understryker ofta den riskbild som anges där. Historiska händelser används även som underlag för att finna framtida tendenser i naturfenomenens utveckling.

Viktigt är att förstå att historiska händelser inte avbildar hur framtiden kommer att se ut, utan endast ger en bas att utgå ifrån i analysen. Klimatförändringarna har en påverkan som gör att gamla mönster inte räcker som analysmaterial för en framtida riskbild, vilket är en av anledningarna till att denna typ av analys utförs.

Ju mindre området som undersöks är, desto svårare är det att hitta adekvat information om det. Då detta problem uppstår kan information om inträffade händelser i ett större geografiskt område eftersökas. Katastrofer orsakade av de naturfenomen som undersöks inträffar så sällan att det inte skulle gå att kartlägga problemet med ett alltför koncentrerat fokus. Ett alltför stort fokusområde kan dock även det göra att relevansen för det undersökta området blir bristfällig.

Tillvägagångssätt Då information sökes är databasen EMDAT (2008) det bäst uppdaterade och mest omfattande verktyget. För att komplettera denna bild finns ofta beskrivningar av olika historiska händelser på regionspecifika hemsidor, exempelvis statliga sådana. Även Munich Re har flertalet artiklar samt beskrivningar av olika naturkatastrofer i sin info- och artikeldatabas. Vidare finns olika forskningsteam som inriktar sig på de olika naturfenomenen, vilka ofta kan ge en god inblick i de historiska händelserna. Slutligen är nyhetsforum en bra ingång för att finna den eftersökta informationen. Ett bra upplägg är att sortera de inträffade katastroferna efter vilken typ av naturfenomen som de härstammar från. Vidare bör redovisas de största katastroferna som inträffat, samt information om vilka konsekvenser de gett upphov till i form av framförallt ekonomiska men även humanitära och fysiska skador.

Anpassning Beskrivningar kan göras av hur de historiska händelserna skulle kunna ha påverkan på verksamhetsspecifika faktorer, exempelvis genom att analysera vilka konsekvenser de historiska händelserna gett, ge en indikation på hur liknande verksamheter har drabbats eller hur det undersökta området har påverkats av de olika katastroferna.

3.3 Dagens riskbild

Grund För att öka kunskapen om dagens riskförhållanden i regionen görs en analys av riskerna för de olika naturfenomenen. Grunden till denna riskbild kommer från återförsäkringsbolaget Munich Re och Världsbankens projekt Hotspots, se bilaga E. Denna bild är av vikt av framförallt två anledningar. Dels avslöjar denna undersökning om förhållandena är på en acceptabel nivå i dagsläget. Visar det sig att så ej är fallet, är en framtidsanalys inte aktuell att genomföra då en verksamhetsutövning inte ens skulle fungera i dagsläget. Dels är dagens riskbild grundläggande för att kunna förstå en eventuell framtida förändring, då den skapar förutsättningar för att kunna tolka de nya riskerna. Ofta beskrivs förändringarna genom att säga att de innebär en ökning med en viss andel av dagens värde, varför en bild av dagens frekvenser och konsekvenser är viktig. Det är viktigt att många olika undersökningar analyseras då resultaten av denna typ av forskning ofta innehåller uppskattningar och förenklingar, speciellt när det handlar om extremvärden. Dessa uppskattningar och förenklingar kan ofta leda till stora osäkerheter vilka kan ge missvisande resultat. Därför stärks bilden när flera olika riskbedömningar oberoende av varandra visar överensstämmande resultat. Att vidare jämföra de analyserade resultaten med historiska händelser kan ge en fingervisning om riskbilden är aktuell och rättvisande.

Dessa risker ses ur ett regionalt perspektiv då det är nästintill omöjligt att beskriva risker orsakade av naturkatastrofer på en mer lokal nivå med dessa analysverktyg.

Tillvägagångssätt Först används Munich Re:s hjälpmedel NATHAN (Munich Re 1, 2008) för att beskriva riskbilden kvantitativt med avseende på cykloner, översvämningar orsakade av stormfloder och tornados. För att göra det lätt att följa adderas en kort beskrivning av vad bilderna visar. Det är av intresse att även kontrollera hur riskerna ser ut i närområdet kring den undersökta regionen då detta bör finnas i åtanke när en framtida riskbild beskrivs.

Som komplement används Världsbankens projekt Hotspots (World Bank 2, 2008) som beskriver en relativ risk jämfört med resten av världen. Från detta projekt hämtas tre olika typer av analyser vardera för cykloner och översvämningar. Den första syftar till konsekvenser avseende mortalitet, den andra analysen syftar till de totala ekonomiska konsekvenserna och den sista till ekonomiska konsekvenser i förhållande till BNP. Ytterligare en analys redovisar vilka naturkatastrofer som är de mest akuta (grupp 8, 9 och 10; hög risk) ur ett globalt perspektiv, mätt i de tre olika konsekvensmått.

Resultaten från Munich Re och Hotspots analyseras och kompletteras med den information som hämtas från *Historiska händelser* och *Regionbeskrivningen*. Kan ytterligare information från företag/forskare med kunskaper om området ifråga inhämtas, så adderas även denna.

Anpassning Munich Re:s verktyg NATHAN ger möjlighet att bedöma risker som berör jordbävning, vulkanutbrott, tsunami, hagelstorm, blixtnedslag, isberg, packis och hög sjö. Vidare ger Hotspots möjlighet att bedöma torka, jordbävning, vulkanutbrott och jordskred. Dessa naturfenomen kan därför enkelt adderas vid önskemål om att bredda riskbilden.

3.4 Framtida tendenser

Grund *Framtida tendenser* är ett kritiskt moment i modellen. Klimatförändringarnas utveckling analyseras här med bakgrund i hur tendenserna har sett ut fram tills idag, samt hur olika forskargrupper tror att framtiden kan komma att se ut. Då analyser kring hur framtiden kommer se ut aldrig är entydiga och exakta, är resultaten tänkta att visa på en sannolik utveckling. Först kommer temperaturutvecklingen i både atmosfären och havet att analyseras, för att följas av en analys av nederbördsutvecklingen. Detta står till grund för en analys av hur de tre naturfenomen som rapporten fokuserar på kan komma att förändras i framtiden. IPCC har lagt grunden för mycket av forskningen kring detta ämne vilket gör att många andra modeller och analyser bygger på dessa resultat.

Temperaturförändring är en faktor som det finns gott om data kring. Temperaturer har registrerats under lång tid, varför det finns gott om bakgrundsmaterial att utläsa tendenser ifrån. Det har även genomförts många framtidsanalyser för hur denna utveckling kan komma att se ut. Även om osäkerheten är stor, så tenderar analyserna att visa att uppvärmningshastigheten kan komma att eskalera med tiden.

De flesta resultat redovisas i mer eller mindre stora intervall. Dessa intervall visar på de osäkerheter som finns kopplade till framtida klimatförändringar och naturkatastrofer. Vidare så ska intervallen även täcka in den naturliga variationen. Klimatförändringar sker inte linjärt, utan det är endast tendenserna som förenklas till en linjär utveckling. I vissa modeller har dessa intervall summerats och redovisats med det mest sannolika värdet alternativt medelvärdet som resultat. Detta värde ska inte ses som korrekt eller exakt, utan användas framförallt för att förenkla och konkretisera resultatet.

Tendenserna och analyserna är en sammanställning av en rad olika forskningsprojekt och uppdrag som genomförts och utförts vid olika universitet och organisationer. Detta innebär att resultaten redovisas i olika tidsintervall, relateras till olika perioder och använder olika enheter. För att kunna ge ett tydligt resultat är det fördelaktigt att försöka ge en uniform framställning när det gäller tidsperspektivet. För att detta ska vara möjligt bör alla resultat i så stor utsträckning som möjligt inter- eller extrapoleras till ett bestämt årtal.

I detta steg formas analysen av den framtida riskbildens förändring från dagens riskbild. Som nämnts ovan finns en mängd osäkerheter behäftade med de resultat som framkommer. För att göra användandet av modellen enkelt och följbart, och för att tydliggöra hur resultatet framkommit, är det av största vikt att göra alla resultat, beskrivningar av analyser, interpoleringar osv. så transparenta som möjligt. Detta kommer avgöra vilken validitet och tyngd resultatet ges, och därmed avgöra hur trovärdigt det blir.

Tillvägagångssätt Hela steget bygger på att temperaturens och nederbördens utveckling analyseras. Temperaturen mäts både i atmosfären och i havet. Munich Re ger en historisk bild av atmosfärens temperaturutveckling och IPCC ger en framtidsanalys. IPCC:s resultat får sedan interpoleras till den eftersökta tidpunkten. Dessa kan sedan om möjligt kompletteras med lokala undersökningar och analyser. Rapporter och vetenskapliga artiklar som behandlar detta ämne kan sökas i olika

databaser. Målet är att hitta rapporter som beskriver lokala förändringar, från trovärdiga källor, vilka tar hänsyn till de mest specifika förhållandena. Dessa skall dock jämföras med de mer erkända modellerna, och skillnader och likheter måste värderas. Vidare analyseras havstemperaturens utveckling, vilket för över fokus på havsnivåhöjningen, vilken är en direkt konsekvens av en temperaturökning. Havsnivåhöjningen är en faktor som förvärrar konsekvenserna när det gäller både cykloner och översvämningar. Precis som ovan utgör IPCC:s och Munich Re:s analyser en stor del av materialet som kan användas.

Nederbördsvärden som är av intresse är dels medelnederbörden men framförallt hur de kraftigare regnen kommer att förändras samt storleken på förekommande extremvärden. Nederbördsförändringar kan skilja mycket från lokal till nationell nivå, vilket är viktigt att ha i åtanke när material eftersöks. Finns lokala bedömningar är dessa naturligtvis ofta mer lämpliga än nationella analyser. Dock måste ursprungskällan till mer lokala analyser kontrolleras och bedömas. Genomförd forskning finns ofta redovisad i vetenskapliga artikeldatabaser. Vidare rekommenderas informationssökning bland organisationer som arbetar med klimatforskning samt universitet och institutioner inom samma ämnesområde.

Som nämnts tidigare kommer inte de olika resultaten och analyserna att använda ett uniformt tidsperspektiv vilket gör att en interpolering bör genomföras. Detta görs på enklaste sätt linjärt mellan de resultat som är tidsmässigt närmast det valda året. Därefter beräknas ett värde för detta år. Om tendenser är baserade på inträffade händelser utveckling extrapoleras dessa på liknande vis, genom att en linjär utveckling fortskrider i samma lutning till det valda året. Interpolering/extrapolering görs på enklaste sätt pga. att de ursprungliga modellerna, som resultaten i fråga grundas på, sällan redovisas. Då dessa ofta följer exponentiella och komplicerade funktioner går de ej att simulera på nytt med valfritt tidsintervall. Under de relativt korta tidsperspektiv som kan komma ifråga när det gäller företagsetablering, är bedömningen att skillnaden mellan exponentiell och linjär utveckling är relativt liten, speciellt i kontrast till de osäkerheter som är inbyggda, se vidare i avsnittet *Osäkerhetsanalys*.

Målet är att detta steg ska resultera i en rad olika typer av framtida förändringar i kvantitativt format. Dessa redovisas i punktform i inledningen på nästföljande steg *framtida riskbild*. De värden som bör stå som grund till denna, men inte nödvändigtvis behöver begränsas till dessa, är:

- Temperaturökning
- Havstemperaturens förändring
- Havsnivåhöjning
- Förändring i antal tillfällen med kraftig nederbörd
- Förändring i nederbördsmängd vid dessa tillfällen

Anpassning Analyser av framtida tendenser kan vara svåra att hitta, då få sådana har utförts. Olika verksamheter med olika utgångspunkt kan finna vissa förhållanden viktigare än andra, exempelvis om man är beroende av vindkraft, konstbevattning osv. Är detta fallet kan analysen anpassas efter detta behov, och t.ex. analysera nederbördstrender noggrannare osv.

3.5 Framtida riskbild

Grund Alla de faktorer som redovisas i punktform ovan har vissa samband med varandra och påverkar varandras utveckling i större eller mindre utsträckning. Vidare kan även de naturfenomen som undersöks i denna rapport kopplas till dessa utvecklingar. Följaktligen dras slutsatsen att om dessa tendenser som analyserats fortskrider som väntat eller accelererar, kommer detta leda till en motsvarande ökning i frekvens och/eller storlek bland naturkatastrofer. Huruvida forskarna kommer att kunna förutse, förebygga eller förhindra dessa händelser i framtiden är en fråga som ej kommer att behandlas. Utifrån resultaten görs en analys av hur klimatets förändringar kan komma att ge förändringar på naturkatastroferna.

Genom att kombinera de framtida tendenserna med den befintliga riskbilden skapas ett framtida scenario för regionen. Fokus ligger på hur de naturfenomen som utreds förändras på grund av de nya förutsättningarna som ges i *Framtida tendenser*. Både förändringen av naturfenomenen och vilka konsekvenser de kan ge upphov till för regionen är av intresse, om sådan information finns tillgänglig. *Framtida riskbild* behandlar i så stor utsträckning som möjligt sådant som inte är rena spekulationer eller egna teorier. Avsnittet försöker endast att ge en kvalitativ bild, med kvantitativa inslag där det är möjligt, av vad teorierna och tendenserna pekar mot. Den mer spekulativa delen kommer att behandlas i avsnittet *Resonemang*.

Tillvägagångssätt Inledningen bygger, som nämnts ovan, på resultatet av *Framtida tendenser*. Av dessa resultat kan en sammanfattande beskrivning av hur klimatfaktorerna kommer att påverkas i stort göras. Hur klimatfaktorer sedan påverkar naturfenomen klargörs i kapitlet *Teoretiskt ramverk*.

Analys av och tendenser kring förändringar av naturfenomens påverkan på riskbilden är ofta regionalt knutna, eftersom platsspecifika geografiska och andra faktorer är avgörande. Därav är det ofta en god ide att kontrollera om universitet och forskningsinstitutioner inom det regionala eller nationella området analyserat dessa problem. Vidare kan vetenskapliga artiklar samt andra forskningsrapporter rörande de specifika problemen eftersökas. Då detta är ett relativt utforskat område kan dock sådana vara svåra att finna.

Anpassning Genom att sätta fokus på och söka mer information kring de naturfenomen som har störst betydelse för verksamheten kan den generella riskbilden göras mer specifik.

3.6 Konkretisering av riskbild

Grund En analys är nu utförd av hur naturfenomenen kan komma att förändras på grund av klimatförändringarna. Denna beskrivning kan verka allmän, men exakta konsekvenser är omöjligt att förutsäga. För att konkretisera denna riskbild kan den appliceras på ett specifikt sårbart objekt, på vilket utförs en riskanalys. Denna applicering konkretiserar och förtydligar hur den specifika verksamheten som undersökningen genomförs med avseende på påverkas av förändringarna. Objektet bör spegla eller representera den verksamhet som ska etableras, och bör vara lokaliserat så att det har likartade förutsättningar. De olika naturfenomenens konsekvenser ger olika följder på olika geografiska platser och ur olika funktionella perspektiv, varför det är av stor vikt att objektet väljs med stor omsorg. Exempel på lämpliga sårbara objekt är hamn, järnväg, flygplats, elförsörjning, annan infrastruktur osv. Riskanalyserna ska redovisa:

- Vad som kan hända
- Hur sannolikt det är att det händer
- Vilka konsekvenser händelsen kan få

Tillvägagångssätt Förutsättningar för vad som kan hända och hur sannolikt det är kan hämtas ur avsnittet *dagens riskbild*, medan konsekvenserna ska konkretisera värdena. Till detta adderas framtidsperspektivet, vilket hämtas ur avsnittet *framtida riskbild*. Genom att applicera förändringarna av naturkatastroferna på det utvalda objektet kan en konkret bild av vad som förändras framställas. Därefter är tanken att de konsekvenser som framkommit skall kunna skalas upp och ge en bild av hur den tilltänkta etableringen ska kunna fungera under de nya förutsättningarna. Utöver detta är det viktigt få fram specifika fakta om objektet ifråga, såsom läge, exponering, utsatthet osv. Detta görs lämpligast genom att kontrollera objektets hemsida om det finns en sådan, sökning i databaser, kontakter med ansvariga för objektet eller företag som bedriver verksamhet i eller har intresse av objektet eller dess funktion. Utifrån de fakta som framkommit kan riskanalysen utföras på det specifika objektet, och de möjliga konsekvenserna som kan drabba det kan tydliggöras. Detta kan med fördel redovisas i matrisform eller i tabeller för att på så sätt skapa en tydlig bild.

Anpassning I de två case som genomförts har hamnen använts som sårbart objekt. Hamnen är ett utmärkt objekt då den allmänna riskbilden analyseras ur ett företagsperspektiv, men beroende på vilken typ av verksamhet som ska analyseras och var denna finns kan hamnen bytas ut mot något annat objekt. Valet av sårbart objekt är viktigt då det får representera sårbarheten för etablering i regionen. Vidare kan djupet på analysen styras efter beställarens önskemål. I appliceringen har i denna rapport en kortare konkretisering gjorts då denna punkt inte har varit i fokus.

3.7 Resonemang

Grund Slutligen förs ett övergripande resonemang kring de resultat som framkommit och vilken innebörd dessa har för regionen. Genom de stora mängder information som inhämtats under användandet av modellen har en bild skapats över hur regionen kan komma att påverkas av de framtida klimatförändringarna. Denna bild kan inte enbart bygga på forskning eller vetenskapliga studier. Detta beror dels på att klimatförändringarna som analyseras är något som sker i framtiden, och dels på att mänsklig påverkan ständigt skapar nya förutsättningar. Resonemanget blir då ett forum där användaren av modellen ges möjlighet att uttrycka sina tolkningar och analyser av regionen i stort. Här framkommer hur regionen kan komma att påverkas av naturkatastrofer i ett vidare perspektiv både tidsmässigt och funktionellt. Detta är ett avsnitt som i vissa sammanhang kan vara mycket väsentligt då det utforskar relativt nya delar och ger uppslag på eventuella utvecklingar som inte har diskuterats innan. I andra sammanhang kan det helt uteslutas då det saknar förankring i vetenskaplig forskning, och då det saknas intresse för denna typ av resonemang.

Tillvägagångssätt Utifrån den informationsinsamling som har genomförts så förs ett resonemang kring användarens bild av regionen. Artiklar och källor som inte anses helt pålitliga kan diskuteras och resonemang som saknar starkare belägg kan föras.

Anpassning Hela detta avsnitt är ett forum för att ge en övergripande mindre formell beskrivning vilket gör att anpassningen kommer att vara naturlig efter de tidigare stegens fokus.

Utöver dessa punkter krävs att en osäkerhetsanalys genomförs, vilken bestyrker de fakta som läggs fram och påvisar de osäkerheter som finns inbyggda i resultaten. Det måste tydliggöras att det är en framtidsanalys som framställs, samt att detta är förknippat med stora osäkerheter, så att det tydligt framgår vad som är fakta, analyser och resonemang.

4 Modellapplicering

I detta kapitel kommer den framtagna modellen att appliceras på två case; Mumbai i Indien och Nanjing i Kina, se *figur 7*. Kapitlet avslutas med en osäkerhetsanalys av modellen och dess indata.



Figur 7: Översiktskarta med Mumbai, Indien och Nanjing, Kina markerade (Källa: Google Maps, 2008)

4.1 Case 1 - Mumbai, Indien

I detta första case appliceras modellen på staden Mumbai i Indien. Denna stad har valts av anledningen att många svenska företag bedriver verksamhet i området, samt att både Indien som land och området i sig är intressant för ytterligare etableringar. För vidare information om analysverktyg och källor, se bilaga E.

4.1.1 Bakgrundsbeskrivning

Här ges inledningsvis en beskrivning av Indien, för att sedan fokusera på delstaten Maharashtra och staden Mumbai.

Indien

Indien är lokaliserat i de södra delarna av Asien med en yta på 3,2 miljoner km². Landet sträcker sig från bergskedjan Himalaya i norr och ca 3200 kilometer söderut, med Bengaliska viken i ost och Arabiska viken i väst (Government of India, 2008). Indien har ca 1 122 miljoner invånare (2006), där Mumbai med 12,5 miljoner invånare är den folkrikaste staden. New Delhi är Indiens huvudstad och är belägen i den norra delen av landet. Landet är uppbyggt av 28 delstater och 6 unionsterritorier. Delstaterna har egna parlament, regeringar och lagstiftande församlingar, och unionsterritorierna leds från huvudstaden. Presidenten väljs vart femte år och har formellt verkställande makt (NE 1, 2008).

Landets geografi utgörs i stora drag av tre typer av terränger; längst i norr finns bergskedjan Himalaya, världens högsta bergskedja. Denna åtföljs av de nordindiska

slättlandsområdena. Slättlandsterrängen präglas av flacka områden med en höjd på 50 meter över havet eller lägre. I detta område finns både bördig jord som försörjs med vatten från de stora floderna, samt torra ökenmarker. Den tredje terrängen, plåtaområdet, är främst lokaliserat i de södra delarna av Indien och utgör ett av jordens få stabila sköldområden. Klimatet i Indien är framförallt tropiskt med tydligt markerade regn- och torrperioder under årets olika årstider. Regnperioden har sin början i juni i de södra delarna av Indien och avslutas i mitten av september efter att ha medfört omkring 2 000-3 000 mm regn (ibid.).

De sociala förhållandena i landet präglas av stora klyftor mellan samhällsklasserna. Skillnaden mellan rika och fattiga är tydlig och har sin grund framförallt i kaster, religiös bakgrund eller etnisk tillhörighet. För att motverka dessa problem har det stiftats lagar mot diskriminering, vilka dock inte fått den starka effekt som eftersträfvats. I de större städerna är det framförallt landsbygdens urbanisering som orsakar de största problemen. Massflyttningar för med sig både arbetslöshet och fattigdom (ibid.). Enligt FN:s databas levde mer än 34 % av befolkningen i fattigdom år 2004, med en levnadsstandard som kostar mindre än 1 dollar per dag. (UNdata, 2008). Dessa problem är dock inte lika akuta längre, då en allt stabilare och grundläggande funktionalitet i livsmedelsförsörjningen är under utveckling. Vidare är HIV-smittans snabba spridning ett växande problem i landet idag (NE 1, 2008). Ytterligare ett problem är den höga barnadödligheten, år 2006 stod Indien för nästan 28 % (2,1 miljoner barn) av alla dödsfall bland barn i världen (UNICEF, 2008).

Trots att det råder stor fattigdom i landet så har den industriella utvecklingen gjort Indien till ett av de 15 mest produktiva länderna i världen (NE 1, 2008). Landets BNP/capita låg år 2007 på 2 600 US dollar (Sverige: 37 500 USD) vilket ger placering 167 av 229 länder (CIA 1, 2008). Inflationen har under de senaste 18 åren legat stadigt kring 6 % (UNdata, 2008). Jordbruket är den största källan till sysselsättning, nästan 2/3 av alla arbetsaktiva återfinns inom denna sektor. Trots detta är jordbrukets största syfte självhushållning (Economy Watch, 2008) och det upptar bara en knapp femtedel av landets BNP (UD 1, 2008). Den främsta produkten från jordbruket är ris. På ca 25 % av de odlingsbara ytorna odlas ris, vilket gör Indien till en av världens största risproducenter. Andra stora jordbruksprodukter är vete, baljväxter, durra och oljeväxter. Jordbruksytornas ständiga utökning, odlingsprocessens höga takt och ständiga effektivisering gör att jordbruket medför stora miljökonsekvenser, framförallt genom jorderosion, försaltning och ökenspridning. Trots att fiskeresurserna inte utnyttjas fullt ut så står Indien för 6,3 miljoner ton fångad fisk och skaldjur per år (2005), vilket gör landet till en av världens tio största fiskerationer. Indien är även rikt på mineraler, framförallt järnmalm som förädlas till järn, vilket landet är en ledande producent av. Eftersom både industrin och jordbruket expanderar kontinuerligt, och därmed även energiförbrukningen, så har bristen på energi medfört en hämmande effekt på utvecklingen. Största energikällan är kol, vilket tillgodoser 2/3 av behovet. Indien har även rik tillgång på olja, nästan 2/3 av den inhemska efterfrågan skulle kunna utvinnas ur områden utanför den egna kusten (NE 1, 2008). Trots detta är man fullt medvetna om risken för att detta kan komma att bli en bristvara och därmed en avgörande faktor för den nationella utvecklingen. Därför försöker man hitta mer långsiktiga lösningar på energiförsörjningsproblemet. Bland annat har Mellanöstern och Afrika blivit föremål för investeringar i gas- och oljefält. Vidare har handelssamarbeten inletts med övriga länder i Asien, i bl.a. detta syfte (UD 1, 2008).

Industrialiseringen har utvecklats och expanderat avsevärt sedan landet blev självständigt år 1947, och det har inledningsvis satsats på den tunga industrin. Detta trots att statsledningen har uttryckt sin vilja att satsa på en mer diversifierad produktion. De främsta industrierna återfinns inom stål- och cementproduktion, samt kemiska industrier och bomullstygstillverkning. Utöver de stora industrierna finns även en utbredd hantverks- och familjeföretagstradition, inom vilken framställs en stor mängd varierade produkter (NE 1, 2008).

Landets ekonomi planeras liksom mandatperioderna i femårsperioder, där staten historiskt sett har utverkat en stark reglering av industriföretagen. Under de senaste 20 åren har dock en avreglering reformerat industriklimatet och öppnat dörrarna för många utländska investerare. Idag anses Indien vara världens fjärde största ekonomi i köpkraft efter USA, Kina och Japan (UD 2, 2008). Trots utvecklingen och expansionen lider det indiska företagsklimatet av tröghet och brister i produktivitet och tillväxt. Då hälften av befolkningen är under 25 år, råder det ingen brist på kostnadseffektiv arbetskraft (UD 1, 2008). Bristen på fungerande infrastruktur gör dock att utvecklingsprocessen går långsammare än nödvändigt. Den största andelen av industrierna är samlade i tre delstater; Tamil Nadu, Västbengalen samt Maharashtra, med staden Mumbai som centrum (NE 1, 2008).

Sedan landet blev självständigt har handelspolitiken varit relativt konservativ. Man har inte dragit på sig några större skulder, och produktionen har styrts mot att i första hand främja den inhemska marknaden. Både export till och import från andra länder har varit begränsad. Under de senaste decennierna har denna inställning långsamt förändrats. Att exportera har blivit enklare och komplicerade regleringar för import har förenklats, vilket har lett till att utländska företags investeringar i landet växt. De största importvarorna är maskiner, transportutrustning och avancerad elektronik (ibid.). Kina, USA och Förenade Arabemiraten är de största importörerna av indiska produkter, och Kina, USA och Saudiarabien är de största leverantörerna till Indien (UNdata, 2008). Det finns över 100 svenska företag etablerade i Indien och över 1 000 svenska företag har affärer värderade till mer än 1 miljon SEK/år med Indien (Exportrådet, 2008).

Det har länge pågått en konflikt mellan Indien och Pakistan om gränsen vid delstaterna Kashmir och Jammu. Oroligheterna har blossat upp till och från sedan självständigheten år 1947. I dagsläget är relationerna relativt goda och sedan år 2003 råder en ömsesidig vapenvila (FM, 2008). Vidare har de militära ställningarna vid gränsen mildrats, och en busslinje har upprättats mellan de båda sidorna (UD 1, 2008).

Maharashtra

Delstaten Maharashtra är belägen i nordvästra Indien, med kust mot Arabiska havet och är Indiens näst största stat med 308 000 km² yta och nästan 105 miljoner invånare. Maharashtra har en kustlinje på 720 km (Business Portal of India, 2008). Landskapet är jämnt kuperat med en relativt plan horisont, med undantag för området kring Mumbai, vilket har uppkommit från lavan efter vulkanutbrott för miljontals år sedan. Klimatet i Maharashtra är tropiskt monsunklimat vilket kännetecknas av heta somrar mellan mars och juni, vilka efterföljs av en regnperiod. Under regnperioden kan det komma upp till 4 000 mm regn. Regnperioden håller i sig till oktober, då det

blir torrare, innan sommaren tar över igen. Detta klimat orsakar i stor utsträckning både översvämningar och torka (Maharashtra Government, 2008).

Liksom i övriga Indien är 2/3 av den verksamma arbetskraften aktiv inom jordbruket i Maharashtra. I övrigt är Maharashtra en relativt stark industristat med produktion av främst bomull och olja (NE 2, 2008). Maharashtra stod år 2005 för 15 % av Indiens totala produktion av dessa varor (World Bank 3, 2008).

Mumbai

Staten Maharashtras största stad heter officiellt Mumbai, men hette fram till 1996 Bombay. Stadsområdet har ca 19 miljoner invånare, varav ca 12,5 miljon människor bor i själva staden. Detta gör Mumbai till en av de mest tätbefolkade städerna i världen. (NE 1, 2008) Staden är ursprungligen uppbyggd på sju öar, vilka nu är hoplänkade och skapar en areal på nästan 440 km². Staden ligger till största del i höjd med havsnivån, men uppnår på sina ställen en höjd av 450 m över havet. Klimatet som råder i staden är jämförbart med övriga staten. Genom staden flyter ett flertal floder vilka återfinns i hela stadslandskapet, såväl i kärnan som i industriområdena (Mumbai, 2008).

Mumbai är en centralpunkt både i Indiens ekonomiska och politiska system. I Mumbai arbetar 10 % av landets fabriksarbetare. Vidare kommer 33 % av all inkomstskatt från detta område. Mumbai har fungerat som hamnstad ända sedan landet var en brittisk kolonialmakt och bibehåller fortfarande rollen som Indiens största handelsstad (ibid.). Hälften av all utrikeshandel sker ifrån Mumbai och nästan hälften av Indiens största företag har huvudkontor i denna stad. Vidare har 1/3 av de drygt 100 svenska företagen i Indien någon form av aktivitet i Mumbai (Exportrådet, 2008). Tillsammans med Calcuttaregionen framträder staden som det viktigaste industriella området i Indien. Industrier inom mekaniska, elektroniska, kemiska områden samt oljeraffinering har stor verksamhet i området. Vidare bedrivs fordonsproduktion, livsmedelsindustri och textillverkning i större skala (NE 2, 2008). I Mumbai är även Indiens största aktiebörs, Bombay Stock Exchange, lokaliserad (Exportrådet, 2008).

4.1.2 Historiska händelser

Här beskrivs en rad historiska händelser som inträffat i och drabbat delstaten Maharashtra och staden Mumbai.

Cykloner

Bengaliska viken öster om Indien är ett av världens cyklontätaste områden. Mumbai, som ligger på västkusten, är inte lika hårt utsatt, men drabbas ändå med jämna mellanrum av att cykloner drar in, med kraftig vind och nederbörd. År 1998 dödades 250 personer och år 1982 dödades 500 personer och över 5 miljoner påverkades (EMDAT 1, 2008). År 1882 drabbades staden Mumbai, som då hette Bombay, av vad som benämns *the Great Bombay Cyclone*, vilken klassas som den 11:e dödligaste cyklonen i världen någonsin. Dödssiffror så långt tillbaka i tiden är alltid osäkra, men man beräknar att över 100 000 personer miste livet (Weather Underground, 2008).

Tornado

Tornados är ett ej vanligt förekommande fenomen i Indien och Mumbai. Under de senaste 20 åren har två tornados inträffat, 1993 och 1998, båda i Bengaliska viken. Under tornadon 1998 ödelades över 15 000 hem och mer än 10 000 personer blev hemlösa (The Tornado Project 1, 2000).

Översvämningar

Regionen kring Mumbai har drabbats av en lång rad översvämningar under det senaste århundradet, den tidsperiod det finns tillförlitliga data om. Under 1980- och 1990-talen inträffade med något års mellanrum ett stort antal översvämningar i västra Indien och regionen kring Mumbai. Katastroferna krävde flera tusen människoliv och drabbade flera miljoner (EMDAT 1, 2008). År 2005 drabbades staden Mumbai av en av de värsta översvämningarna som förekommit i Indien. Under ett dygn den 26 juli föll 944 mm regn, och stora delar av Mumbai översvämmades. Samtidigt var tidvattnet ovanligt högt, vilket bidrog till översvämningen. Över 1 000 personer miste livet, och många fler drabbades av konsekvenser som följde översvämningen (CNN, 2005). Stadens kloaksystem översvämmades snabbt, då det inte alls var dimensionerat för så stora regnmängder, vilket ledde till att stadens dricksvatten kontaminerades. Två veckor efter översvämningen utbröt en epidemi av *leptospirosis*, en infektionssjukdom som sprids via smittade djurs urin, och således kunde spridas av vattnet som översvämmade staden (Maskey et al, 2005). Sjukdomen krävde ytterligare minst 66 liv. Totalt beräknas översvämningen ha kostat omkring 100 miljoner US-dollar (CNN, 2005).

Utredningar har visat på ett antal anledningar till att översvämningsskandalen blev så allvarlig som den blev. Till att börja med misslyckades man med att förutse hur kraftigt ovädret som närmade sig var. Bristande planering av kloak- och dräneringssystem i stora delar av stadens slumområden bidrog också till översvämningarna och smittspridningen. Vidare anses den kraftiga avverkningen av mangroveskog omkring staden, vilken avverkats för att ge plats åt både slumkvarter och industrier, ha medfört att en viktig barriär mellan land och hav förstörts. Stadens avrinningssystem mot havet var inte heller dimensionerat för de höga vågorna från havet (Maharashtra Government, 2005).

Kraftiga översvämningar har drabbat Indien både år 2006 och 2008. Efter att kraftiga regn lett till stora översvämningar 2006, spreds en epidemi och människor insjuknade av virusinfektionen Chikungunya (Nathnac, 2006). Exempel på ytterligare översvämningar i regionen kring Mumbai beskrivs för att påvisa frekvensen av inträffade katastrofer. Även om måttenheten mortalitet inte är den viktigaste faktorn ur ett företagsetableringsperspektiv så är det en god indikator på allvarligheten av naturkatastrofen.

- 2006: 41 döda
- 2001: 28 döda
- 1998: 90 döda 50 000 påverkade
- 1997: 244 döda
- 1991: 524 döda, 1 000 000 påverkade
- 1991: 72 döda, 300 000 påverkade
- 1990: 21 döda
- 1989: 5091 döda
- 1985: 95 döda, 25 000 påverkade (EMDAT 1, 2008)

Övrigt

Indien har under 1900-talet drabbats av ett antal perioder med torka. Dessa har påverkat hela landet, då de varit mycket omfattande. År 1900 dog över 1 miljon människor runtom i landet och år 1952 dog 1,5 miljoner människor. Under åren 1965-1967 inträffade den värsta torkan hittills, med över 1,5 miljoner döda och 10 miljoner drabbade människor (EMDAT 1, 2008).

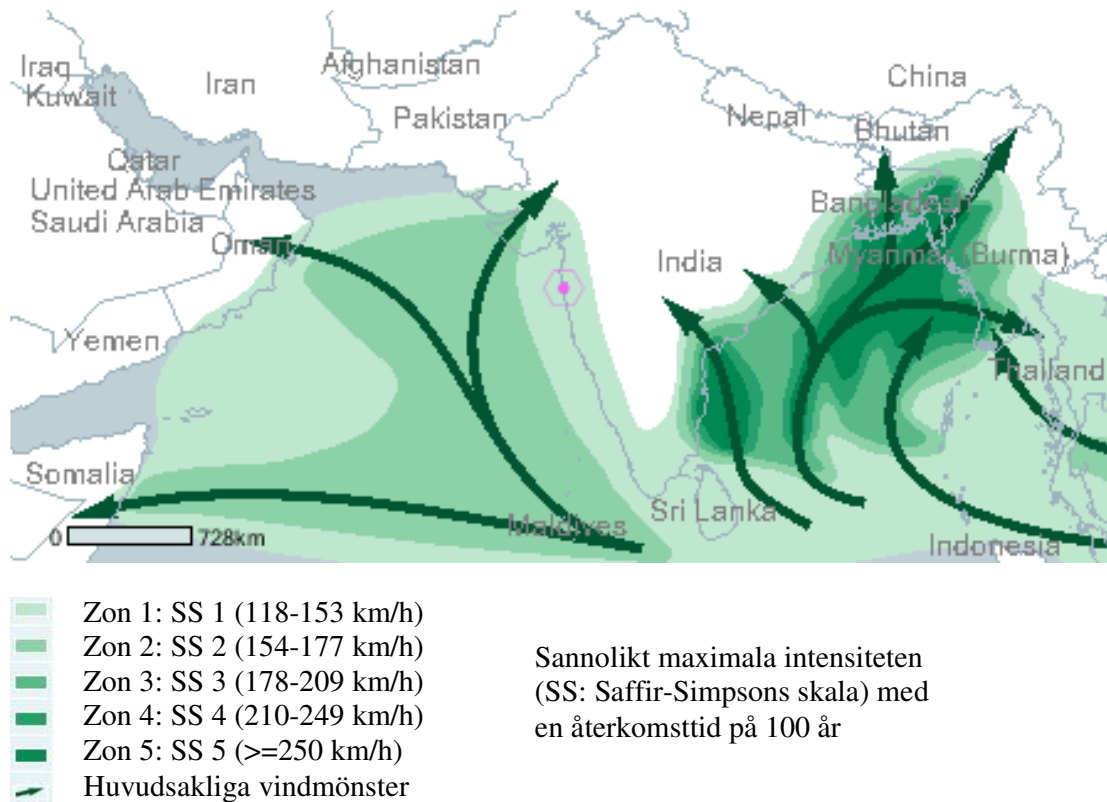
I delstaten Maharashtra färdigställdes 1963 dammen Koyna. Denna förser västra delstaten, och därmed Mumbai, med såväl vatten som billig elkraft. Bygget av dammen beskylls för att ha framkallat jordbävningar i området. Om detta stämmer är oklart, men faktum är att jordbävningar inträffar i området (The Hindu, 2000). Den allvarligaste inträffade 1967, med 125 döda, 1 400 skadade och många fler påverkade (Times Foundation, 2008).

4.1.3 Dagens riskbild

I detta avsnitt kommer en riskbild över dagens situation i regionen att presenteras.

NATHAN

Verktyget NATHAN (Munich Re 1, 2008) visar kartbilder där den valda lokaliseringen markeras med en rosa markör. I nedanstående bilder beskrivs risker orsakade av cyklon, översvämning och tornado.



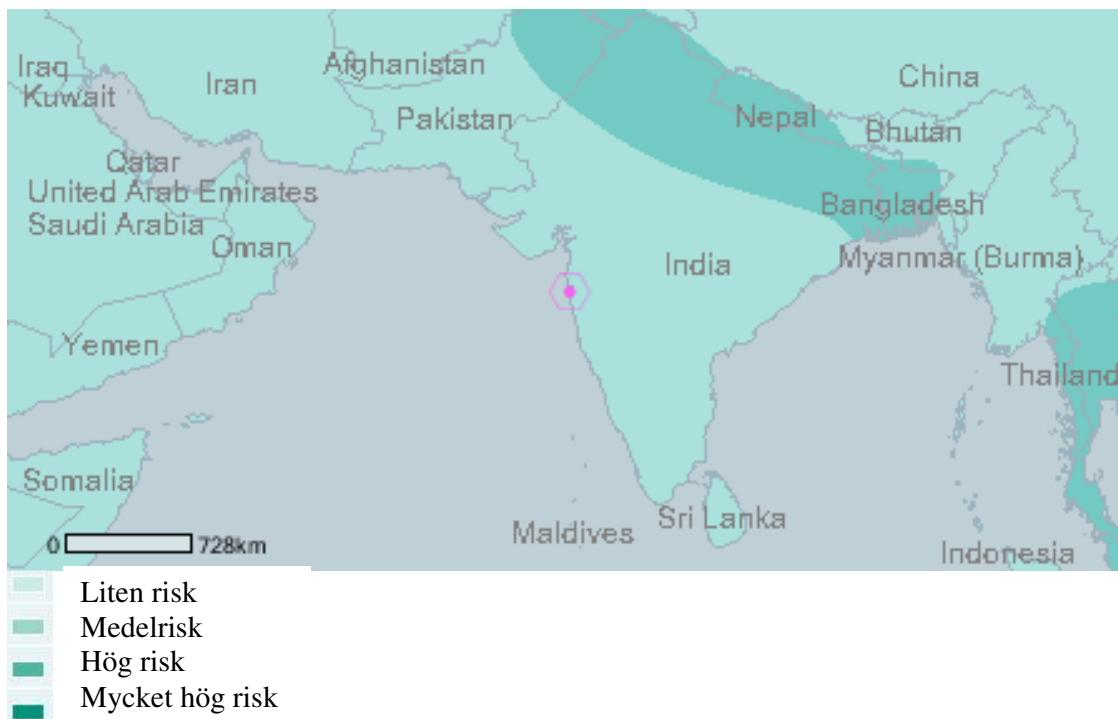
Figur 8: Riskbilden över Mumbai med avseende på cykloner (Källa: Munich Re 1, 2008)

Cykloner: Mumbai ligger i ett område som kategoriseras till zon 1, kategori 1 enligt Saffir-Simpssons skala, se *figur 8*. Detta innebär att vindhastigheter på 118-153 km/h har en återkomsttid på 100 år, vilket markeras med den ljusaste gröna färgen i bilden. Denna vindstyrka är förhållandevis svag. I Bengaliska viken öster om Indien är starkare vindar vanligare. Väster om Indien blåser vindarna ofta från sydost, mot den arabiska halvön samt mot Indiens västkusts norra delar, vilket pilarna i figuren visar. Här uppgår 100-årsvindhastigheterna till 177 km/h. Jämför man den västra och den östra sidan av Indien så uppvisas liknande mönster som de historiska händelsernas, med östsidan mer utsatt för cykloner än västsidan.



Figur 9: Riskbilden över Mumbai med avseende på översvämning genom stormflod, markerad med blå streckad linje (Källa: Munich Re 1, 2008)

Översvämning: Risken för översvämningar genom stormflod illustreras i kartan ovan, *figur 9*, med en streckad linje, och Indiens riskområde sträcker sig i stort sätt längs hela landets kust. Längs västkusten är kraftiga cykloner inte vanligt förekommande, och stormfloder har inte heller historiskt sett gett frekventa konsekvenser. Dock har några enstaka mycket kraftiga cykloner dragit in över området med väldigt oregelbunden frekvens. Detta har dock inträffat vid så få tillfällen att det inte går att utläsa tendenser utifrån detta. I ovanstående bild kan inte heller frekvensen eller styrkan utläsas. De slutsatser som kan dras kring fenomenet är att då kraftiga cykloner inte är vanligt förekommande är inte heller stormfloder som leder till översvämningar det.

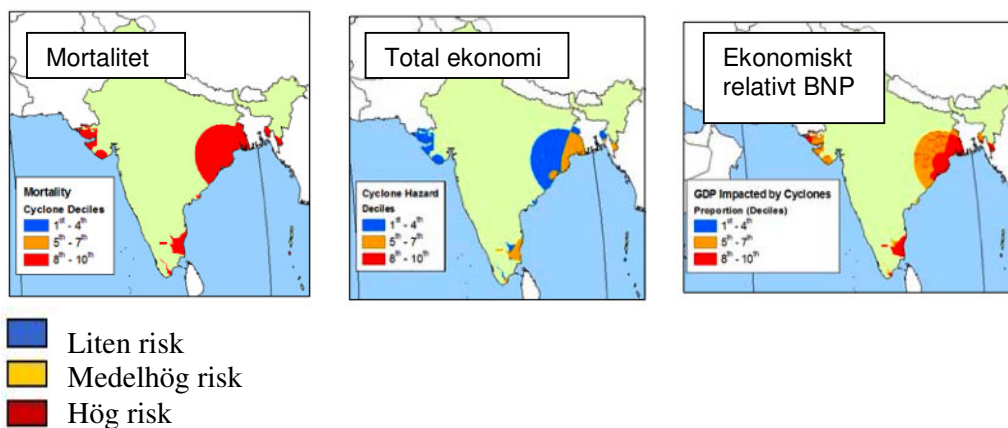


Figur 10: Riskbilden över Mumbai med avseende på tornados (Källa: Munich Re 1, 2008)

Tornado: Området är uppskattningsvis utsatt för låg risk med avseende på tornados, vilket beskrivs med den ljusa gröna färgen i *figur 10*. Detta bekräftas av de historiska händelserna, vilka inte beskriver någon större frekvens av katastrofer orsakade av tornados. Risken för tornados ökar åt nordost i landet. Jämfört med resten av världen så är risken enligt Nathan lägre i området kring Mumbai än i t.ex. Centraleuropa och södra Sverige.

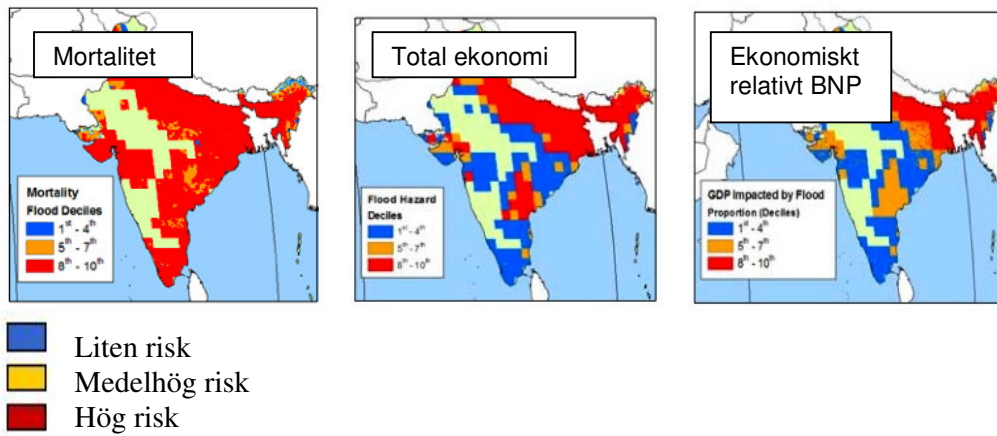
Hotspots, World Bank

Världsbankens verktyg Hotspots (World Bank 2, 2008) ger bilder där risker med avseende på olika naturkatastrofer relativt andra områden på jorden presenteras.



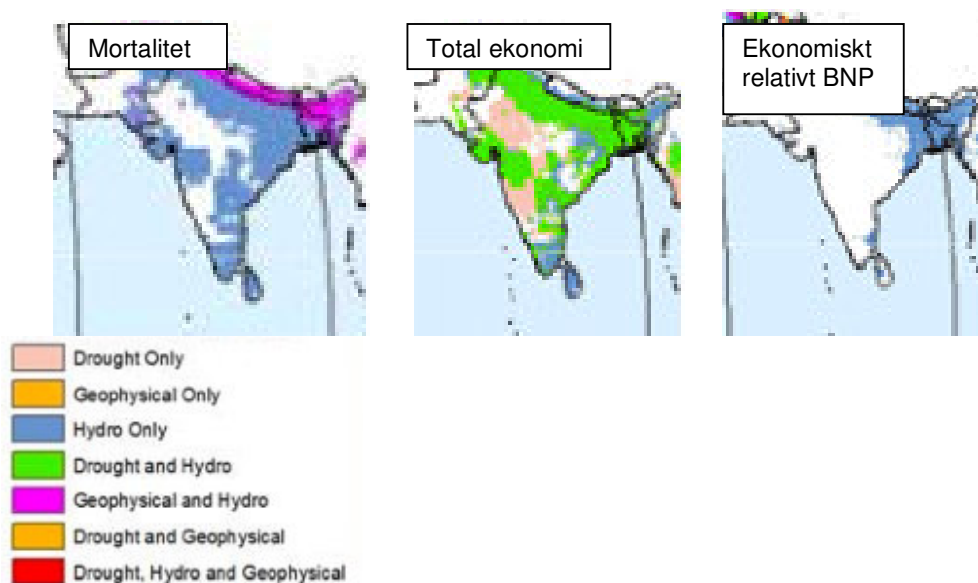
Figur 11: Relativ risk för cykloner i Indien (Källa: World Bank 1, 2008)

Cyklon: Alla tre måttenheterna för konsekvenser i *figur 11* tyder på att Mumbai inte är allvarligt utsatt med avseende på tropiska cykloner. Cykloner drabbar främst kustområden, och med tanke på hur tätt befolkat Mumbai är så tyder avsaknaden av risk med avseende på mortalitet där på att cykloner inte är vanligt förekommande.



Figur 12: Relativ risk för översvämning i Indien (Källa: World Bank 1, 2008)

Översvämningar: Med mortalitet som måttenhet är Mumbai med omnejd ett av de områden som utsätts för stora risker med avseende på översvämningar, se *figur 12*. Detta beror bl.a. på kustlandets mycket låga geografi. En annan faktor är det stora antalet och tätheten av fattiga bosatta i de mest kritiska områdena. Detta är ett resonemang som de ekonomiska måtten stärker genom att risken blir lägre med avseende på dessa.



Figur 13: Riskområden för olika typer av naturkatastrofer i Indien (Källa: World Bank 2, 2008)

Naturkatastrofer: Med mortalitet som måttenhet visas i *figur 13* att det är framförallt hydrologiska naturkatastrofer som orsakar stora konsekvenser relativt övriga världen. Med avseende på ekonomi utgör även torka en risk. När dessa ekonomiska

konsekvenser relateras till BNP så är regionen mindre utsatt för risk. Detta bekräftar den bild som beskrivs ovan i denna analys.

Sammanfattning av dagens riskbild

I denna rapport är det endast de naturfenomen som påverkas av klimatförändringar; cyklon, tornado och översvämning, som analyseras. Av de använda analysverktygen framgår att översvämningar utgör den allvarligaste risken. Dessa orsakas av kraftig nederbörd, höga vattenstånd och/eller stormfloder. Detta är något som även de historiska händelserna understryker. Vidare kan i en rapport från Pacific Disaster Center utläsas att 60 % av alla katastrofer i Mumbai består av översvämningar och starka vindar (PDC, 2005). Översvämningar påverkar samhället både direkt och i ett längre tidsperspektiv genom störningar i infrastrukturen, sjukdomsspridning, ökad fattigdom och misär. Detta gör att kostnaderna blir stora och återuppbyggnaden både mödosam och tidskrävande. Som med många katastrofer är det de fattiga som drabbas värst, både på grund av deras bosättningslokalisering och bristen på robusthet i byggnationerna. Bilderna från Hotspots visar på att den största risken uppstår när mortaliteten används som måttenhet, och risken är i förhållande lägre om man ser till ekonomiska måttenheter. Detta tyder på att de områden där produktionsanläggningar är lokaliserade har en relativt god robusthet mot naturkatastrofer. Ur ett företagsperspektiv är detta en viktig faktor att vara medveten om.

Tropiska cykloner har en ganska låg riskvärdering i Nathan. Dock ligger ju, som tidigare nämnts, Mumbai i relativ närhet till områden som drabbas hårdare av cykloner, vilket kan utläsas på kartan över vindarnas huvudriktningar. Kraftiga cykloner har även drabbat Mumbai vid två tillfällen de senaste 20 åren (EMDAT 1, 2008).

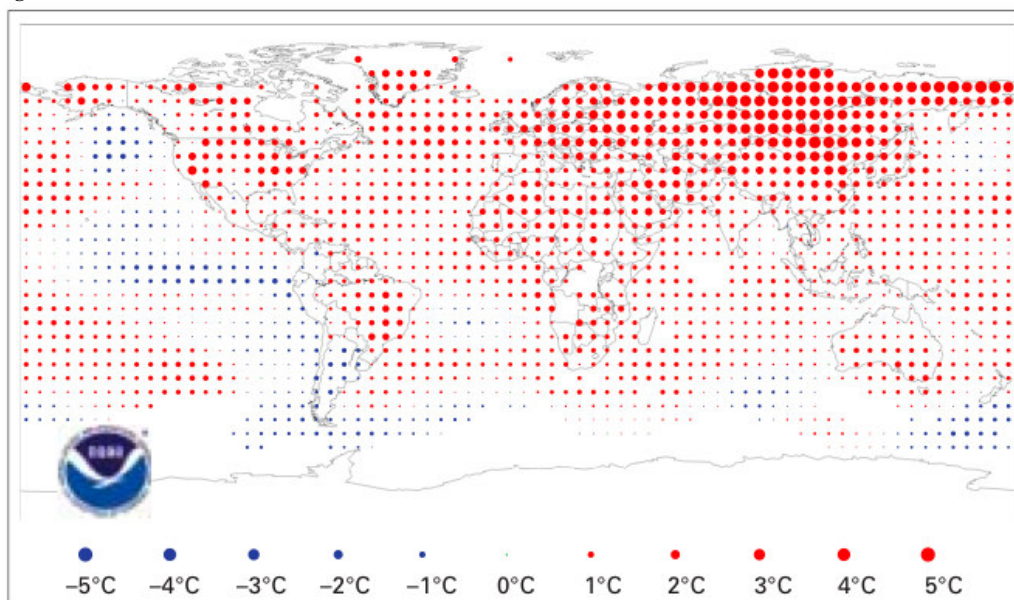
Tornados har getts en låg riskbild enligt Nathan, med större risker i delar av Sverige än i Mumbai med omnejd. Information om tidigare tornados i området styrker denna låga riskbild.

4.1.4 Framtida tendenser

I detta avsnitt kommer klimatets framtida tendenser i Mumbai att behandlas. Interpoleringar och extrapoleringar redovisas i bilaga C.

Atmosfär

Mätningar av temperaturer i världen har gjorts under nästan hela 1900-talet i analytiskt syfte men det är framförallt perioden från 1950-talet och fram till idag som analyserna baseras på. Det är även under denna period som klimatförändringarna har varit som tydligast i modern tid. Enligt Munich Re har medeltemperaturen i Mumbai 2007 stigit 1-2°C i jämförelse med medeltemperaturen under perioden 1961-1990, se figur 14.



Figur 14: Globala medeltemperaturförändringen 2007 relativt medeltemperaturen under perioden 1961-1990 (Källa: Munich Re 2, 2008).

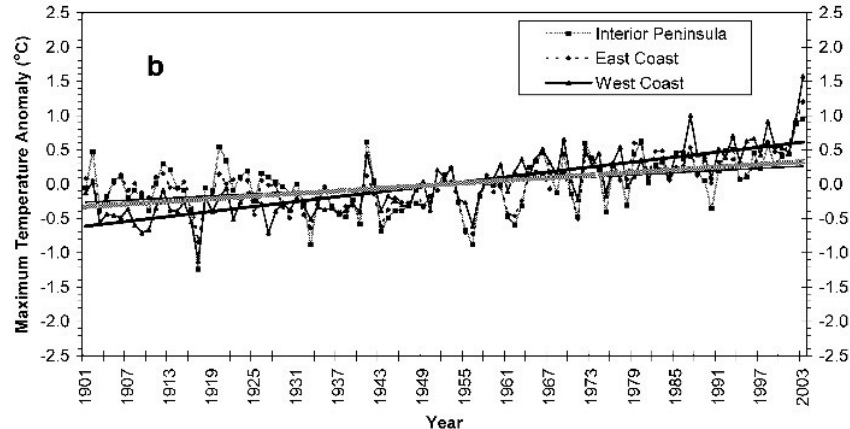
Som framgår av figuren har temperaturen stigit över nästan hela jorden, kraftigast över landområden på norra halvklotet. Enligt rapporten *Some evidence of climate change in twentieth-century India* har medeltemperaturen i Indien ökat 1,1°C under 1900-talet (Dash et al, 2007). Det finns dock en viss variation i resultatet som beror på växlingen av olika årstider och geografisk lokalisering.

Även om man inte kan tolka dessa värden som exakta så tyder resultaten ovan på att temperaturförändringen har accelererat under den senare halvan av 1900-talet. Detta är en tendens som avspeglar sig i vidare analyser om utvecklingen. I en analys utförd av International Institute for Environment and Development, IIED, beräknades temperaturhöjningen i Mumbai att uppgå till 1,75°C till år 2050. Resultatet baseras på utveckling enligt A2-scenariot (De Sherbinin et al, 2007). I samarbete med den brittiska myndigheten Department for Environment, Food and Rural Affairs, Defra, har den indiska regeringen gjort en ytterligare framtidsanalys av det indiska klimatet. Ett av resultaten som framkom i undersökningen var att medeltemperaturen i Mumbai-regionen under perioden 2070-2100 skulle öka med 2,5°C i jämförelse med medeltemperaturen under perioden 1961-1990. Beräkningarna baserades även här på ett scenario i A2-kategorin (Defra 1, 2005:3).

Enligt IPCC:s simuleringar av temperaturutvecklingen under 2000-talet blev resultatet av scenariot enligt A2-kategorin att medeltemperaturen i området kring Mumbai kommer att stiga 3–4°C. Detta baseras på medeltemperaturen under en 10-årsperiod (2090–2099) i jämförelse med medeltemperaturen 1980–1989. Scenario i B1-kategorin visar på en något lägre temperaturökning, med ca 2°C under samma tidsperiod (IPCC AR4, 2007).

Dessa olika beräkningar och simuleringar stämmer relativt bra överens om man jämför resultaten inom A2-kategorin. Skillnaden mellan de två tidigare resultaten, IPCC och Defra, kan hänvisas till, förutom de skilda beräkningsmetoderna, att olika tidsintervall används. IPCC ser till en 10-årsperiod och Defra en 30-årsperiod. IIED redovisar en lägre höjning då de ser till ett kortare tidsperspektiv men höjningen är i ungefär samma skala som de övriga. Vidare är Defras och IIED:s undersökningar utförda på en mer lokal nivå än IPCC:s. De utgår alla från samma scenariogrupp; A2, vilket dock inte innebär att de andra scenarierna saknar betydelse. Om dessa värden interpoleras på enklaste sätt för att uppskatta en temperaturförändring till år 2040, blir ökningen från idag inom intervallet 0,7–1,3°C, se bilaga C. Värdena resulterar vidare i ett medelvärde på 1,0°C i temperaturökning.

Temperaturavvikelser har under 1900-talet gått från att avvika mot kallare till att gå mot varmare temperaturer. Indiens västkust har den tydligaste förändringen i temperaturavvikelse i landet, med en ökning på ca 1,2°C från början av 1900-talet, se *figur 15*. Detta är ytterligare tecken på att klimatet blir varmare, vilket inte bevisar men påvisar en global uppvärmning (Dash et al, 2007).



Figur 15: Tendenser för den maximala temperaturavvikelsen vid Indiens kustlinje (Källa: Dash et al, 2007:308).

Hav

Temperaturökningen sker även i havet, under de senaste 50 åren har havsytans temperatur stigit med 0,5°C (Munich Re 2, 2007). Av undersökningar som presenteras i artikeln *Seasonal and interannual sea surface temperature variability in the coastal cities of Arabian Sea and Bay of Bengal* kan en medeltemperaturökning på 0,5°C på 13 år utläsas (Khan et al, 2002:553). Denna ökning skedde i havet utanför Mumbais kust mellan åren 1985 och 1998. Vidare beräknas en genomsnittlig förändringshastighet på 0,32°C per årtionde. Extrapoleras detta till år 2040 och vidare till år 2070, resulterar detta i temperaturökningar på 1,0°C respektive 2,0°C i havet

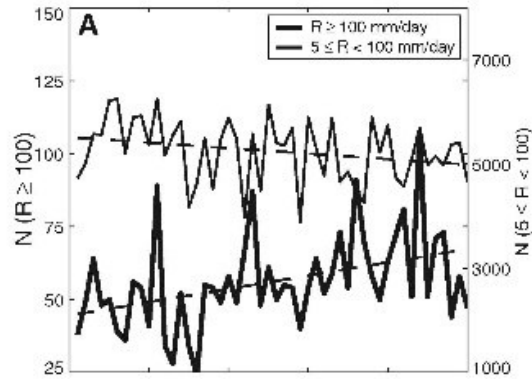
utanför Mumbai, se bilaga C. Detta ger en snabbare ökning än den som Munich Re ger. Görs extrapoleringen för en tidsrymd på 50 år framåt ger det en förändringshastighet på 1,6°C, att jämföra med Munich Re:s värde på hastigheten 0,5°C.

Om havens temperatur höjs, expanderar vattnet vilket får till följd att havsnivån stiger. I dagsläget har havsnivån beräknats att öka med 1 mm per år som en effekt av bland annat temperaturökningen i atmosfären. Detta är en mycket långsam process, som dock kan både öka i omfång och accelerera med ökande uppvärmning (Defra 2, 2005). En annan uppskattning av havsyttehöjningen beräknar den 0,5 m till år 2050 (De Sherbinin et al, 2007). Enligt en australiensisk forskargrupp, *CSIRO Marine and Atmospheric Research*, kommer havsnivån att stiga 0,07-0,19 m fram till år 2040 och mellan 0,14-0,40 m till år 2100 om A2-scenariot används som utgångspunkt. Detta är en utveckling av IPCC:s framtidsanalyser, med skillnaden att de använder ett framtidsscenario uppdelat i flera steg under 2000-talet (CMAR, 2008). Om dessa resultat skulle stämma skulle det innebära en markant ökning, ifrån dubbelt till mångdubbelt så snabb som under föregående århundrade. Om ett medelvärde beräknas från det vetenskapligt ”tyngsta” intervallet 0,07-0,19 m blir havsnivåhöjningen 0,13 m fram till år 2040.

Nederbörd

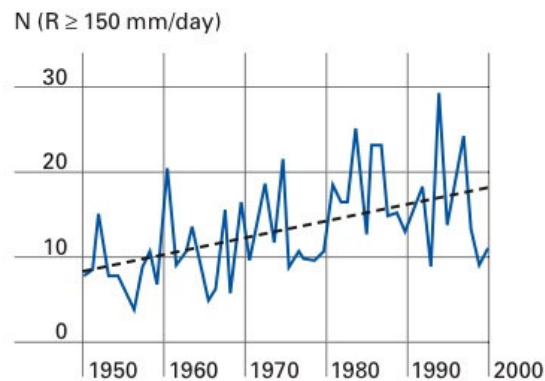
När medelnederbördsmängderna i Indien studeras kan inga direkta trender urskiljas (Goswami et al, 2006; De Sherbinin et al, 2007). Även IPCC menar att den totala årsnederbördsmängden kommer att vara relativt konstant. Den förändring som anses troligast är att nederbördsmängden i Indien blir större under monsunperioden och mindre under vintermånaderna. Förändringarna beräknas inte bli större än 5-10 %, om simuleringar med utgångspunkt från A1B-familjen följs (IPCC AR4, 2007). Detta innebär dock inte att nederbörden inte påverkas av klimatförändringarna (Goswami et al, 2006:1443).

Utvecklingen från 1950-talet tyder på att nederbörd kommer vid färre tillfällen, men att mängderna vid dessa tillfällen blir allt större. Goswami et al (2006) visar detta tydligt i statistiken över antalet normala och kraftigare nederbördstillfällen under perioden 1950-2000. *Figur 16* nedan visar två tendenser, den tjockare linjen beskriver ökningstendensen av antal kraftiga regnfall ($R > 100$ mm/dygn). Dessa var strax under 50 tillfällen i början av 1950-talet, och har ökat till närmare 70 år 2000. Den tunnare linjen beskriver minskningstendenserna av antalet normala regnfall ($5 < R < 100$ mm/dygn). I början av 1950-talet var antalet cirka 6 000 vilket har minskat till under 5 000 i slutet av 1990-talet.



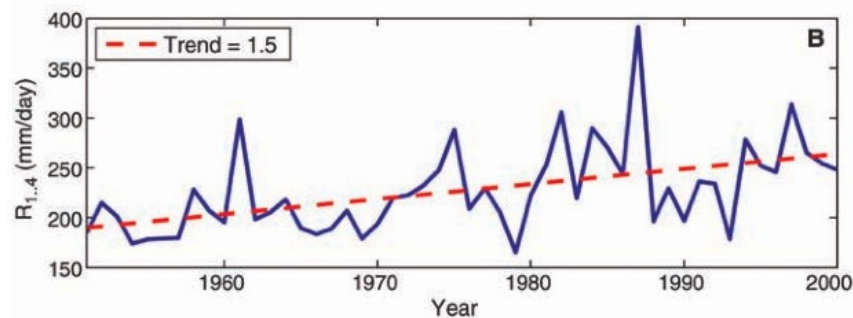
Figur 16: Tendenser av antalet kraftigare respektive normala regnfall (Källa: Goswami et al, 2006:1444)

Munich Re styrker bilden av att antalet kraftiga regn har ökat med nästan en tredjedel sedan 1950 i Indien. Vidare redovisas i en graf hur mycket kraftiga regnfall ($>150\text{mm/dygn}$) har ökat i antal tillfällen. Tendenser pekar på att de nästan har dubblats i antal under samma tidsperiod (Munich Re 2, 2007), se figur 17 nedan.



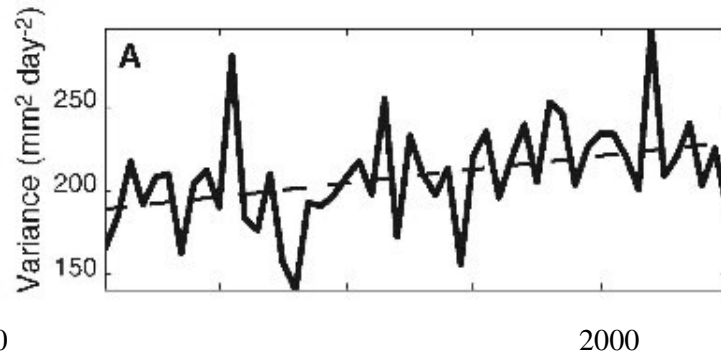
Figur 17: Tendenser av förändring i antal mycket kraftiga regnfall (Källa: Munich Re, 2, 2007:6)

Detta tydliggörs ytterligare i statistik över de kraftigaste nederbördstillfällena under monsunperioderna. I grafen nedan, figur 18, har ett medeltal beräknats utifrån de fyra kraftigaste nederbördstillfällena för varje monsunperiod (år) och jämförts från år 1950 till år 2000. Denna graf visar på trenden att nederbördsmängden vid dessa tillfällen ökar successivt. Dock finns det inga tecken på att den totala nederbördsmängden ökat under samma period.



Figur 18: Genomsnittliga nederbördsmängden vid de fyra största nederbördstillfällena under monsunperioden i Indien varje år (Källa: Goswami et al, 2006:1444)

Detta har bland mycket annat även bidragit till att variationen mellan regndagarna under monsunperioden har ökat med tiden, vilket *figur 19* nedan visar. Som nämnts tidigare blir medeltalet för variationerna större med tiden. Detta kan tolkas som att det regnar mer sällan men det kommer mer nederbörd när det väl regnar, vilket styrker det tidigare påståendet.



Figur 19: Variationen av nederbörds mängden mellan dagarna under monsunperioden (Källa: Goswami et al, 2006:1444)

Med ovanstående kurvor, grafer och redovisade trender som utgångspunkt möjliggörs ändå att framställa en bild av hur Mumbais klimat skulle kunna förändras till år 2040. Extrapolering har genomförts av kurvorna som beskriver antal nederbördstillfällen med över 150 mm regn per dygn och den maximala nederbörden, *figur 17 och figur 18*. Genom att beräkna en lutningskoefficient för trendkurvan i dessa diagram beräknas ett värde till år 2040. Detta har gjorts under antagande att det sker en konstant ökning av medelvärdet av de båda fallen fram till år 2040. Dessa fall tar ingen hänsyn till hur växthusgasutsläppen förändras eller annan eventuell påverkan. Denna extrapolering resulterade i att år 2040 kan det komma att bli ungefär 26 tillfällen då det kommer mer än 150 mm på ett dygn i jämförelse med 18 tillfällen år 2000. Vidare kommer medelnederbörden av de fyra största nederbördstillfällena öka från 260 mm/dygn till 320 mm/dygn under samma tidsintervall. För extrapoleringar se bilaga C.

4.1.5 Framtida riskbild

De klimatfaktorer som beskrivits i föregående avsnitt är alla mer eller mindre avgörande komponenter för uppkomsten och omfattningen av de hydrologiska och klimatologiska naturfenomen som undersöks. I detta avsnitt görs en analys av hur naturfenomenens uppträdande kan komma att förändras i framtiden med de givna klimatförändringarna. Om resultaten av tendenser och forskning sammanfattas så är följande utveckling att vänta i Mumbairegionen:

- Temperaturen stiger med 1,0°C till år 2040, vilket innebär en nästan dubbelt så snabb ökning som under föregående århundrade.
- Havstemperaturen beräknas öka 1,0°C till år 2040, vilket innebär en markant ökning, nästan tre gånger så snabb som under föregående århundrade.
- Havsnivån beräknas att stiga med 0,13 meter, vilket är flerdubbelt mer än den stigit under de senaste 50 åren.
- Antalet mycket stora nederbördstillfällen per år ökar från 19 till 26 fram till år 2040, vilket är en ökning med nästan 35 %.
- Storleken på nederbördsextremerna ökar från 274 mm/dygn till 320 mm/dygn fram till år 2040, vilket är en ökning med 17 %.

Den bild som framträder över Mumbai är att temperaturerna kommer att öka markant. Både i atmosfären och i havet tyder tendenserna på att temperaturökningstakten kommer att nästan fördubblas. Detta får direkta följder för havsnivåhöjningen, som följer samma utvecklingsmönster. Vidare så visar tendenserna på att nederbördens mönster inte utvecklas i riktigt lika snabb takt. Tendenserna här tyder på en ökning med 17-35 % fram till år 2040 i både antal och storlek på de kraftiga nederbördstillfällena.

Cyklon

Trender tyder på att antalet lågtryck har minskat i Indien, speciellt under monsunperioden mellan juni och september (Dash et al, 2007). Cyklonerna utanför landets västkust är för få för att kunna ge någon bild av hur situationen kan utveckla sig i framtiden. Dock är tropiska cykloner mer vanligt förekommande och ett större problem på östkusten. På denna sida av landet framträder dock tendenser till att cykloner med svagare vindar minskat i frekvens, men att man drabbas av fler allvarigare cykloner. Detta är en utveckling som kan antas vara likvärdig även på västkusten.

En uppskattning är att till år 2070 kommer de cykloner som idag beräknas ha en återkomsttid på 100 år att öka med 10 %. Detta skulle innebära att de vindhastigheter som angavs i avsnittet om klimatrisker, ökar med 10 % till år 2070 (Nicholls et al, 2008:46). Detta skulle resultera i att 100-årscykloner skulle ha en styrka på 168 km/h, vilket fortfarande är en relativt låg vindhastighet. Denna ökning är jämfört med förändringarna i temperatur och nederbörd relativt liten. Vindar av denna styrka kan medföra konsekvenser såsom att dåligt byggda hus rasar, samt även påverka hustak och fönster på vanliga hus i mindre utsträckning. Vidare kan de föra med sig stormfloder i storleksordningen på upp till knappt tre meter (NHC, 2007). Vågor av den storleken som slår in över kusten kan ge svåra konsekvenser i Mumbai. En stor andel av befolkningen bor i slumområden nära havet. Vid en stormvåg på 3 meter skulle stora delar av Mumbai påverkas, då stadens låga läge gör den mycket sårbar för

En artikel av Elsner, Kossin och Jagger (2008) presenterar ett eventuellt samband som innebär att 1,0°C temperaturökning vid havsytan skulle innebära en ökning i frekvens med 31 % av de kraftigaste cyklonerna. Detta är dock svårt att applicera på Mumbai då frekvensen på dessa cykloner är mycket låg.

Tornados är på grund av de fysiska förutsättningarna ovanliga i detta område, varför forskning och analyser av utvecklingen av detta fenomen förekommer sparsamt. Data och information saknas i stor grad, men det går inte att utesluta att tornados drar in över området, varför det utgör en risk. Detta är dock något som inte bedöms inverka betydligt på riskbilden för området.

Översvämningar är ett återkommande problem i området kring Mumbai. Om tendenserna fortskrider eller accelererar kommer antalet översvämningar öka både i omfattning och antal. Mycket pekar mot denna utveckling, även om det är svårt att specificera några kvantitativa värden. Monsunregnen orsakar fler översvämningar och fler kraftiga regnfall, och alla trender pekar mot ett fortsatt ökande. Antalet mycket kraftiga regn har fördubblats sedan 1950-talet, och inget verkar tyda på att det är en tendens som kommer retardera. Som tidigare avsnitt beskriver skulle detta kunna innebära att det kommer att ske över 25 mycket kraftiga regnfall år 2040. Detta är en ökning med nästan 45 % från år 2000 och ca 35 % från 2008. Vidare kommer även mängderna vid de största nederbördstillfällena att öka. Tendenserna tyder på att mängden skulle öka med nästan en fjärdedel i medeltal för de fyra största nederbördstillfällena från år 2000 till år 2040.

46

En faktor som spelar in i alla dessa fall är den snabba och omfattande tillväxten och bebyggelsen. Detta har gjort att många ytor i staden som tidigare fungerade som dräneringsytor vid översvämningar bebyggts. Detta medför att vattnet blir kvar i staden istället för att dräneras ner i marken, vilket gör att översvämningarna blir mer omfattande och värre. Utöver förstörd infrastruktur får översvämningar som konsekvens att smittor sprids snabbt i vattnet, vilket leder till epidemier som snabbt sprider sig. Likaså sätts sociala funktioner ur spel.

4.1.6 Konkretisering av riskbilden: Mumbais hamn

I detta avsnitt kommer att redogöras för ett exempel på hur modellens resultat kan appliceras på ett verkligt, sårbart och ur företagsperspektiv viktigt objekt. På detta objekt appliceras både den riskbild som bedöms finnas idag, samt den riskbild som bedöms kunna uppstå i framtiden. Därefter analyseras de sannolikheter och konsekvenser som bedöms föreligga för objektet. Exemplet i detta fall utgörs av hamnen i Mumbai, vilken bedöms kunna utgöra ett talande exempel på hur naturfenomenen kan ha inverkan, idag och i framtiden. I detta fall är hamnen ett passande objekt, då ingen specifik verksamhet analyseras, och hamnen då får representera ett värde som är viktigt för många typer av verksamheter. Hamnen är viktig ur både import-, export- och transportsyfte vilket de flesta verksamheter i någon mån är beroende av.

Bakgrund hamnen

Mumbais hamn är lokaliserad mellan fastlandet i öster och staden Mumbais öar i väster och är efter över 130 år i bruk en Indiens äldsta hamnar (Mumbai Port 1, 2008). Hamnen är med sina 400 km² en av världens största naturliga hamnar, och var länge även den största hamnen i Indien. År 2007 hanterades här ca 57 miljoner ton gods, vilket utgör 11 % av Indiens totala vattenburna transporter (Mumbai Port 2, 2008). Vidare hanterar hamnen 50 % av Indiens handel med utlandet (PDC, 2005:8). Hamnen består av tre hamnbassänger med sammanlagt 55 kajplatser, med en total kajlängd på ca 8 km. Utöver detta finns öppna kajer, samt 4 pirar för fartyg som lastar och lossar POL (Petroleum, Oil and Lubricants), dvs. brandfarliga och flyktiga vätskor. Utanför hamnområdet sträcker sig ett ankringsområde på ca 20 nautiska mil (GISIS, 2008).

Mumbais hamn är relativt väl skyddad från direkt påverkan med sitt läge mellan öarna och fastlandet. Den hydrologiska risk som hamnen främst är utsatt för är att vattennivån når en kritisk nivå. Likaså kan kraftiga cykloner påverka hamnen, trots det skyddade läget. I hamnens utbyggnadsplaner ingår även en offshore-hamn, vilket innebär att hamnfaciliteter anläggs utomskärs. Denna typ av hamn kommer vara mer oskyddad och betydligt mer sårbar. Nedan följer en systematisk inventering av dessa risker.

Riskanalys

Riskanalysen redovisas i två matriser som beskriver vilka händelser hamnen kan utsättas för, samt vilka sannolikheter som föreligger och vilka konsekvenser händelserna kan medföra.

Dagens riskbild

	Händelse	Sannolikhet	Konsekvens
Cyklon	En cyklon med starka vindar drabbar staden och hamnen.	Analysen av dagens riskbild kategoriserar Mumbai som ett område som inte är allvarligt utsatt för cykloner. Ändå har Indiens västkust drabbats hårt ett par gånger under 1900-talet, och riktigt allvarligt en gång i slutet på 1800-talet. Detta gör att det finns en viss sannolikhet att kusten, och därmed hamnen kan drabbas. Dock ligger Mumbais hamn till viss del skyddad, varför den inte är lika svårt utsatt som andra delar av staden.	Starka vindar gör att hamnen inte kan användas eller anlöpas och fartyg som ligger där kan komma till skada. Detta kan i sin tur leda till haverier, med utsläpp och skador som följer.
Tornado	Hamnen skadas och/eller stängs pga. en tornado.	Sannolikheten för att en tornado ska drabba Mumbai anses som liten. Tornados är inte vanligt förekommande i området, och är relativt begränsade i sitt omfång när de väl förekommer, varför hamnen inte nödvändigtvis behöver drabbas även om staden skulle göra det.	Skulle en tornado drabba hamnen, skulle detta med stor säkerhet föra med sig svåra konsekvenser. Fartyg inne i hamnen skulle skadas, med utsläpp och förstörelse som följd. Vidare skulle infrastruktur på land också skadas, såsom kranar, lagerbyggnader osv., vilket skulle kunna vara förödande för hamnens verksamhet.
Över-svämning	Staden drabbas av översvämning, vilket får konsekvenser för hamnen, och kan bero på flera olika orsaker. Framförallt kan havsnivån nå extremnivåer orsakade av kombinationer av kraftig nederbörd, stormflod och tidvatten. Vidare är avrinning och kloaker ofta blockerade.	Mumbai, med sitt låga läge, drabbas så gott som varje år av översvämningar. Med ett par års mellanrum är dessa kraftigare och drabbar staden svårare. Hamnen, som är belägen vid havsnivån, drabbas sannolikt av den höjda vattennivån i dessa fall. Likaså är hamnens kringliggande landområden lågt belägna, varför även dessa är sannolika att drabbas.	I första hand blir konsekvensen att hamnen inte går att använda. Stiger vattennivån över en viss höjd blir kajer och pirar obrukbara, och fartyg kan inte lägga till för att lasta eller lossa. Vidare kan konsekvenserna för de fartyg som redan ligger i hamnen bli svåra, med i värsta fall haverier som följd. Hamnens infrastruktur är dessutom gammal och sliten, vilket gör den ännu mer sårbar för konsekvenser från översvämningar (India Express 2, 2007).

Framtida förändringar

	Händelse	Sannolikhet	Konsekvens
Cyklon	Färre cykloner, men med större vindstyrka drabbar staden och hamnen.	Om utvecklingen i Mumbai följer den som kan väntas på andra håll, t.ex. Indiens östkust, kommer det vara sannolikt med färre cyklontillfällen, med kraftigare vindar.	Att det sker färre cykloner kommer innebära att det blir färre tillfällen då hamnen störs. Dock kommer de kraftigare vindarna innebära att svårare konsekvenser drabbar hamnen, speciellt den offshore-hamn som planeras. På så sätt kan avbrotten både bli längre och mer kostsamma.
Tornado	Fler och/eller kraftigare tornados drabbar staden och hamnen.	Sannolikheten för detta bedöms vara så liten att även om en framtida ökning sker, är sannolikheten fortfarande så liten att den inte påverkar riskbilden märkbart.	Att fler och/eller kraftigare tornados drabbar hamnen skulle kunna få förödande konsekvenser, med tanke på den förstörelse de medför.
Översvämning	Hamnen drabbas oftare av översvämning, och/eller av kraftigare översvämningar. Vidare kan en havsnivåhöjning orsakad av den globala uppvärmningen i ett längre tidsperspektiv medföra konsekvenser för hamnen.	Mycket tyder på att nederbördstillfällena kommer öka både i omfattning och i antal, vilket kommer ge fler översvämningar. Vidare kommer kraftigare vindar leda till kraftigare stormfloder, vilka bidrar till översvämningarna. Fortsätter den globala uppvärmningen att accelerera, är det även mycket sannolikt att havsnivåns yta fortsätter stiga.	Fler och kraftigare översvämningar kommer att ge fler tillfällen då hamnen inte kan användas, och fler tillfällen då risken för haverier blir stor. Drabbas hamnen alltför ofta av problem kommer fartygstrafiken successivt överflyttas på konkurrerande hamnar med bättre skydd, vilket medför att hamnens betydelse minskar. En höjning av havsytans nivå är en mycket långsam process, varför den inte har några omedelbara konsekvenser. I kombination med stormflod räcker det dock med en mindre höjning av havsnivån, för att ge stora konsekvenser. Speciellt då risken då ökar för att tillfällen med stormflod och högt tidvatten ska sammanfalla. På längre sikt kan höjningen i sig även bidra till svåra konsekvenser för hamnen. Mumbais hamn är med sin åldrade infrastruktur sårbar för påfrestningar från havet. En höjning av havsnivån, som är irreversibel, skulle i värsta fall kunna göra hamnen obrukbar i ett längre tidsperspektiv.

Summering

Sammanfattningsvis kan konstateras att Mumbais hamn är relativt väl skyddad för cykloner med sitt läge. Likaså är risken för att hamnen drabbas av tornados inte överhängande. Översvämningar utgör den typ av naturfenomen som hamnen är känsligast och mest sårbar inför. Dessa är även den typ av naturfenomenen som bedöms öka mest i omfattning i framtiden, och därmed utgöra den största risken även i ett framtidsperspektiv.

Viktigt att ha i åtanke är att de skilda naturfenomenen inte är separata, åtskilda företeelser utan ofta hänger samman, bidrar till varandras existens och tillväxt och påverkar varandra. Vidare tas i analysen inte heller upp eventuella anpassnings- eller skyddsåtgärder som kan tänkas införas framöver, vilka skulle kunna minska den framtida sårbarheten för naturkatastrofer.

Denna konkretisering av den framtida riskbilden kan utformas för att bli både bredare och mer djupgående, utifrån önskemål och specifikationer från användaren av modellen. I detta fall har genomförandets endast gjorts översiktligt för att klargöra hur detta steg i modellen kan komma att se ut. Med ett mer specificerat objekt kan konkretiseringen göras mer tydlig och djupgående för att passa användarens behov.

4.1.7 Resonemang

Naturkatastrofer inträffar så sällan att alla kvantitativa utlåtanden är osäkra. Det som kan konstateras är att om alla klimatfaktorer ökar så som tidigare avsnitt beskriver med upp till faktor tre, antyder detta att även en motsvarande ökning av naturkatastrofer torde kunna ske. Nederbördstendenserna pekar på en ökning kring 17-35%, vilket har en direkt koppling till cykloner och översvämningar. Detta kan ses som en god indikation på hur naturfenomenen kan komma att utvecklas. En ökning i den skalan till år 2040 skulle kunna vara realistisk, men utan tyngre vetenskaplig grund.

Sett till den vardagliga förändringen kommer förutsättningarna med stor sannolikhet bli mer besvärliga, med längre torrperioder och kraftigare regnperioder. Att det kommer att ske något som förändrar förutsättningarna för en verksamhetsetablering i Mumbai under de närmaste drygt 30 åren fram till år 2040 är dock tveksamt. Naturligtvis kan en större naturkatastrof av det slag som analyserats drabba staden när som helst, vilket ingår i den rådande riskbilden. Dock så tyder inte tendenserna på att förutsättningarna för katastrofer kommer förändras markant under den undersökta tidsperioden.

Konsekvenser orsakade av naturkatastrofer bedöms inte bli alltför förödande för företag då företagsverksamheter i dagsläget främst återfinns en bit från kusten. Denna distansering från kusten ger skydd mot de största riskerna som naturfenomenen medför. Översvämningen år 2005 hade enligt de kontakter med företag i Indien som tagits inte någon direkt påverkan på deras verksamhetsutövning, se bilaga A. En framtida översvämning, vilket utgör den största andelen av riskbilden, med samma omfattning som år 2005 skulle sannolikt inte heller orsaka några större avbrott. Vidare kan många av de problem som uppstår för företag i samband med katastroferna, exempelvis störningar av infrastruktur och samhällsfunktioner, lösas med tillfälliga reparationer och förstärkningar. Även om detta kan genomföras, och har genomförts tidigare, blir kostnaderna för detta stora och robustheten mot nästa katastrof fortsatt låg.

Konsekvenserna av naturkatastroferna är naturligtvis svåra att förutsäga, då det är många faktorer som spelar in. Utöver de osäkerheter som förknippas med det framtida scenario som framställs så kommer även den fysiska miljön med stor sannolikhet att förändras. Samtidigt kommer säkerligen olika typer av skyddsåtgärder vidtas, vilka kommer att påverka konsekvensernas karaktär. Likaså kan de olika konsekvenserna hanteras mer eller mindre framgångsrikt när de väl inträffar. Detta gör att storleken på konsekvenser är mycket svåra att kvantifiera för att avgöra hur en framtida riskbild kan se ut.

På längre sikt är torka på landsbygden en faktor som med största sannolikhet kommer att ge inverkan och negativa effekter på Mumbai och dess omnejd. Med färre nederbördstillfällen kommer torka att bli ett faktum med problem för jordbruken. Jordbruken kommer vidare att ha svårt att tillgodogöra sig den naturliga bevattningen när regnen blir kraftigare, och drabbas av konsekvenser i form av övervattning och översvämningar. Ett tänkbart scenario är att stora jordbruksarealer inte överlever de torrperioder och kraftiga regn som klimatförändringarna kan medföra. Detta leder till en ökad inflyttning mot storstäder, med en ännu större urbanisering i redan folktäta

områden som följd. Då en stor del av delstaten Maharashtra består av jordbruk, vilka sysselsätter 2/3 av befolkningen så kommer urbaniseringen bli storskalig även för en redan enorm stad som Mumbai. Staden är redan hårt ansatt med stora slumområden med mycket dåliga levnadsförhållanden och därför kan denna förändring bli svår för staden att hantera. När staden dessutom är beroende av lokalt lagrat regnvatten för att kunna hålla vattenreservoarerna funktionella kommer dessa förändringar bli svåra att hantera. Dessa negativa förändringar kommer medföra att staden ställs inför såväl humanitärt, funktionellt som ekonomiskt svåra situationer.

Då urbaniseringen blir större än vad samhället klarar av kommer även epidemier spridas i allt större utsträckning. Detta kommer att uppstå då dålig hygien blir ett faktum bland befolkningen. Detta i kombination med ökande befolkningstäthet och instabila levnadsförhållanden orsakade av översvämningar, cykloner osv. kommer göra att dessa epidemier sprids och inte enbart drabbar slumområden.

4.2 Case 2 - Nanjing, Kina

I detta andra case appliceras modellen på staden Nanjing i Kina. Även denna stad har valts av anledningen att den är intressant för etablering; här återfinns en rad svenska företag och intresset växer kontinuerligt. För vidare information om analysverktyg och källor, se bilaga E.

4.2.1 Bakgrundsbeskrivning

Här ges inledningsvis en beskrivning av Kina, för att sedan fokusera på delstaten Jiangsu och staden Nanjing.

Kina

Kina är lokaliserat i sydöstra Asien, med kust mot Stilla havet. Kina gränsar mot en mängd olika länder, de längsta gränssträckorna är mot Mongoliet i norr, Kazakstan och Indien i väst och Burma i syd. Kinas totala landyta är 9,6 miljoner km², vilket gör landet till världens fjärde största till ytan. I Kina bor över 1,3 miljarder människor varav 7,5 miljoner i huvudstaden Beijing (CIA 2, 2008). Landet är uppdelat i 23 provinser (där Taiwan räknas som den 23:e provinsen), 5 självständiga regioner, 4 kommuner samt två speciella administrativa regioner, Hongkong och Macao. Kina är en socialistisk stat under folkets demokratiska diktatur. Kinas styrelseskick består av den Nationella folkkongressen, NFK, vilken består av 3 000 människor. Dessa väljs på en femårsperiod och utser en regering och ett statsråd samt har den lagstiftande makten formellt. De invalda väljs av kongresser på lägre nivå som i sin tur har blivit folkvalda. De självständiga regionerna har rätt att sända egna representanter till folkkongressen. NKF är ett statligt organ som till sin hjälp har utskott som företrädare NFK då denna sällan kan sammanträda. Utöver NFK finns det politiska partiet, kommunistpartiet, som ska ansvara för den politiska ledningen i landet. Praktiskt tar detta uttryck i att partiet bestämmer även över vilka beslut som NKF ska fatta (NE 3, 2008).

Geografiskt omfattar Kina en mycket stor variation, från den tibetanska högplatån i väst som sträcker sig från 4 300 meter över havet och uppåt, över mellersta lågplatåområdet (1 000-2 000 m ö.h.) till slätterna och kullområdena längst i öster. På grund av denna väst-östliga höjdminskning så rinner även landets större floder i denna riktning. Högplatån innefattar bland annat världens högsta berg Mount Everest (8 848 m ö.h.) och upptar nästan en fjärdedel av hela landet. Grovt indelat består Kina av tre naturregioner; i sydväst ett bergigt och kallt landskap, i nordväst främst en ökenartad omgivning och i öst är landet uppbyggt främst av flodavlagringar (ibid.).

Precis som geografin så är även landets klimat varierande. De västra delarna upplever ett kallökenklimat med vintertemperaturer under -25°C. I öst återfinns ett varmare klimat med temperaturer som sällan går under 20°C. Under sommarmånaderna utjämnas temperaturskillnaderna i landet en del och det skiljer inte mycket mer än 10°C från sydväst till nordost. Nederbörden varierar både lokalt och nationellt, med mängder på upp till 2 000 mm per år (ibid.).

Den största etniska gruppen utgörs av Han-kineser, vilka utgör nästan 93 % av den totala befolkningen. Resterande andel innefattar 55 olika etniska minoriteter vilka är utspridda över hela landet. De självständiga regionerna har egna regler för

näringslivet, ekonomin och kulturella angelägenheter. Inkomstskillnaden mellan bönder och stadsbor är stor. Skillnaden i genomsnittslön har medfört en inflyttning mot städerna i hela landet. Trots detta uppgår den officiella arbetslösheten endast till ca 7 % (ibid.). 90 % av landets befolkning bor på en yta som motsvarar endast 15 % av landet, och det är främst de östra delarna av landet som är tätt befolkade. Tidigare har arbetsgivare varit ansvariga för att de anställda har tillgång till bostad, mat, kläder och sjukvård vilket ej längre är fallet. Detta har bidragit till att det sociala skyddsnätet har försvagats och fattigdomen brett ut sig. Enligt FN:s databas levde 9,9 % av befolkningen i fattigdom, med en levnadsstandard som kostar mindre än 1 dollar per dag, år 2004 (UNdata, 2008). Under perioden 1960-1980 upplevde Kina en mycket stor befolkningsökning i landet, vilken tidvis uppgick till 2,6 %. Detta gjorde att ett ansvarssystem infördes (NE 3, 2008). Detta system begränsar antalet barn per familj till ett och har lett till att befolkningsökningen har minskat till 0,63 % idag (CIA 2, 2008).

Ekonomiskt har Kina en av världens största ekonomier med avseende på köpkraft (ibid.). Detta grundar sig i den ekonomiska reformen år 1978 som gick under namnet "den öppna dörrns politik" (NE 3, 2008). Ekonomin förändrades till att bli mer marknadsanpassad, med ökad privatisering och en ökad roll för handeln på världsmarknaden. Vidare tilläts och uppmanades till handel med omvärlden. Detta har gjort att landets BNP har mer än tiodubblats sedan reformens start (CIA 2, 2008). Utrikeshandeln översteg år 2006 65 % av den totala BNP:n vilket gör Kina till världens tredje största handelsnation (UD 3, 2008). Främst importeras maskindelar och teknisk utrustning, samt olja och medicinsk utrustning. Exporten består framförallt av elektronisk och teknisk utrustning samt textilier. Handeln, både import och export, sker till största delen med andra asiatiska länder som Japan och Sydkorea, men betydande handel sker även med USA och Tyskland. Av de asiatiska länderna är Kina Sveriges största handelspartner, både vad gäller import och export (ibid.).

Inkomstklyftan i landet ökar ständigt och BNP per capita är relativt låg, 5 400 US dollar år 2007 (Sverige: 37 500 USD), vilket ger placering 132 av 229 länder. Av BNP utgörs 49 % av tillverkningsindustri vilken består av bland annat järn-, stål- och aluminiumframställning, maskineri, kol, textilier och elektronik. Denna produktion sysselsätter en fjärdedel av Kinas aktiva inom arbetslivet. 40 % av BNP är service och 11 % utgörs av jordbruk. Kinas befolkning utgör 22 % av alla människor på jorden, men har bara tillgång till 7 % av den odlingsbara jorden. I dagsläget utnyttjas nästan all tillgänglig jordbruksmark i landet. Framförallt är det ris som odlas men även vete och majs är viktiga grödor. Bomull och oljeväxter är andra jordbruksprodukter som är viktiga. Nästan 45 % av landets arbetsaktiva försörjer sig på jordbruk (CIA 2, 2008).

Energiförsörjningen är ett växande problem inom det kinesiska näringslivet. På grund av den snabba utvecklingen räcker inte energiförsörjningen till, vilket leder till upprepade driftstopp. Den största energikällan är förbränning av fossila ämnen med tonvikt på kol, vilket utgör 80 % av energiförsörjningen. På grund av dåliga distributionsnät har vattenkraft inte fått det genomslag som det finns potential till. I dagsläget står denna för knappt 19 % av den totala energiproduktionen trots landets stora vattenresurser i sydväst. Precis som med energiförsörjningen har transportnätet och infrastrukturen inte följt den ekonomiska utvecklingen och bromsar fortsatt utveckling (ibid.).

Kina har spända relationer till flera av sina grannländer, främst angående gränsdragning mellan länderna. Hela gränsen mellan Indien och Kina är omstridd; Kina gör anspråk på områden som i nuläget hör till Indien och det är oklart exakt var gränsen går. Dock förs sedan år 2005 en dialog för att klargöra förhållandena. I området Kashmir råder oenighet mellan Kina, Indien och Pakistan om vilka delar av området som hör till vilket land. Även mellan Kina och Bhutan råder oenighet om gränsdragningar. Med Vietnam och Japan är man oense om gränsdragning i havet, samt rätt till territorialvatten och rätten till vissa öar. Andra länder som man är oense om land- eller vattengränsdragningar med är Ryssland, Tajikistan, Nordkorea och Burma (ibid.).

Jiangsu

Provinsen Jiangsu ligger i östra Kina och har ca 74 miljoner invånare. Provinsen har Kinas mest tätbefolkade landsbygd, och är landets starkaste jordbruksregion, med 60 % av marken uppodlad och ca hälften av befolkningen sysselsatt med jordbruk. Regionen har sedan 1940-talet även haft en kraftig industriell tillväxt, vilket lett till en stabil ekonomi och den tredje största BNP:n av Kinas provinser. Utländska investeringar har spridit sig från Shanghai, som gränsar till Jiangsu i öst, vilket bidragit starkt till denna utveckling. Inom industrin återfinns textilvaror, kemiska produkter, elektronik samt maskintillverkning (NE 4, 2008).

En stor del av de svenska storföretagen finns representerade i Kina. En majoritet av dem bedriver huvudsakligen sin verksamhet i östra Kina och regionen kring Shanghai, vilket till stor del innebär Jiangsu-provinsen.

(Swedish Business in China: Trends and Challenges, 2008)

Provinsen är mycket låglänt, med nästan hela landytan under 50 meters höjd över havet. Landskapet genomkorsas av floder och Yangtze-floden som är Kinas längsta flod flyter genom den södra delen av regionen. Ett väl utvecklat bevattningssystem förser i princip hela regionen med vatten från floderna. Den starka ekonomin har även medfört att infrastrukturen i regionen är välutbyggd. Detta tar sig uttryck i form av bl.a. en höghastighetsjärnväg som länkar städerna i provinsen med Shanghai och Beijing, samt ett väl utbyggt motorvägsnät (NE 4, 2008).

Klimatet i provinsen kännetecknas av skiftande årstider, med vintrar med temperaturer kring 0°C, och varma somrar. Under vår och sommar faller en del regn, och under sensommar och höst är cykloner med kraftiga regn och regnstormar vanliga. Dessa drar in tillsammans med monsunerna från öster (Cheng & Wang, 2008).

Nanjing

Nanjing är huvudstad i provinsen Jiangsu och har ca 5 miljoner invånare. Staden har vid flera perioder genom historien även varit Kinas huvudstad. Staden ligger ca 250 km väster om Shanghai, och ca 1 200 km söder om Beijing, och har väl utbyggda kommunikationer såväl med dessa som med andra kinesiska storstäder. Staden ligger strategiskt i Yangtze-flodens avrinnings- och deltaområde, och är en av Kinas viktigaste städer (NE 5, 2008). I Nanjing återfinns en stor mängd industrier, både inhemska och utländska. Kring staden har ett antal industriparkers anlagts för att locka fler företag till staden. En stor oljeledning från nordöstra Kina har medfört att en stor raffinaderianläggning anlagts, tillsammans med annan petrokemisk industri. Övrig

industri omfattar maskintillverkning, kraftverksutrustning, transportfordon och textilindustri, såväl som inom andra områden. Utanför staden bryts järnmalm, vilken förädlas i ett av Kinas största stålverk (ibid.).

Nanjing har Kinas största inlandshamn och Yangtze-flodens största hamn, med en genomströmning av last på över 100 miljoner ton per år. Hamnen byggs kontinuerligt ut för att klara av det höga transporttrycket industrierna medför (Nanjing International 1, 2008).

I Nanjing finns en lång rad universitet och högskolor, och har länge varit södra Kinas utbildningscentrum. De flesta skolorna är inriktade mot naturvetenskapliga och tekniska ämnen, vilket både stimulerar den industriella tillväxten genom forskning och förser företagen med kompetent personal och arbetskraft (Jiangsu.net, 2008).

4.2.2 Historiska händelser

Här beskrivs en rad historiska händelser som inträffat i och drabbat delstaten Jiangsu och staden Nanjing.

Cykloner

Provinsen Jiangsu har utsatts för naturkatastrofer av skilda slag. Utanför den ca 1 000 km långa kusten mot sydvästra Kinesiska sjön är cykloner, eller tyfoner som är benämningen när de inträffar i Asien, vanliga. De kraftigaste av dessa inträffar vanligen under monsunperioden, vilket innebär månaderna juni till september. Ibland drar dessa in över Jiangsus kust, med stor förödelse som följd. Sedan 1980-talet har åtta cykloner med dödlig utgång dragit in över kusten. Den värsta inträffade 1994, när *Supertyphoon Fred* drabbade östra Kina, med ca 1 000 dödsfall och 2 miljoner drabbade människor (Greenpeace, 2008). Cyklonen drog in med kraftiga regn, samtidigt som det var ovanligt högt astronomiskt tidvatten, vilket ledde till den omfattande förödelser. 2005 drog cyklonen *Matsa* in över Jiangsus kust, och minskade inte i styrka omedelbart, vilket är det vanligaste uppträdandet. Stora skador rapporterades, både från kusten där stormfloder bidrog till kraftiga översvämningar, och inåt land, där kraftiga regn föll över två tredjedelar av provinsen. Regnen framkallade jordskred på flera håll och förstörde stora jordbruksarealer. 7 människor dog i provinsen, ca 8 miljoner påverkades och skadorna beräknas ha uppgått till över 400 miljoner USD (China Daily, 2008).

Tornado

Tornados drabbar området kring kusten öster om Nanjing med jämna mellanrum. Under perioden 1993-1996 skedde minst en kraftig tornado om året i detta område. Antalet dödade var 4-25 personer vid varje naturkatastrof men ingen tornado drog så långt in i landet som till Nanjing (The Tornado Project 2, 2000).

Översvämning

Stora delar av Jiangsu består av Yangtze-flodens deltaområde, och är mycket låglänta. När floden svämmar över ger detta svåra konsekvenser i stora områden. Oftast sker dock de kraftigaste översvämningarna i flodens övre och mellanliggande partier, men det händer att även Nanjing drabbas. Mindre översvämningar är ganska vanliga, och även om de inte leder till omfattande skador och dödsfall ställer de till stora problem i staden (Cheng & Wang, 2008). Den svåraste översvämningen inträffade 1931, när Yangtze-floden översvämmades kraftigt. Vattendjupet steg till flera meter över normalnivå, och Nanjing drabbades svårt. Denna händelse krävde uppemot 4 miljoner liv i och omkring de översvämmade områdena i Kina, och räknas som en av världens värsta naturkatastrofer (CBCNews, 2008). Många drunknade i vattenmassorna, och många dog av de sjukdomar som spreds, främst i form av kolera och tyfus. Det har även på senare tid inträffat stora översvämningar som drabbat Jiangsu och Nanjing. Exempel är år 1991 då 1724 människor dog och 210 miljoner i hela Kina påverkades och år 2003 då 430 personer dog och 150 miljoner påverkades (EMDAT 1, 2008). Under senare år har Nanjing drabbats av översvämningar nästan varje sommar, i samband med kraftigare skyfall. (Cheng & Wang, 2008)

Övrigt

Torka har drabbat Jiangsu-provinsen vid flera tillfällen. Den stora översvämningen 1931 föregicks av flera år med torka. Under juni 1988 uteblev monsunregnen till viss

del, vilket medförde torka i regionen. 1400 människor dog, och 49 miljoner påverkades. Likaså drabbades man av torka 1995, denna gång under våren, och över 6 miljoner människor påverkades (EMDAT 1, 2008).

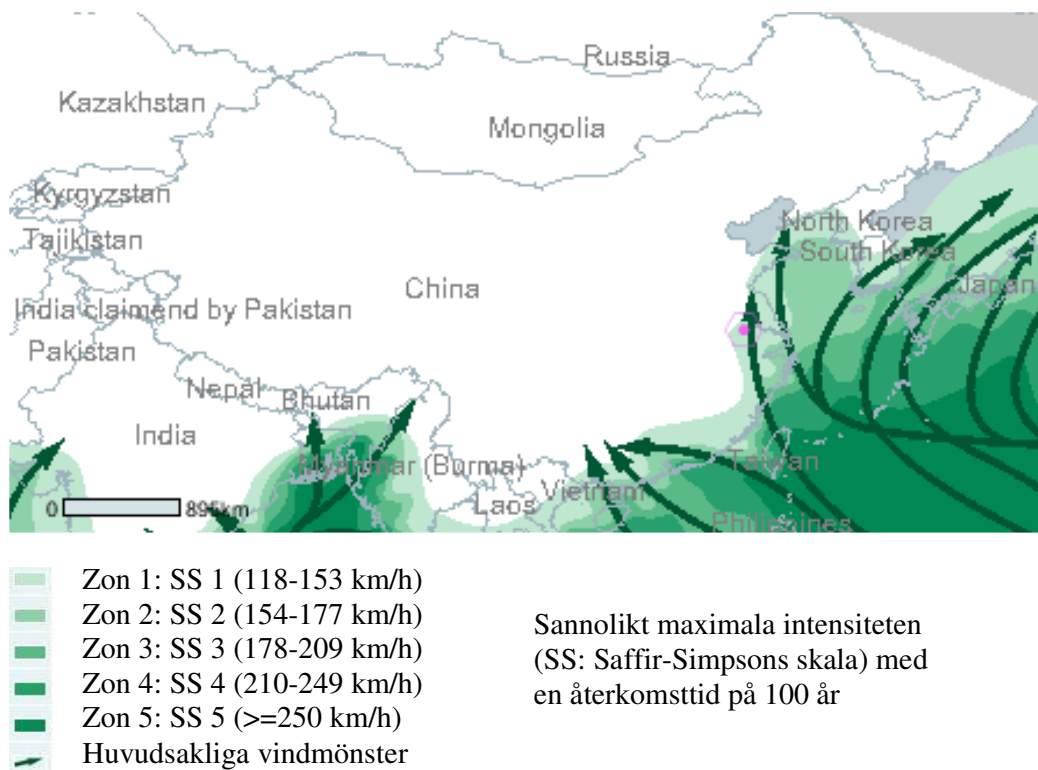
Genom Jiangsu, där Nanjing ligger, går en förkastning mellan kontinentalplattor vilket medför att jordbävningar förekommer i området. Regionen har varit förskonad från svårare jordbävningar, men 1979 inträffade en som mätte 5,5 på Richterskalan, vilken dödade 41 personer och påverkade över 2 000 (USGS, 2008).

4.2.3 Dagens riskbild

I detta avsnitt kommer en riskbild över dagens situation i regionen att presenteras.

NATHAN

Verktöget NATHAN (Munich Re 1, 2008) visar kartbilder där den valda lokaliseringen markeras med en rosa markör. I nedanstående bilder beskrivs risker orsakade av cyklon, översvämning och tornado.



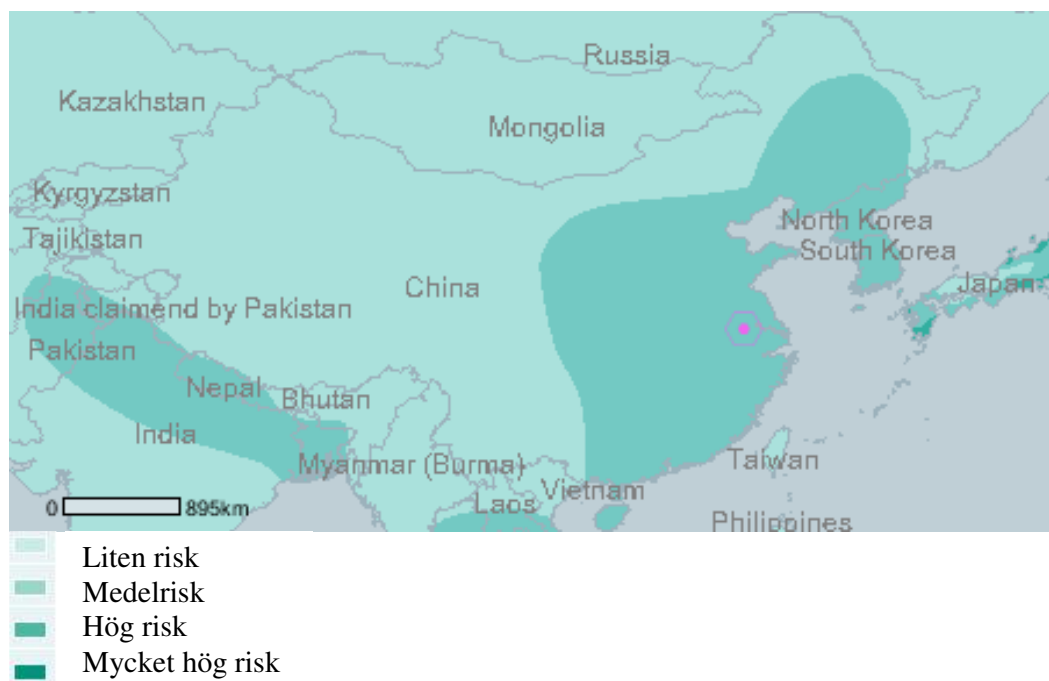
Figur 21: Riskbilden över Nanjing med avseende på cykloner (Källa: Munich Re 1, 2008)

Cyklon: Nanjing ligger i ett område som graderas till zon 1, kategori 1 enligt Saffir-Simpsons skala, se *figur 21*. Detta innebär att vindhastigheter på 118-153 km/h har en återkomsttid på 100 år i regionen, vilket markeras med den ljusaste gröna färgen i bilden. Risken för allvarliga cykloner kan enligt NATHAN därmed utläsas vara relativt liten. Dock ligger området i nära anslutning till de vindmönster med högre hastigheter som passerar Stilla Havet norrut mot Syd- och Nordkorea. I de mörkaste gröna områdena uppgår vindhastigheter med 100 års återkomsttid till 250 km/h. Pilarna markerar de mönster som vindarna allmänt följer. Utanför Jiangsus kust blåser vindarna oftast från sydost och fortskrider nästan rakt norrut. På bilden framstår det som att vindmönstren går igenom Nanjing, vilket dock är en förvrängning beroende på kartans skala. Dessa mönster går egentligen längre ut från kusten.



Figur 22: Riskbilden över Nanjing med avseende på översvämning genom stormflod, markerad med blå streckad linje (Källa: Munich Re 1, 2008)

Översvämning: Nanjing ligger inte i direkt anslutning till kusten, vilket innebär att risken för översvämning från havet är mycket liten. Utmed kusten förekommer det dock stormfloder såsom *figur 22* visar. De risker för översvämning som Nanjing utsätts för kommer främst från större nederbördsmängder.

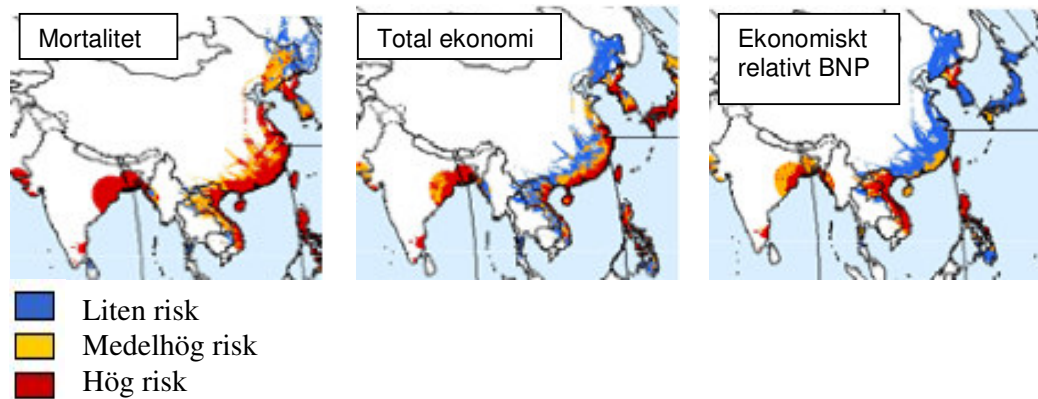


Figur 23: Riskbilden över Nanjing med avseende på tornados (Källa: Munich Re 1, 2008)

Tornado: Risken för tornado i Nanjing och hela östra Kina uppgår till nivå 2, vilket ger en medelhög risk, se *figur 23*. Samma risknivå utsätts exempelvis Skåne för enligt NATHAN. På grund av att information från Kina är bristfällig har tornados inte registrerats i någon större utsträckning i detta område.

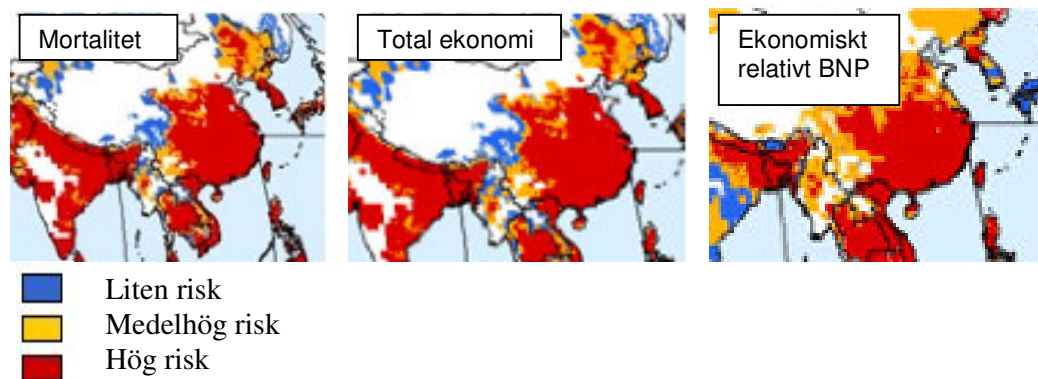
Hotspots, World Bank

Världsbankens verktyg Hotspots (World Bank 2, 2008) ger bilder där risker med avseende på olika naturkatastrofer relativt andra områden på jorden presenteras.



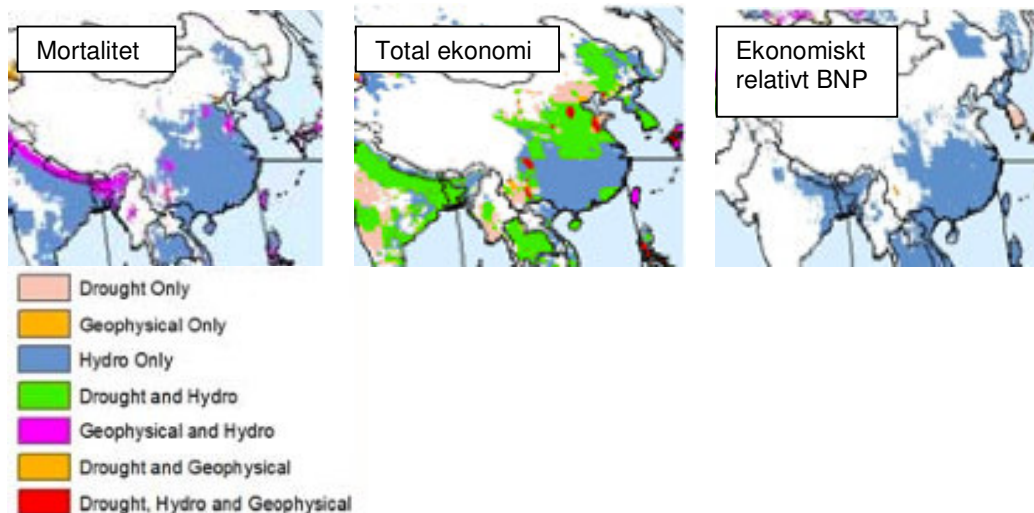
Figur 24: Relativ risk för cykloner i Kina (Källa: World Bank 2, 2008)

Cyklon: Med mortalitet som måttenhet graderas tropiska cykloner som en allvarlig risk relativt övriga världen, se *figur 24*. Längre inåt landet från kusten minskar risken. Nanjing ligger på gränsen mellan gult och rött på denna bild. Sett till ekonomiska konsekvenser graderas risken lite lägre jämfört med övriga världen, men är fortfarande påtaglig. Slutligen med ekonomiska förluster i relation till BNP blir risken ännu lite mindre.



Figur 25: Relativ risk för översvämning i Kina (Källa: World Bank 2, 2008)

Översvämning: Översvämningar utgör en hög relativ risk i nästan hela östra Kina, i alla de fallen som Hotspots presenterar i *figur 25*. Både mätt i ekonomiska termer och mortalitet ligger Nanjing inom ett stort riskområde. Detta visar att det inte är enbart kustområdet som är sårbart, utan att även större områden är utsatta för risk. Vidare ger det bilden att det därmed förmodligen inte bara är fattiga som drabbas utan att även i större områden kommer robustheten i bättre faciliteter ta skada.



Figur 26: Riskområden för olika typer av naturkatastrofer i Kina (Källa: World Bank 2, 2008)

Naturkatastrofer: Med avseende på mortalitet är det framförallt hydrologiska naturkatastrofer, såsom översvämning, som ger stora konsekvenser relativt övriga världen. Detta gäller även ekonomiska konsekvenser relaterat till BNP. Däremot visar det rent ekonomiska måttet att även torka kan medföra stora konsekvenser i Nanjings omnejd, se *figur 26*.

Sammanfattning av dagens riskbild

Resultatet pekar på att den största risken för naturkatastrofer utgörs av översvämningar. I Nanjings fall har översvämningarna främst sitt ursprung från nederbörd från monsunerna samt översvämningar i floderna eller en kombination av båda dessa. Detta kan inte Nathan påvisa på ett tydligt sätt eftersom det inte finns en separat riskbedömning för översvämningar som inte påverkas av stormfloder. Endast genom att se till Världsbankens bedömningar kan det inte heller utläsas om risken just för översvämning är stor, då den bara relaterar till övriga världen och inte andra riskkällor. Genom att se till historiska händelser kan dock konsekvenser orsakade av översvämningar jämföras med andra naturkatastrofer, vilket tydliggör att dessa historiskt har medfört störst konsekvenser. Relativt andra mycket utsatta områden som Bangladesh och Indiens östkust så omfattas Nanjing av samma riskbild, vilket är ett tydligt tecken på att översvämning är ett allvarligt problem. Detta bekräftas även av den sammanställande bilden över risker för naturkatastrofer från Hotspots, se *figur 26*. Samma bild ges även av representanter för ett av Kinas forskningscenter, *Research Center on Flood and Drought Disaster Reduction*, vilka kontaktats, se bilaga A. Dessa bekräftar att staden Nanjing främst utsätts för konsekvenser från översvämningar, orsakade av kraftig nederbörd antingen över staden eller över flodens stora uppsamlingsområde. Likaså är staden lågt belägen i förhållande till de höga vattennivåer som kan uppstå, varför vatten svämmar över i stadsområdet. Staden har drabbats av svåra översvämningar mer än 240 gånger sedan år 190 f Kr, och 21 gånger under 1900-talet (Cheng & Wang, 2008).

Vidare så bidrar även tropiska cykloner till en ökning av riskbilden, framförallt med avseende på mortalitet men även ur ekonomiskt perspektiv. Att döma av Hotspots så blir ekonomiska effekter märkbara i ungefär samma storleksordning som mortalitet. Detta tyder på att områden som drabbas inte bara präglas av slum och fattigdom utan

säkerligen även består av en stor andel produktionsområden. Nanjing ligger en bit ifrån kusten, vilket ger ett visst skydd mot de kraftigaste vindarna. Hela regionen Jiangsu har drabbats av sex större cykloner under de senaste 20 åren (EMDAT 1, 2008). Samma sak tyder svaren från representanter från det kinesiska forskningscentret på. Enligt dem drabbas staden så gott som årligen av tropiska cykloner, och att den största faran dessa medför är plötslig och kraftig nederbörd. När dessa inträffar, orsakas stora översvämningar i staden (Cheng & Wang, 2008).

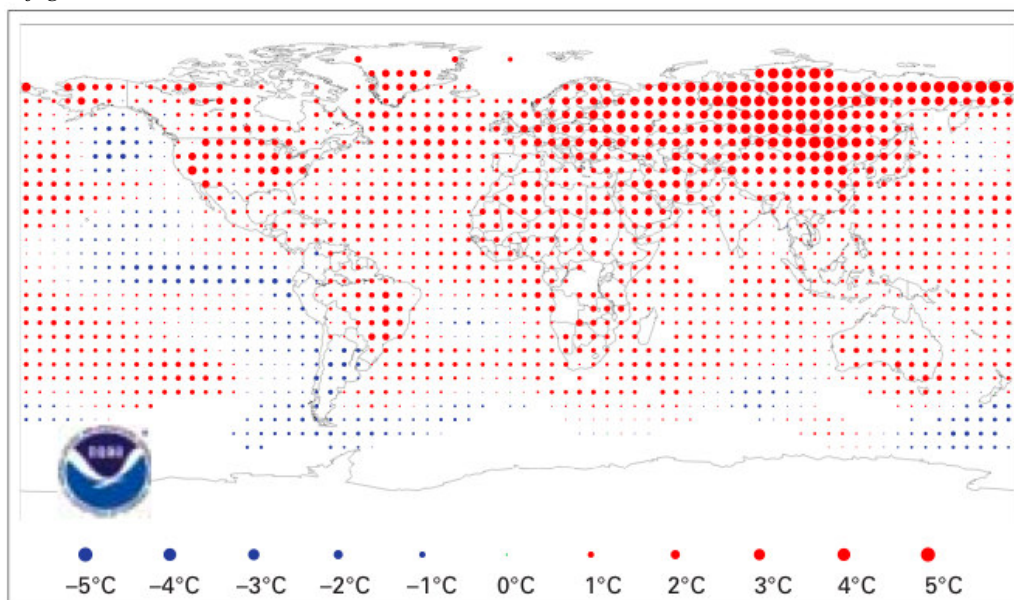
Riskbilden för tornados är på en medelnivå. I provinsen Jiangsu har tornados med dödlig utgång inträffat med tidsintervall på mellan två och tre år de senaste 20 åren. Dessa har dock i stor utsträckning inträffat vid kustområdet och inte påverkat Nanjing nämnvärt. Detta har därmed heller inte inverkat på företagsverksamheten i staden (The Tornado Project 2, 2000).

4.2.4 Framtida tendenser

I detta avsnitt kommer klimatets framtida tendenser i Nanjing att behandlas. Interpoleringar och extrapoleringar redovisas i bilaga C.

Atmosfär

Mätningar av temperaturer i världen har gjorts under nästan hela 1900-talet i analytiskt syfte men det är framförallt perioden från 1950-talet fram tills idag som analyserna baseras på. Det är även under denna period som klimatförändringarna har varit som tydligast i modern tid. Enligt Munich Re har medeltemperaturen i Nanjing år 2007 stigit 1-2°C i jämförelse med medeltemperaturen under perioden 1961-1990, se figur 27.



Figur 27: Globala medeltemperaturförändringen 2007 relativt medeltemperaturen under perioden 1961-1990 (Källa: Munich Re 2, 2007).

Som framgår av figuren har temperaturen stigit över nästan hela jorden, kraftigast över landområden på norra halvklotet. Enligt rapporten *China's National Climate Change Programme* (NDRC, 2007) har medeltemperaturen i Kina ökat drygt 0,8°C nationellt sedan början på 1900-talet. De menar dock att den största temperaturökningen har skett de senaste 50 åren.

Skillnaden mellan denna ökning och den lite större ökningen av medeltemperaturen som Munich Re presenterar kan förklaras med de olika storlekarna på de geografiska områden som har undersökts. Munich Re analyserar ett större område men delar vid redovisningen upp resultatet regionalt, och NDRC redovisar sitt resultat nationellt. Med tanke på storleken på landet och de olika klimatförhållanden som råder i landet så blir genomsnittet olika ur regionalt och nationellt perspektiv. Även om dessa värden inte kan tolkas som exakta så tyder resultaten ovan på att temperaturförändringen har accelererat under den andra hälften av 1900-talet. Detta är en tendens som avspeglar sig i vidare analyser om utvecklingen.

En studie utförd av Chinese Climate Center, CCC, år 1999 analyserar temperaturförändringen och visar resultat som pekar på att till år 2020 kommer

temperaturen stiga med 0,80°C i ett worst-case scenario. Vidare visar studiens resultat på en ökning med 1,85°C till år 2050, vilket tydliggörs i *tabell 2* nedan. Temperaturökningarna är relativt genomsnittet under perioden 1987-1996 (Chaoying et al, 1999).

Year	2000	2010	2020	2030	2050
Temperature change: highest value	0.30	0.50	0.80	1.20	1.85
Best value	0.20	0.35	0.65	0.88	1.40
Lowest value	0.10	0.25	0.50	0.60	1.00

Tabell 2: Beskriver en eventuell temperaturförändring i framtiden (Källa: Chaoying et al 1999)

Andra analyser genomförda på den kinesiska regeringens begäran har gett resultatet att medeltemperaturen kommer att öka med 1,3-2,1°C till år 2020 i jämförelse med år 2000. Samma analys anser att temperaturen kommer öka ytterligare till år 2050 och då uppgå till en medeltemperatur som är 2,3-3,3°C varmare än år 2000. Forskarna menar att landets storlek och varierande klimat kommer att påverkas, så att olika delar av landet kommer att ha olika utveckling av medeltemperaturen. Den norra delen av landet kommer att öka i temperatur snabbare än den södra delen (NRDC, 2007).

Enligt IPCC:s simuleringar av temperaturutvecklingen under 2000-talet blev resultatet av scenariot enligt A2-kategorin att medeltemperaturen i området kring Nanjing kommer att stiga 2-4°C. Detta baseras på medeltemperaturen under en 10-årsperiod (2090-2099), i jämförelse med medeltemperaturen 1980-1989. Scenario i B1-kategorin visar på en något lägre temperaturökning, med ca 1,5-2°C under samma tidsrymd (IPCC AR4, 2007).

Värdena som dessa tre analyser har resulterat i stämmer relativt väl överens. De använder flera olika tidsintervall vilket gör dem svåra att jämföra rakt av, eftersom modellerna sällan har en linjär utvecklingskurva. Då tendenserna verkar gå mot att temperaturökningen kommer att accelerera snarare än att retardera kan resultaten tolkas såsom att IPCC och CCC redovisar mer konservativa värden än NRDC. Förutom skillnaderna i tidsintervall, så följer de nationella forskarna inte exakt de givna ramarna för scenarier av klimatutveckling som IPCC anger som grund. Vidare så pekar skillnaderna ur ett nationellt perspektiv mot att Nanjing och områden vidare norrut i landet har en snabbare temperaturförändring än de sydvästra delarna. Om en temperaturförändring för år 2040 interpoleras på enklaste vis, ges resultatet 0,58-1,85°C i temperaturökning, se bilaga C. Detta resulterar i ett medelvärde på 1,19°C i temperaturökning.

Hav

Temperaturökningen sker även i havet; under de senaste 50 åren har havsytans temperatur stigit med 0,5°C (Munich Re 2, 2007). Nanjing ligger inte vid kusten utan påverkas främst av havstemperaturförändringens konsekvenser genom Yangtze-floden som rinner genom staden. Från 1960-talet syns det tydliga samband mellan temperaturväxlingar och flodens flöden. När temperaturen har ökat har även flodens flöde och antalet översvämningar ökat. Detta är dock ett indirekt samband, då den ökande havstemperaturen leder till kraftigare nederbörd över land, med större flöde i

floderna som följd. Vidare konstaterar man att med klimatförändringar som sker, kommer denna trend sannolikt att fortsätta, med fler översvämningar till följd av en stigande temperatur (Jiang & Zhang, 2004). Någon kvantifiering ger sig dessa forskare inte in på, men en bedömning av konsekvenserna som temperaturökningen och andra tendenser kan medföra i framtiden redogörs för senare i detta kapitel.

Om havens temperatur höjs, expanderar vattnet vilket får till följd att havsnivån stiger. Denna process påverkas av flera andra processer, till exempel att även smältvatten från polarisarna höjer havsnivån. Under de senaste åren har havsnivån vid Kinas östra kust stigit med ca 2,5 mm per år vilket är lite högre än genomsnittet (NDRC, 2007). Skulle denna ökning fortskrida skulle det resultera i att havsnivån skulle stiga ca 1 dm till år 2050. Sker den utvecklingen linjärt kommer havsnivåhöjningen vara 7,5 cm till år 2040. Detta kan jämföras med IPCC:s rapport vars prognos ger en havsnivåhöjning på 0,18-0,59 m fram till år 2100 (IPCC AR4, 2007). Enligt en australiensisk forskargrupp, *CSIRO Marine and Atmospheric Research*, kommer havsnivån att stiga 0,07-0,19 m fram till år 2040 och 0,14-0,40 m till år 2100, om A2-scenariot används som utgångspunkt. Detta är en utveckling av IPCC:s framtidsanalyser, med skillnaden att de delar in framtidsscenariot i flera steg under 2000-talet (CMAR, 2008). Ytterligare en annan uppskattning av havsnivåhöjningen beräknar den till 0,5 m till år 2050 (De Sherbinin et al, 2007). Om ett medelvärde beräknas från intervallet 0,07-0,19 m blir havsnivåhöjningen 0,13 m fram till år 2040.

Nederbörd

Årsnederbördens totala mängd på 400-1600 mm orsakar generellt sett inte några större problem. Det är främst de stora mängderna som kommer under kortare tidsperioder under monsunperioden som medför problem. Enligt IPCC:s fjärde rapport så kommer nederbördens totala mängd inte öka mer än maximalt 5 % under 2000-talet (IPCC AR4, 2007). Enligt NDRC:s rapport, så kommer utvecklingen att bli mer markant. I rapporten redovisas en ökning med 2-3 % till år 2020 och ytterligare en ökning på 3-7 % till år 2050. Dessa värden är relaterade till den genomsnittliga nederbördsmängden vid år 2000 (NRDC, 2007). Vidare hävdas att den betydande skillnaden inte kommer vara nederbördsökningen i sig utan den ökade frekvensen av kraftigare regn, vilket understryker det tidigare påståendet. Att denna frekvens ökat är en tendens som pågått de senaste 50 åren (ibid.). Dessa värden är i stort sett överensstämmande med dem som redovisas i den studie som genomfördes av *Chinese Climate Center* 1999, vilka visas i tabell 3 nedan (Chaoying et al, 1999). Värdena står i relation till medelvärdet för 1987-1996.

Year	2000	2010	2020	2030	2050
Precipitation change_highest value	1.5	2.0	3.0	4.0	6.5
Best value	0.6	1.1	1.9	2.6	4.2
Lowest value	0.3	0.7	1.2	2.0	3.0

Tabell 3: En eventuell framtida nederbördsförändring i procent (Källa: Chaoying et al, 1999)

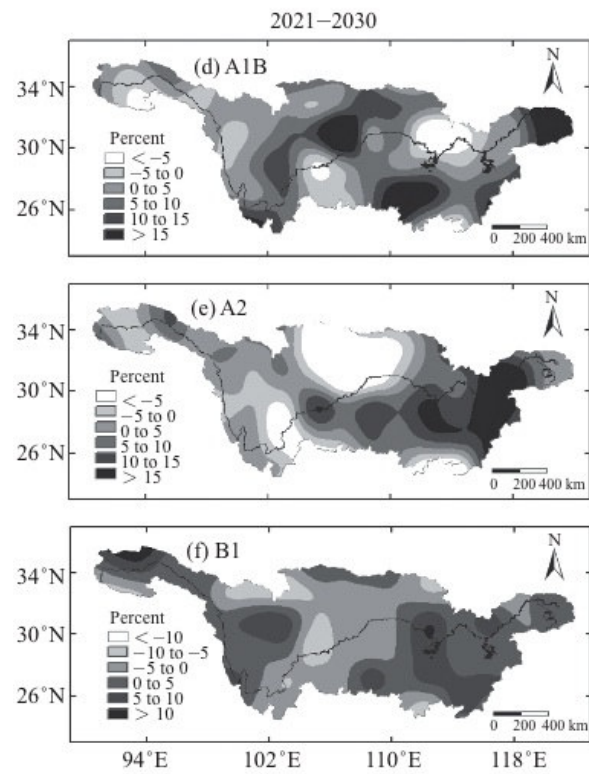
Temperaturförändringen påverkar även avdunstningen, en temperaturökning med 1°C kan leda till ca 10-15 % ökad avdunstning (Chaoying et al 1999). Detta blir ett problem i Nanjing även då man ser till sådana förhållanden som främst skulle gynna vätskebalansen. Inte ens under förutsättningen att den minsta av de förutspådda temperaturökningarna (1°C) och den maximala nederbördsökningen (6,5 %) infrias (även om den kombinationen inte är så trolig) så kommer nederbördsbalansen ej att ge ett positivt utfall, eftersom nederbördsökningen inte kommer kunna kompensera för allt som avdunstar.

Förändringarna uppträder som tidigare nämnts på olika vis i olika delar av landet. För de östra delarna av landet, där Nanjing är beläget, pekar trenderna på en ökning av framför allt de extrema nederbördstillfällena. Interpacific Research Center beskriver i artikeln *Observed trends in extreme precipitation events in China during 1961–2001 and the associated changes in large-scale circulation* att trender från 1960-talet visar på att de extrema nederbördstillfällena ökar under sommarmonsunerna, med ungefär 10-20 % per 10 år i östra Kina (Wang & Zhou, 2005). Om Wang och Zhous (2005) resultat tolkas som trender kan de extrapoleras. Beräkningarna ger resultatet att till år 2040 kommer de största nederbördstillfällena att öka med ca 33-73 %, se bilaga C.

Det finns vidare forskning som pekar på att stora nederbördsmängder återkommer allt oftare. Nederbördstillfällena som på 50-talet ansågs ha en återkomsttid på 50 år fram till 1990-talet har ökat så att samma nederbördsmängder nu har 25 års återkomsttid (Feng et al, 2007:607). Skulle detta tolkas som en trend kommer nederbördstillfällena som har 50 års återkomsttid i början av 2000-talet beräknas få halverad återkomsttid till år 2040. Det poängteras dock att osäkerheten är stor när så ovanliga händelser som sådana som har en återkomsttid på 50 år analyseras.

Även om förändringen av nederbördsmängdernas extremer inte har uppnått signifikans, har flera andra analyser av framtida scenarier gjorts (Yihui et al, 2007:4). Resultatet av en analys baserad på de utsläppsscenarier som IPCC framtagit visas i figur 28 nedan. Denna analys visar att beroende på hur en framtida utsläppssituation kommer att se ut, kommer nederbördsextremerna att variera. Figuren visar förändringen av den dagliga maximala nederbördsmängdens förändring till 2020-talet, i jämförelse med genomsnittet 1961-1990. Figuren visar att ifall utsläppen skulle följa IPCC:s scenario A2 skulle en ökning av den dagliga maximala nederbördsmängden med över 15 % vara tänkbar. Detta stämmer relativt väl överens med de tendenser Wang och Zhou visar. Skulle däremot scenario B1 bli verklighet leder detta inte nödvändigtvis till någon ökning av extremerna. Vidare understryks dock att variationen kommer att vara stor under denna utveckling (Zang et al, 2008).

Perioden då störst nederbörd kommer är under monsunperioden, där juli är den månad då det regnar mest. I genomsnitt kommer det 188 mm regn under månaden fördelat på i genomsnitt 13 tillfällen (WWIS 2, 2008). För att få perspektiv på denna mängd kan den jämföras med Mumbai, Indien där det regnar mer än 4,5 gånger denna mängd under samma period (WWIS 1, 2008).



Figur 28: Framtida utveckling av nederbördsextremer under 2020-talet relativt 1961-1990 med avseende på IPCC:s olika utsläppsscenarier (Källa: Zang et al, 2008:35)

4.2.5 Framtida riskbild

De klimatfaktorer som beskrivits i föregående avsnitt är alla mer eller mindre avgörande komponenter för uppkomsten och omfattningen av de undersökta naturfenomenen. I detta avsnitt görs en analys av hur naturfenomenens uppträdande kan komma att förändras i framtiden med de givna klimatförändringarna. Om resultaten av tendenser och forskning sammanfattas så är följande utveckling att vänta i Nanjing-regionen:

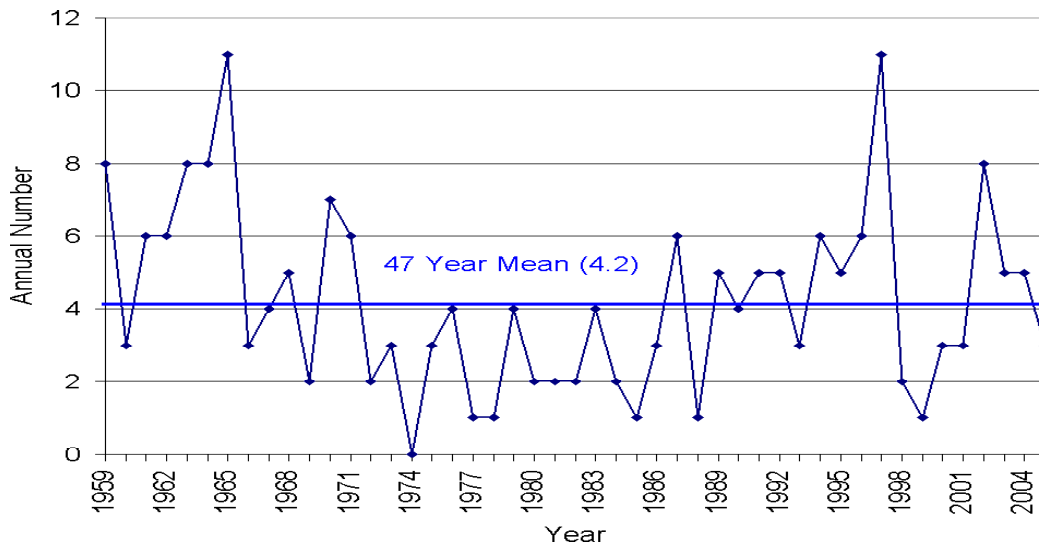
- Temperaturen stiger med 1,19°C till år 2040, vilket innebär en nästan dubbelt så snabb ökning som under föregående århundrade.
- Havsnivån beräknas att stiga med 0,13 m fram till år 2040, vilket innebär mer än dubbel hastighet jämfört med de senaste 50 åren.
- Antalet mycket stora nederbördstillfällen per år ökar med 33-73 % till år 2040.
- Nederbördstillfällen som har 50 års återkomsttid i början av 2000-talet beräknas få halverad återkomsttid till år 2040.
- Den dagliga maximala nederbördsmängden kommer att öka med över 15 % till 2020-talet förutsatt en utveckling enligt A2-scenario.

Resultatet pekar mot att Nanjing kommer att utsättas för ökande temperaturer. Tendenserna tyder på en fördubbling av temperaturens ökningstakt. Detta kommer att medföra att havsnivåns ökning följer ett liknande utvecklingsmönster. Nederbördens mönster förändras dock inte i lika snabb takt men går mot att nederbörden kommer mer sällan men kraftigare.

Cyklon

Kinas kust är utsatt för en relativt hög risk för kraftiga cykloner, främst orkaner (tyfoner) med vindhastigheter på upp till 300 km/h. Temperaturen i havet utanför den östra kusten är tillräckligt hög för att kunna orsaka kraftiga cykloner hela perioden från april till november. Det är dock främst under monsunperioden, mellan juni och september, som dessa uppstår. I genomsnitt drar cirka sju kraftiga cykloner per år in över denna kust. Det faktum att dessa ofta minskar i styrka när de kommer in över land medför att Nanjing är relativt väl skyddat genom avståndet till havet.

Antalet kraftiga cykloner, supertyfoner i kategori 5 enligt Saffir-Simpsons skala, som inträffat längs den östra kusten och i havet utanför har inte ökat markant under 1900-talet, vilket framgår i *figur 29*. Däremot har styrkan på cyklonerna tenderat till att bli starkare (Munich Re 3, 2007).



Figur 29: Antalet kraftiga cykloner, supertyfoner, utanför Kinas kust från 1959-2005 (Källa: NMFC, 2006)

Figuren visar att det i genomsnitt inträffar 4,2 supertyfoner per år och denna låga siffra är en bidragande orsak till varför framtidstendenser är så svåra att urskilja. Detta då det är svårt att skilja på naturlig variation och klimatförändringspåverkan. Vidare så är cyklonerna som mest aktiva ute till havs där övervakningen är svårare att hålla kontinuerlig.

En uppskattning är att till år 2070 kommer de cykloner som idag uppträder med 100 års återkomsttid att öka med 10 % (Nicholls et al, 2008:46). Om de vindhastigheter som angetts tidigare, 153 km/h med 100 års återkomsttid skulle öka med 10 % till år 2070 skulle det resultera i att 100-års-cyklonerna får en styrka på 168 km/h. Denna vindstyrka är fortfarande relativt låg. En artikel av Elsner, Kossin och Jagger (2008) presenterar ett eventuellt samband som innebär att 1,0°C temperaturökning vid havsytan skulle innebära en ökning i frekvens med 31 % av de kraftigaste cyklonerna. Detta är dock svårt att applicera på Nanjing då frekvensen på dessa cykloner är mycket låg.

Tornado

Tornados är på grund av de fysiska förutsättningarna ovanliga omkring Nanjing, varför forskning och analyser av utvecklingen av detta fenomen förekommer sparsamt. Data och information saknas i stor grad, men det går inte att utesluta att tornados drar in över området, varför det utgör en risk. Detta är dock något som inte direkt bedöms inverka på riskbilden för området.

Översvämning

Ovanstående resultat visar att nederbörden sannolikt kommer öka i form av kraftigare regn. Detta kommer i sig att utgöra en allt större risk för Nanjing, som redan idag har problem att dränera undan vattnet vid kraftiga regn. Vidare kommer ökande nederbörd, både över Nanjing och över andra områden, ytterligare göra de risker Yangtze-floden medför större, på grund av att floden har stora uppsamlingsområden vilka samlar nederbörden och för den nedströms mot Nanjing. Det konstateras att från 1960 har nederbörden visat en ökande trend under sommarmånaderna juni och juli, speciellt i flodens nedre regioner, vilket innefattar Nanjing. Ökningen har skett i form

av fler tillfällen med kraftig nederbörd, på bekostnad av tillfällen med mindre nederbörd. Detta har stor betydelse för flodens flöde och översvämningar, och likaväl visar statistik över flodens flöde att dessa tillfällen har ökat under de senaste 40 åren (Jiang et al, 2008).

Chuan och Jun vid Nanjings hydrologiska institut har genomfört en studie där man undersökt den nedre delen av Yangtze-flodens flöde under de senaste 20 åren. Dessa konstaterar att tillfällen när floden når sitt maximala årliga flöde har blivit fler, liksom medelvärdet för det högsta årliga flödet. Dessa ökningarna motiverar man dock inte endast med klimatologiska skäl, utan anser även att fysiska förändringar utförda högre upp längs floden skulle vara en anledning. Förändringar såsom exempelvis bättre invallning och minskning av sjöarnas volym, bidrar till att större volymer vatten transporteras i floden (Chuan & Jun 2003). Denna typ av förändring kommer med största sannolik öka då varje lokalt samhälle försöker öka den egna robustheten mot egna översvämningar när risken ökar.

Tendenserna tyder alltså på att översvämningarna kommer att öka. Redan idag sker det översvämningar mer frekvent under monsunperioderna juni till september. Med tanke på att det kan komma att ske en ökning av mängden nederbörd vid de stora nederbördstillfällena kommer då säkerligen även översvämningarna att bli värre. Detta är en bild som även kontakter med representanter i Kina tillstyrker (Cheng & Wang, 2008).

4.2.6 Konkretisering av riskbild: Nanjings hamn

I detta avsnitt kommer att redogöras för ett exempel på hur modellens resultat kan appliceras på ett verkligt, sårbart och ur företagsperspektiv viktigt objekt. På detta objekt appliceras både den riskbild som bedöms finnas idag, samt den riskbild som bedöms kunna uppstå i framtiden. Därefter analyseras de sannolikheter och konsekvenser som bedöms föreligga för objektet. Exemplet i detta fall utgörs av hamnen i Nanjing, vilken bedöms kunna utgöra ett talande exempel på hur naturfenomenen kan ha inverkan, idag och i framtiden. I detta fall är hamnen ett passande objekt, då ingen specifik verksamhet analyseras, och hamnen då får representera ett värde som är viktigt för många typer av verksamheter. Hamnen är viktig ur både import-, export- och transportsyfte vilket de flesta verksamheter i någon mån är beroende av.

Bakgrund hamnen

Nanjings hamn är Kinas största inlandshamn, och en av landets 25 största hamnar (Nanjing International 2, 2007). Hamnen är under kontinuerlig utbyggnad. 2007 stod den tredje etappen av sju färdig, och man hanterade samma år över 1 miljon containers (Nanjing International 3, 2008). Hamnen har 65 kajplatser, varav 16 kan ta emot fartyg på över 10 000 ton, och hamnen kan även ta emot fartyg på upp till 25 000 ton. Såväl olja som containers och styckegods hanteras i hamnen, som sträcker sig längs nästan 10 km av Yangtze-floden och upptar en landyta över 1 km inåt land. (JNDZ, 2008). När nästa etapp av hamnutbyggnaden står klar 2010 kommer vattendjupet ha ökats till 12,5 m, vilket medger att fartyg på 50 000 ton kommer att kunna angöra hamnen. Förhoppningar är att därmed kunna fördubbla kapaciteten och mängden hanterat gods (Nanjing International 2, 2007).

Nanjings läge som en inlandshamn gör att det främst är översvämningar som utgör en risk för hamnen. Även cykloner utgör en risk, dock främst genom sitt bidrag till översvämningar genom kraftig nederbörd. Nedan följer en systematisk inventering av dessa risker.

Riskanalys

Riskanalysen redovisas i två matriser som beskriver vilka händelser hamnen kan utsättas för, samt vilka sannolikheter som föreligger och vilka konsekvenser händelserna kan medföra.

Dagens riskbild

	Händelse	Sannolikhet	Konsekvens
Cyklon	En cyklon med starka vindar drabbar staden och hamnen.	Med sitt läge en bit in i landet är Nanjing inte allvarligt utsatt för cykloner, men de förekommer. Staden drabbas i genomsnitt av en eller två cykloner varje år under monsunperioden.	För stadens hamn är det främst de konsekvenser i form av nederbörd som cyklonerna för med sig som utgör en risk, se nedan om översvämningar.
Tornado	Hamnen skadas och/eller stängs pga. en tornado.	Hela provinsen Jiangsu graderas till nivå två på den fyra-gradiga skalan för tornadorisk. Dock ligger Nanjing så pass skyddat inne i landet att sannolikheten att en tornado ska drabba hamnen anses som liten.	Skulle en tornado drabba hamnen, skulle detta med stor säkerhet föra med sig svåra konsekvenser. Fartyg inne i hamnen skulle skadas, med utsläpp och förstörelse som följder. Vidare skulle en stor del av infrastrukturen på land också skadas, såsom kranar, lagerbyggnader osv. Det kan bli förödande för hamnens verksamhet.
Över-svämning	Någon av floderna genom staden svämmar över eller kraftiga regn över staden medför översvämningar.	Nanjing har drabbats av allvarliga översvämningar med ett par års mellanrum under 1900-talet. De flesta av dessa beror på att floden svämmat över, men några av dem har uppkommit då cykloner medfört kraftiga regn som inte stadens avrinningssystem kunnat klara av. Stadens, och hamnens låga läge gör dem sannolika att drabbas av dessa översvämningar. Under senare år har även antalet översvämningar ökat, från en per fem-årsperiod före 1990 till tre per femårsperiod därefter. Denna ökning är dock inte statistiskt fastställd (Cheng & Wang, 2008).	Den omedelbara konsekvensen en översvämning medför är att hamnen måste stängas, för att därigenom skydda stadskärnans skyddsvallar. Stiger vattnet ytterligare högre kan det göra hamnen obrukbar, och skada de fartyg som ligger där. Stiger vattnet över 100-årsnivån, vilket är vad skyddsvallarna är dimensionerade för att klara av, kommer stora delar av staden som är lägre belägna att översvämmas.

Framtida förändringar

	Händelse	Sannolikhet	Konsekvens
Cyklon	Färre cykloner, men med större vindstyrka drabbar staden och hamnen.	Om utvecklingen i Nanjing följer den som kan väntas på andra håll, kommer det vara sannolikt med färre cyklontillfällen än idag.	För Nanjings hamn kommer det i första hand inte vara cyklonerna, utan nederbörden de medför, som kommer att utgöra en risk och ge konsekvenser.
Tornado	Fler och/eller kraftigare tornados drabbar staden och hamnen.	Sannolikheten för detta bedöms vara så liten att även om en framtida ökning sker, är sannolikheten fortfarande så liten att den inte påverkar riskbilden märkbart.	Att fler och/eller kraftigare tornados drabbar hamnen skulle kunna få förödande konsekvenser, med tanke på den förstörelse de medför.
Över-svämning	Hamnen drabbas oftare av över-svämning, och/eller av kraftigare översvämningar.	Mycket tyder på att nederbördstillfällena kommer öka både i omfattning och antal, vilket kommer ge fler översvämningar. Floderna som passerar Nanjing utgör dessutom avrinning för mycket stora upptagningsområden, vilket gör att ökad nederbörd även på andra platser kommer påverka staden.	Stadens översvämningsskydd är dimensionerat för att klara översvämningar med en återkomsttid på 100 år, och beräknas byggas ut för att klara 200-årsnivån till år 2020. Innan dess är staden dock utsatt för de konsekvenser allvarliga översvämningar medför. Exempelvis att hamnen måste stänga och att fartyg kan ta skada, vilka är händelser som kan komma att inträffa oftare i samma takt som översvämningarna.

Summering

Sammanfattningsvis kan konstateras att Nanjings hamn, med sitt läge som inlandshamn, är mest sårbar för översvämningar från floderna. Cykloner kan förekomma, men de risker dessa medför är främst i form av nederbörd. Hamnens långa utbredning längs floden gör att det är en lång sträcka som är exponerad för översvämningar. Fartygen har inte heller någon annanstans att ta vägen, annat än upp eller nedför floden, om hamnen skulle stängas eller göras obrukbar. Vidare blir skydd mot dessa fenomen ofta dyrbara då den sträcka som exponeras mot floden är så stor.

Viktigt att ha i åtanke är att de skilda naturfenomenen inte är separata, åtskilda företeelser utan ofta hänger samman, bidrar till varandras existens och tillväxt och påverkar varandra. Vidare tas i analysen inte heller upp eventuella anpassnings- eller skyddsåtgärder som kan tänkas införas framöver, utöver den planerade utbyggnaden av skyddsvallarna, vilka skulle kunna minska den framtida sårbarheten för naturkatastrofer.

Denna konkretisering av den framtida riskbilden kan utformas för att bli både bredare och mer djupgående, utifrån önskemål och specifikationer från användaren av modellen. I detta fall har genomförandets endast gjorts översiktligt för att klargöra hur detta steg i modellen kan komma att se ut. Med ett mer specificerat objekt kan konkretiseringen göras mer tydlig och djupgående för att passa användarens behov.

4.2.7 Resonemang

Naturkatastrofer inträffar så sällan att alla kvantitativa utlåtanden är osäkra. Det som kan konstateras är att om alla klimatfaktorer ökar så som tidigare avsnitt beskriver med upp till faktor tre, antyder detta att även en motsvarande ökning av naturkatastrofer torde kunna ske. Nederbördstendenserna pekar på en ökning kring 15-70%, vilket har en direkt koppling till cykloner och översvämningar. Detta kan ses som en god indikation på hur naturfenomenen kan komma att utvecklas. En ökning i den skalan till år 2040 skulle kunna vara realistisk, men utan tyngre vetenskaplig grund.

Den globala uppvärmningen kommer med stor sannolikhet leda till att de undersökta naturfenomenens uppträdande kommer att förändras. I Kina verkar man vara relativt väl medveten om detta problem. Städernas katastrofberedskap planeras gemensamt, varför strukturen ser liknande ut på de flesta håll i landet, med väl förberedda planer och styrkor. Om denna planering följs upp och fortskrider i takt med förändringarna torde inte riskbildens förändring påverka etableringsförutsättningarna markant fram till år 2040.

Dock är det svårt att veta hur mycket av den förberedande beredskapen som verkligen görs och hur mycket som enbart påstås göras. Nanjing är med sitt läge som en betydande industristad lokaliserad inne i landet starkt beroende av floden som transportväg. Skulle konsekvenser uppstå i stadens hamn, vilka analyseras ovan, skulle detta kunna få förödande konsekvenser för stadens företagsetableringar.

I samband med de nationella skyddsåtgärderna mot naturkatastrofer kommer Nanjing, med sitt läge vid Yangtze-flodens nedre flöde, att drabbas negativt av de skyddsåtgärder som genomförs längre upp längs floden. När Yangtze, som har ett mycket stort upptagningsområde, vallas in och däms upp längs sitt flöde, kommer flödet öka ju längre nerför floden man kommer. Detta kommer att medföra större påfrestningar på Nanjings skydd.

I nuläget ska staden vara skyddad för översvämningar med 100 års återkomsttid, med planer på att uppgradera skyddet till att klara av 200-årsöversvämningar. Detta kan jämföras med Shanghai, som förvisso ligger vid havet, men har ett skydd som är dimensionerat att motstå påfrestningar från händelser med 1 000 års återkomsttid (Nicholls et al, 2008). Som nämnts tidigare så kommer en återkomsttid som i dagsläget är på 200 år förmodligen inte vara densamma om 10 år. Detta då klimatförändringarna antas medföra att nederbördens extremvärden nederbörden blir allt högre.

Nanjings skyddsåtgärder mot flodens påfrestningar har fått följder inom samhällsplaneringen. Att skyddet utökas är naturligtvis positivt, men det gör även att nya risker uppstår. Då den fysiska säkerheten har stärkts har det fått till följd att områden som tidigare var outnyttjade pga. stora risker, nu kommer utnyttjas till bland annat industriändamål. Om detta nya skydd inte räcker till eller brister, kommer dessa områden drabbas mycket svårt och konsekvenserna kommer att bli större än om dessa områden inte utnyttjats (Cheng & Wang, 2008).

Ett problem som kan komma att påverka Kinas framtida utveckling är jordbrukets konstbevattning. År 2001 konstbevattnades cirka 40 % av jordbruken i landet (Xinhau News Agency, 2001). Då klimatförändringarna kommer att påverka nederbördsdistributionen, med färre men kraftigare nederbördstillfällen så kommer det effektiva nyttjandet av nederbörden bli sämre. Detta kommer i sin tur leda till ännu mindre naturlig bevattning vilket kommer att försämra jordbruksförhållandena. Samtidigt kommer de längre torrperioderna att med stor sannolikhet öka behovet av bevattning. Då jordbruken blir svårare och dyrare att sköta och befolkningen sannolikt större kommer samhällsförhållandena att bli sämre. Med högre priser på mat och vatten som följer av detta kan en nedåtgående spiral få sin början.

Slutligen skall poängteras att vid en etablering av en verksamhet finns det en mängd faktorer som spelar in och som inte behandlas i denna rapport. Naturkatastrofers framtida inverkan är en viktig faktor, men är enbart en av många som måste avgöra lämpligheten för etableringen.

4.3 Osäkerhetsanalys

Ämnet för denna rapport är behäftat med en rad osäkerheter. Likaså är framtagandet av modellen och användandet av den förknippat med ytterligare osäkerheter. För att belysa och tydliggöra dessa osäkerheter, samt i möjligaste mån åskådliggöra vilken validitet och reliabilitet som kan förväntas av resultatet, utförs i detta kapitel en osäkerhetsanalys av rapportens ingående delar.

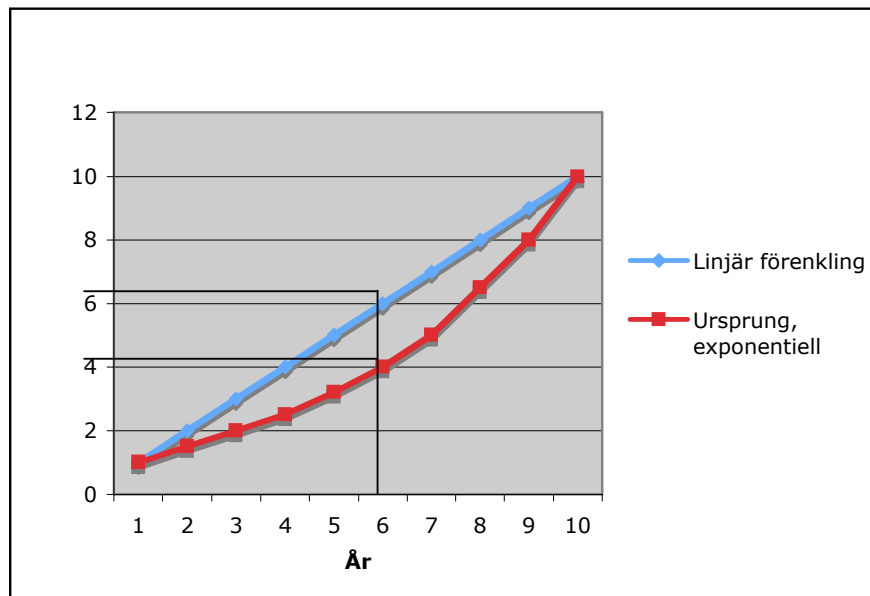
4.3.1 Modellosäkerhet

Angående modellen som konstrueras och används är målet att den ska vara så transparent och lättanvänd som möjligt. För alla resultat som framkommer ska källor och indata redovisas och vid slutsatser ska dessa motiveras. Detta görs så att en senare läsare ska vara medveten om var information, fakta och slutsatser kommer ifrån och vad de baseras på. Här nedan följer en redogörelse för de osäkerheter som kan finnas i modellen. Modellens osäkerheter kommer att fortplantas genom processen då de olika stegen bygger i olika grad på den information som inhämtats i stegen före.

Historiska händelser Historiska händelser rapporteras i olika stor utsträckning och med olika noggrannhet beroende på var i världen de inträffar. Vidare har faktorer som befolkningstäthet, nivå på utveckling samt intresse från omvärlden inverkan på rapporteringen. Särskilt händelser som inte skett under senare tid kan vara förknippade med större osäkerheter, då rapporteringen kring dessa kan vara bristfällig, se avsnittet *Källkritik*. Vidare måste den måttenhet som nyttjas för att beskriva händelsen vara tydligt beskriven. Exempelvis innebär inte att den översvämning som påverkat flest människor är den som även orsakat störst fysiska eller ekonomiska konsekvenser.

Dagens riskbild Det finns olika typer av data och analyser som står till grund för analysen beroende på var i världen den undersökta regionen ligger. Likaså kan kvaliteten skifta. Typen, kvaliteten och mängden av information som finns tillgänglig påverkar bedömningen av riskbilden. Likaså är man ofta hänvisad till material som är lokalt publicerat, vilket därmed kan vara subjektivt, politiskt påverkat osv. Utöver detta är en bedömning av risker alltid förknippad med en viss mängd osäkerheter, se avsnittet *Risker*.

Framtida tendenser I detta steg utförs beräkningar, förenklingar och anpassningar vilka bidrar till osäkerheten. De flesta tendenserna har anpassats och interpolerats/extrapoleras efter tidsperspektivet fram till år 2040. Detta har gjort att många av de befintliga analyserna har räknats om för att anpassas därefter. Den enkla interpolering där kurvornas exponentiella utveckling ersatts med en linjär funktion medför att resultatet kommer att ge ett högre värde än vad den ursprungliga kurvan ger, se *figur 30*. Detta har motiverats med att inte heller den exponentiella utvecklingen är exakt utan innefattar osäkerheter och variationer, varför den linjära ersättningen kommer fånga upp detta.



Figur 30: Diagrammet visar på den linjära förenkling som gjorts. Om värde för år 6 kontrolleras så blir värdet högre för den linjärt förenklade kurvan 6 (blå) än för den ursprungliga exponentiella kurvan 4 (röd). På detta vis kommer en eventuell variation eller extremvärden inte att underskattas.

Att gå tillväga på samma sätt vid extrapolering, att förlänga trenderna med en linjär funktion, innebär att detta resonemang motsägs. Extrapoleringen kommer då ge ett lägre värde än den ursprungliga kurvan. Då bättre verktyg saknas och extrapoleringarna dessutom omfattar en relativt kort tidsperiod är bedömningen att skillnaden kommer bli försumbar relativt osäkerheterna.

Framtida riskbild För att tydliggöra resultatet redovisas en rad kvalitativa mått på klimatförändringarna, vilka har beräknats i avsnittet *Framtida tendenser*. Dessa överförs sedan på naturfenomenen för att kunna beskriva den framtida riskbilden med avseende på naturkatastrofer. Att osäkerheterna utökas är då en självklarhet. För att försöka öka trovärdigheten utökas dessa resultat med lokala bedömningar. Om flera oberoende resultat då tyder på samma sak är detta ett effektivt tillvägagångssätt för att stärka resultatet.

Konkretisering av riskbild Som nämnts ovan är konkretiseringen ett sätt att applicera värdena från avsnitten *Dagens* och *Framtidens riskbild* på ett sårbart objekt. När denna nedskalning görs tillkommer fler osäkerheter, då ett specifikt objekt tillförs analysen. När data om detta objekt samlas in kan kvaliteten variera, och då det handlar om så specifika objekt som en hamn är detaljnivån hög. Osäkerheterna kring hur detta objekt reagerar på störningar från naturkatastrofer är stora. Dessa osäkerheter gör att resultatet även här redovisas i kvalitativa mått.

Resonemang Resonemanget är det avsnitt där resultaten från ovanstående steg diskuteras och tankegångarna kring dem utvidgas. Detta avsnitt är i första hand avsett att kunna illustrera vad som kan följa på den analyserade utvecklingen, och gör därför inte anspråk på att vara lika väl vetenskapligt underbyggt. Syftet är att ge exempel på möjliga utvecklingar, dvs. sådant som är realistiskt men inte vetenskapligt vidlagt.

4.3.2 Risker och framtid

De förenklingar och uppskattningar som görs när risker analyseras bidrar med osäkerheter. Begreppen sannolikhet och konsekvens, vilka definierar riskbegreppet, bidrar särskilt med osäkerheter när händelser med låg frekvens analyseras, såsom extremhändelser som naturkatastrofer.

Ofta väljs ett kvalitativt redovisningssätt då osäkerheterna blir så stora att en kvantifiering skulle förvränga värdet mer än konkretisera det. De resultat som kommit fram i denna rapport redovisas främst i kvalitativ form, där modellens alla steg ska kunna följas. Denna transparens är nödvändig för att ge användaren en möjlighet att utvärdera resultatet så långt det är möjligt men också för att betona resultatets osäkerhet. Det är viktigt att medvetandegöra osäkerheterna för modellens användare, för att denne ska kunna fatta bästa möjliga beslut baserat på resultatet.

Det faktum att det är ett framtidsperspektiv som analyseras medför också osäkerheter. Även om klimatförändringar skulle komma att ske i enlighet med något scenario och att naturkatastroferna följer en given utveckling osv. är det mycket svårt att förutsäga konsekvenser. Detta då det inte går att veta vilka åtgärder som kommer att vidtas för att minska, förebygga eller eliminera eventuella framtida risker. Likaså kan metoder för att hantera uppkomna händelser förändras.

Många värden redovisas i intervall vilkas omfång visar på storleken på osäkerheterna. Detta är en produkt av alla osäkerheter som finns kopplade till forskning inom områdena klimatförändringar och naturkatastrofer. Vidare så fångar dessa intervall in den naturliga variationen som förknippas med väder och klimat. Klimatförändringar beräknas i allmänhet inte ske linjärt, utan det är endast tendenserna som förenklas till linjära utvecklingar. I vissa modeller har dessa intervall summerats och redovisats med det mest trovärdiga värdet alternativt medelvärde som resultat. Detta görs framförallt för att förenkla och konkretisera resultatet.

4.3.3 Källkritik

Många av de källor som används i rapporten är associerade med osäkerheter. IPCC, som är huvudkällan till information och fakta kring klimatförändringar, anger i sina rapporter osäkerheter kring de påståenden som görs. Exempel är att något är *sannolikt*, *mycket sannolikt* osv., se bilaga B. Dessa nivåer på osäkerheter har i denna rapport använts på samma sätt för de fakta som har IPCC:s rapporter som källor. Likaså är de scenarier som anges och illustreras i diagram uttryck för osäkerheter, vilka också kan utläsas av de breda intervall som beskrivs. IPCC skall vara en representation och sammanställning av den forskning som finns och är trovärdig inom ämnet, men naturligtvis finns i hela denna sammanställningsprocess en rad osäkerheter. Klimatförändringar är som ämne generellt behäftat med stora osäkerheter och IPCC kan anses vara den mest väl underbyggda grunden för att ge en *bild* av hur framtiden *kan* komma att se ut.

För statistik över naturkatastrofer har data hämtats ur databaser, främst från Munich Re, Världsbanken och EMDAT. Även om de databaser som använts för detta ändamål är de mest kompletta som står att finna, är ingen databas vare sig felfri eller komplett. Det finns inget sätt att kontrollera om ”alla” inträffade katastrofer finns med, och inte heller om de angivna dödstalen och kostnaderna är korrekta. De olika databaserna

använder dessutom olika kriterier för vad som ska tas med. Vidare har databaserna olika utgångspunkt gällande vad man vill åskådliggöra, såsom ekonomiska skador, dödstal osv. och i vilket syfte informationen samlas in.

Många av tendenserna som används och utvecklas i avsnittet *Framtida tendenser* är tagna från analyser gjorda av olika forskarteam. De rapporter som används har i största möjliga mån inhämtats ifrån trovärdiga forum såsom vetenskapliga artiklar, välkända databaser osv. Då detta inte är en försäkran för att innehållet är korrekt har flera olika analyser av samma sak i möjligaste mån inhämtats för att öka trovärdigheten i de tendenser som analyseras.

5 Diskussion

I detta kapitel kommer en utvärdering av den framtagna modellen samt dess applicering på de två casen att göras. Inledningsvis utvärderas hur väl appliceringen av modellen fallit ut och hur väl den fungerat i de två fallen; vilket resultat den gett, vilka effekter den fått och vilka mål som uppnåtts. Därefter kommer en utvärdering av själva modellen att ske, där för- och nackdelar, användbarhet och möjliga framtida förbättringar diskuteras. Kapitlet slutar med en sammanfattande diskussion kring hur syfte och mål med rapporten uppnåtts och uppfyllts.

5.1 Modellappliceringen

Inför studierna av de två case som modellen testades på, var kunskaperna om de två olika regionerna liten, varför utgångspunkten var likartad. Dock gick arbetet med det andra caset, där Nanjing i Kina analyserades, enklare, snabbare och smidigare. Detta för att grundläggande kunskap om var relevant information kunde hittas hade byggts upp genom erfarenheter från den första studien.

Om ett naturfenomen inte är vanligt förekommande i en region, märks detta ofta redan på att det inte förekommit frekvent som historiska händelser. Är det fallet, finns det förmodligen inte mycket information om det fenomenet i regionen, varför tid då kan sparas på att inte eftersöka sådan information mer än nödvändigt. I vissa fall är exempelvis bedömningar på en global nivå de enda som står att finna.

Modellen är inte avsedd för att göra en konkret jämförelse mellan olika regioner, utan för att ge en platsspecifik beskrivning av hur en region kan komma att förändras i framtiden. Den stora komplexiteten och osäkerheten gör att den region med "bäst" riskbild inte nödvändigtvis är ett bättre val än någon annan, eftersom många andra faktorer spelar in. Det är viktigt att ha detta i åtanke när man tittar på flera regioner samtidigt, såsom i denna rapport.

Att notera är att likartade resultat har framkommit i båda dessa case trots att i stor utsträckning skilda informationskällor har använts i de två fallen. Vidare har resultaten i varje steg varit likartade i de båda fallen, och genererat likvärdiga riskbilder. Detta talar för att användandet av modellen fungerar bra och inte begränsas till någon specifik region eller lokal informationskälla. Vidare har resultaten varit i enlighet med de globala analyserna och inte påvisat några orimliga värden, vilket ytterligare förstärker modellens trovärdighet.

5.1.1 Resultatet

Resultaten är relativt samstämmiga i de två fall som analyseras. Översvämningar är den största risken i båda fallen, även om bakomliggande faktorer inte var helt lika. Båda regionerna uppvisar resultatet att klimatförändringar relaterade till en temperaturhöjning sker snabbare än klimatförändringar relaterade till en nederbördsförändring. Detta är tendenser som även kan ses i ett globalt perspektiv, varför det är naturligt att det även framgår i dessa regioner.

Som tidigare beskrivits är riskbilden för de båda regionerna relativt lika varandra, både i dagsläget och i framtiden. Är detta ett resultat som speglar forskningen eller en produkt av en modell som ger samma resultat oavsett vilken region som undersöks? Detta skulle kunna undersökas genom att fler appliceringar genomfördes men då verken tid eller resurser finns att tillgå har detta ej gjorts. Mycket tyder dock på att riskerna i regionerna borde vara likartade, framförallt då de analyserade regionerna ligger relativt nära varandra och har liknande förutsättningar. Att resultatet styrs mer av forskningen än av modellens utformning är, enligt författarna, det troligaste svaret på den tidigare ställda frågan.

Då ingen tidigare utförd motsvarande utredning har framkommit, är det svårt att göra jämförelser för att bedöma modellens trovärdighet. Det är dock författarnas starka övertygelse att denna analys skulle vara till nytta för ett företag med intresse i någon av de regioner som undersöks.

5.2 Modellen

Modellen är framtagen utifrån en efterfrågan på framtidsanalyser från företag, vilka har upplevt att de utsätts för en ökad risk för naturkatastrofer. Att analysera en sådan framtida ökning är naturligtvis av intresse från fler håll och ur många andra perspektiv, men i detta fall har företags verksamhetsutövning varit grundorsaken och utgångspunkten.

5.2.1 Fördelar

Att det finns ett stort tomrum i det fack där denna typ av analys placeras är ingen underdrift, och författarna har upplevt ett tydligt intresse för och efterfrågan av resultatet. Annan forskning och analyser rörande klimatförändringar eller naturkatastrofer i detta framtidsperspektiv har varit svåra att hitta. Vidare saknas i stor utsträckning någon utredning av denna kombination, framförallt i en summerad, konkret och koncentrerad förpackning. Detta är den stora övergripande fördelen med modellen, att den berör högaktuella ämnen och kopplar ihop dessa på ett sätt som, enligt författarnas vetskap, inte gjorts på detta sätt tidigare.

Vidare har modellen konstaterats vara transparent; den tillåter och uppmanar användaren att redovisa var information hämtas, hur den används och vilka osäkerheter som associeras med den. Modellen är lättanvänd, den ska kunna användas av en person utan djupgående specifika kunskaper inom ämnena klimatförändringar och naturkatastrofer och den går att applicera på valfri storlek och lokalisering på region. Likaså kan bredden och djupen styras och anpassas av användaren, där man kan titta allmänt på en hel region såväl på en specifik, exakt lokalisering. Samma sak gäller för antalet och typerna av naturfenomen som undersöks, vilka kan anpassas efter behov och intresse. Detta beskrivs mer utförligt i kapitel 3, *Modell*.

Används modellen i dess nuvarande form, med ett allmänt perspektiv i fokus, kommer den att ge en bred och allmän bild, vilken kan bilda grund för en bred appliceringsbas. Detta fokus kan dock även det anpassas efter företags behov. Modellens utseende och upplägg är även avsett att kunna uppdateras och anpassas vartefter ny forskning blir tillgänglig och att forskningens resultat blir tydligare, mer konkret och användbart.

Rent konkret kan det resultat modellen ger användas av företag som riktlinje eller stöd, i den beslutsprocess som en etablering föregås av. Här kan informationen som framkommer fungera som den pusselbit som talar om hur lämplig regionen/platsen är ur *detta* perspektivet, samt även bidra med annan användbar information. Exempel på detta är hur man i Nanjing kan bli medveten om riskerna för översvämningar som floden medför, och att dessa kan komma att öka i framtiden. Det kan då vara olämpligt att exempelvis anlägga en fabrik på de ytor som tidigare fungerat som översvämningssytor, "floodplains", men som nu efter uppdämning säljs som industrimark.

Avslutningsvis kan en stor fördel konstateras vara att modellen faktiskt inte är låst till att användas för ett företags etableringsperspektiv. Modellens steg och metodik, med det ingående framtidsperspektivet, kan med fördel även användas i andra sammanhang, för att exempelvis analysera människors utsatthet i slumområden osv.

5.2.2 Nackdelar

Den största fördelen; att modellen analyserar ett relativt utforskat område, ger även nackdelen att användandet är behäftat med stora osäkerheter. Likaså kan bredden på den information som står för grund och indata i modellen göra den bristfällig.

Vidare har modellen vissa ytterligare nackdelar som konstaterats; den kommer medföra att en mängd osäkerheter fortplantas genom processen, vilket analyseras i avsnittet *Osäkerhetsanalys*. Nivån på den slutprodukt som kommer ur modellanvändandet är avhängig användarens ambition och arbetsinsats. Då detta är fallet, är det därför inte heller givet att två olika användare skulle få samstämmiga resultat. Av användaren krävs dessutom en viss vana av och förståelse för att söka efter information och fakta. Denne måste även identifiera och bearbeta ett lämpligt sårbart objekt, och applicera analysens resultat på detta.

5.2.3 Förbättringar

Om det hade rymts inom ett examensarbets ramar skulle vissa förbättringar kunnat genomföras. Framförallt skulle flera led i modellen kunna styras hårdare för att på så sätt få större samstämmighet. Fler hjälpmedel skulle kunna framtas/tryckas på, samt att fler diagram som ger globala beskrivningar skulle kunna införas som standardmoment. Ett mer aktivt och tydligt val av källor skulle kunna göras och pekas ut så att arbetsprocessen blir mindre arbetsam. Vidare skulle studier av fler case kunna identifiera ytterligare både fördelar och möjligheter till förbättringar.

5.2.4 Helhetsintryck

Resultatet av modellen, vilket illustreras av appliceringen på de två olika regionerna, visar på att den fungerar väl. Den mängd osäkerheter som är inbyggd i resultatet har sitt ursprung både i modellen, men framförallt utanför den. Trots att modellen gett få kvantitativa mått, är resultatet relevant:

- Naturkatastrofer kan ge förödande konsekvenser för en verksamhet
- Naturkatastrofer upplevs ha skett både kraftigare och oftare på senare tid

- Företag efterfrågar vad den senaste forskningen pekar mot för att få en säkrare grund vid etableringsbeslut
- Relationer mellan klimatförändringar och naturkatastrofer ur ett framtidsperspektiv är ett relativt outrett ämne

Dessa punkter visar på behovet av modellen. Sammanfattningsvis menar författarna, att även om resultatet inte ger någon exakt bild av vad framtiden för med sig, så ger den en bild baserad på vad den senaste forskningen har kommit fram till. Att vid ett beslut ha denna vetskap med sig; att man är medveten om problemet och är insatt i vad den senaste forskningen påvisar är viktigt och ger en trygghet. Likaså är det viktigt att vara medveten om att vetenskapen om denna faktor är både osäker och diffus, vilket även det är en viktig kunskap i sig.

Resultaten från analysen skilde sig inte åt i stort, varken från varandra eller från dagens situation. Detta tyder på att klimatförändringarnas påverkan på naturkatastrofer inte kommer att förändra riskbilden markant under den tidsrymd på ca 30 år som analyserats. Denna process är långsam och det krävs större tidsrymder för att se tydliga förändringar, om man grundar sig på vad som utgör dagens forskningsfront.

Detta är vad som kan utläsas *idag*, det ska dock poängteras att detta kan förändras i takt med att ny forskning och nya rön framkommer, vilka skulle kunna förändra riskbilden. Klimatförändringar sker kontinuerligt, varför kunskaper om dem är en färskvara. Dessa kunskaper, liksom modellen som används, måste hela tiden uppdateras och anpassas för att följa denna utveckling.

Att varken dagens eller framtidens riskbild tyder på en stor risk för naturkatastrofer är ej ekvivalent med att verksamhetsetableringen är säker mot en sådan händelse under denna tidsrymd. En risk för att naturkatastrofer kan inträffa föreligger alltid, oavhängigt klimatförändringar.

Slutligen skall det påpekas att detta resultat som påvisar att förändringarna går långsamt inte är detsamma som att påstå att problematiken med klimatförändringar inte skulle utgöra ett akut problem.

5.3 Summering

Redan rapportens titel ger en fingervisning om att ämnet är behäftat med en rad osäkerheter; *Klimatförändringarnas inverkan på den framtida riskbilden med avseende på naturkatastrofer*. Kring detta ämne går det inte att ge några exakta svar, inte att få fram några exakta kvantitativa värden osv. Såväl indata som utdata är osäkra, och trots ämnets aktualitet har det tidigare gjorts få försök att ens ge en bild av hur framtiden kan komma att se ut vad gäller naturkatastrofer. Detta var författarna medvetna om då ämnet valdes och syftet med rapportern är inte heller att visa exakt hur klimatförändringarna kommer att ha påverkat naturkatastroferna i framtiden. Att göra ett försök till detta hade varit oklokt; de stora osäkerheter som rapporten är behäftad med har varit medvetna och ett ständigt ämne för diskussion under hela arbetsprocessen. Dock anses dessa osäkerheter framförallt finnas utanför modellen.

Har då syftet med examensarbetet uppnåtts? *Har "en eventuell förändring, orsakad av klimatförändringar, av riskbilden i framtiden med avseende på naturkatastrofer"* analyserats, och kan denna analys *"användas av företag som vill etablera sig i utvecklingsländer"*? Angående den första frågan anser författarna att syftet är uppnått. Den modell som framställts och använts, analyserar grundligt de klimatförändringar som kan komma att ske i den valda regionen. Vidare ges utifrån detta en bild av hur risken för naturkatastrofer kan komma att förändras. På den andra frågan är svaret inte lika entydigt. Vad som kan utläsas ur analysen kan utan tvekan användas av företag och det har genom kontakter blivit tydligt att denna typ av information efterfrågas. Dock är informationen som kan fås ur analysen på inget vis exakt, varför den bör användas med försiktighet och inte tolkas som fakta. Det är dock författarnas fasta övertygelse att det företag som ändå är medvetet och underrättat om vad denna analys visar, kommer att vara bättre rustat än de företag som är utan den informationen.

Ett antal mål sattes även upp för examensarbetet. En *"modell, vilken skall kunna appliceras på en region, för att där utreda hur klimatförändringar kan komma att ta form"* skulle konstrueras. Vidare skulle med denna kunna *"skapas en riskbild av hur framtida risker med avseende på naturkatastrofer kan komma att se ut"*. Modellen skulle vara *"enkel för användaren att hantera, tydligt ange vilka källor och indata som kan användas, samt i den mån det är möjligt ge en konkret bild av hur den framtida riskbilden kan komma att se ut"*. Dessa mål anser författarna vara uppfyllda. Den modell som konstruerats kan appliceras på valfri region, och där analysera klimatförändringarna. Vidare visar den hur man utifrån detta kan utläsa tendenser och dra slutsatser för att kunna skapa en framtida riskbild med avseende på naturkatastrofer. Modellen följer en logisk tankegång, anger vilken typ av indata som behövs och exempel på var dessa kan hittas. Vidare mynnar detta ut i en så konkret bild som möjligt, samtidigt som användaren påminns om resultatets osäkerheter.

Avslutningsvis var målet att informationen från analysen skulle *"kunna utgöra användbar kunskap för dem som utgör målgruppen, och därmed bidra till en medveten sammansatt riskbild för dessa"*. Detta finner författarna vara uppfyllt och kanske är detta även det viktigaste målet. Även då osäkerheten är stor är den tydligt framställd i modellen. Detta gör att företagen får inblick i vad forskningen kan påvisa, samt vilken bild av framtiden som kan ges vid den tidpunkt då beslut fattas. På detta sätt kan en beslutsfattare visa att ett beslut om etablering var riktigt vid den tidpunkt det fattades. Just att riskbilden är *medveten* är viktigt; lika viktigt som att veta vad som kan hända är det att vara medveten om att denna kunskap är osäker och att även annat kan inträffa. Finns denna medvetenhet, så är det författarnas övertygelse att målgruppen kan ha stor användning för den information användandet av modellen kan ge.

Som tidigare antytts sträcker sig målgruppen för denna rapport utanför den sfär som representeras av beställaren av den. Det är därför författarnas förhoppning att härigenom kunna bidra till högre säkerhet och större medvetenhet om risker på en mängd olika plan på olika platser i världen.

6 Slutsats

Utgångspunkten inför detta examensarbete var att skapa eller framställa något som kan komma till **användning** och bidra med en **ny syn** på det högst **aktuella** ämne som behandlas. Som slutsats är detta en bra summering av vad författarna anser har uppnåtts. Denna bedömning kan naturligtvis inte säkerställas, men det finns mycket som tyder på att det är så.

Användning: Modellen är, av casen att döma, funktionell och uppfyller de mål och syften som sattes upp inför arbetet. Den ger en bild av vad forskningen, från det globala till det lokala perspektivet, kan påvisa angående de utvalda regionerna. Den utgår från klimatförändringarna för att ge en bild av hur förutsättningar och därmed risker för naturkatastrofer kan komma att förändras. Vidare ger modellen stora möjligheter att belysa de osäkerheter som finns behäftade därmed. Samtidigt som den fokuserar på trovärdiga och vetenskapligt förankrade källor ger den möjligheter till att se problemet ur ett mer analytiskt perspektiv. Dessutom går den att både nyttja och anpassa efter en stor mängd syften och målgrupper. Möjligheter att utveckla modellens användarvänlighet finns också, exempelvis skulle fler standardmoment kunna införas. Även ett mer tydligt utpekande av flera globala analysverktyg skulle kunna bidra till en mer uniform framställning av slutprodukten.

Ny syn: Att döma av den respons som företagskontakter har givit så behandlas i dagsläget inte detta ämne vid etableringsbeslut. Dock verkar det vara en målsättning inför framtiden att utöka dessa kunskaper. Vidare har det inte någon gång under arbetet med projektet hittats ett enda projekt som försöker ge en regional framtida riskbild med avseende på naturkatastrofers förändring.

Aktualitet: Det är naturligtvis subjektivt att avgöra om ett ämne är aktuellt och intressant eller ej. Under hela arbetet med projektet har det dock inte gått många dagar då klimatförändringar inte förekommit i media. Genom diskussioner både i samband med arbetet och med vänner har det framkommit en mängd åsikter i frågan, spretandes åt alla möjliga håll. Klimatförändringar är något som berör oss alla, och även om vi i Sverige varit relativt förskonade från naturkatastrofer är detta ett ämne högst aktuellt och något vi stöter på dagligen.

Modellens resultat kommer inte att beskriva om en etablering är lämplig eller ej, den kommer heller inte måla upp en exakt framtida riskbild med avseende på naturkatastrofer. Däremot kommer ett användande av modellen att belysa vad som framkommit genom forskning och utifrån detta analysera hur risker i framtiden kan komma att förändras. Detta för att belysa och medvetandegöra risker som finns och kan komma att uppstå. Denna information är viktig oavsett den relativa osäkerheten i resultatet; då beslutsfattaren har uppmärksammat och tagit ett eventuellt växande hot i beaktning är mycket vunnet. På så vis kan kunder, anställda och organisationen försäkras om att problemet tas på allvar, genom att beslutsfattaren med rätta kan säga att *klimatförändringarnas inverkan på den framtida riskbilden med avseende på naturkatastrofer* är en risk som företaget är medveten om, arbetar med och tar hänsyn till.

7 Referenser

Alexander, D., (1993), *Natural Disasters*, London, London UCL Press,

Business Portal of India, (2008), *State Level Investment: Maharashtra*,
http://business.gov.in/investment_incentives/maharashtra.php (2008-10-02)

CBCNews, (2008), *The world's worst natural disasters*,
<http://www.cbc.ca/world/story/2008/05/08/f-natural-disasters-history.html> (2008-11-09)

Center For Hazard and Risk Research, (2008), *Hotspots*,
<http://www.ldeo.columbia.edu/chrr/research/hotspots/> (2008-09-02)

Chaoying, H. et al, (1999), *The impact of climate change on the water resources of northern China*, China Climate Center, Beijing, Kina
www.lanl.gov/projects/chinawater/documents/huangchaoyin.pdf (2008-10-09)

Cheng, X. & Wang, J., (2008), Research Center on Flood and Drought disaster, Beijing, Kina, korrespondens, se bilaga A, not 6

China Daily, (2005), *Matsa kills seven, cause billons in losses*,
http://www.chinadaily.com.cn/english/doc/2005-08/08/content_467044.htm (2008-11-04)

Chuan, C.Y. & Jun, L.H., (2003), An analysis of the variation of maximum flood stage of Lower Yangtze river, *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 41, No. 3, p. 235-238

CIA 1, (Central Intelligence Agency, the World Fact Book), (2008), *India*,
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/in.html> (2008-09-27)

CIA 2, (Central Intelligence Agency, the World Fact Book), (2008), *China*,
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ch.html> (2008-09-01)

CMAR, (CSIRO Marine and Atmospheric Research), (2008), *Sea level projections*,
http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl_proj_21st.html (2008-09-30)

CNN, (Cable News Network), (2005), *India floods toll reaches 1 000*,
<http://edition.cnn.com/2005/WORLD/asiapcf/07/31/india.flood/index.html> (2008-10-10)

Dash et al., (2007), Some evidence of climate change in twentieth-century India, *Climatic Change*, Vol. 85, No. 3-4, p. 299-321

De Sherbinin et al., (2007), The vulnerability of global cities to climate hazards, *Environment and Urbanization*, Vol. 19, No. 1, p. 39-64

Defra 1, (Department for Environment Food and Rural Affairs), (2005), *Investigating the impacts of climate change in India*, Key sheet 2, <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/internat/devcountry/india2.htm> (2008-09-26)

Defra 2, (Department for Environment, Food and Rural Affairs), (2005), *Investigating the impacts of climate change in India*, Key sheet 4, <http://www.defra.gov.uk/environment/climatechange/internat/devcountry/india2.htm> (2008-09-26)

Dow, K. & Downing, T. E., (2006), *The Atlas of Climate Change*, University of California Press

Economy Watch, (2008), *India Economic Development*, <http://www.economywatch.com/indianeconomy/india-development.html> (2008-09-28)

Elish J., (2008), *Warmer seas linked to strengthening hurricanes: FSU study fuels global warming debate*, Florida state university <http://www.fsu.edu/news/2008/09/03/warmer.seas/> (2008-11-05)

Elsner J.B., Kossin J. P., Jagger T. H., (2008), The increasing intensity of the strongest tropical cyclone, *Nature*, Nature Publishing Group, Vol. 455, No. 7209, p. 92-95

EMDAT 1, Emergency events Database, (2008), <http://www.emdat.be> (2008-09-25)

EMDAT 2, (Emergency Events Database), (2008), *Combined trend for events*, <http://www.emdat.be/Database/Trends/trends.html> (2008-10-10)

Exportrådet, (2008), *Exportrådet öppnar nytt kontor i Mumbai*, Swedish Trade Indien, <http://www.swedishtrade.se/indien/?objectID=8871> (2008-10-02)

Feng, S. et al., (2007), Modeling Annual Extreme Precipitation in China Using the Generalized Extrem Value Distribution, *Journal of Meteorological Society of Japan*, Vol. 85, No. 5, p. 599-613

FM, (Finska Försvarsmakten), (2008), *Operationer, Indien/Pakistan*, <http://www.forsvarsmakten.fi/rauhanturvaaja/operaatiot/intia.dsp> (2008-10-02)

GISIS, (Global Integrated Shipping Information System), (2008), *Port Facility Details*, <http://gis.imo.org/Public/ISPS/ViewFacility.aspx?ID=997&Action=View&Contact=View&cid=IND> (2008-10-07)

Google Maps, (2008), <http://maps.google.com> (2008-11-10)

Goswami et al., (2006), Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment, *Science*, Vol. 314, No. 5804, p. 1442-1445

Government of India 1, (2008), *Know India, Profile*,
<http://india.gov.in/knowindia/profile.php> (2008-09-19)

Greenpeace, (2008), *Typhoon Fred kills 1 000 in eastern China*, Climate Impacts Database, <http://archive.greenpeace.org/climate/database/records/zgpz0130.html> (2008-11-05)

Hansson, S. O., (2005), *Decision Theory, A Brief Introduction*, Department of Philosophy and the History of Technology, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden

India Express, (2007), *34-yr-old port caught between prime land and deep sea*, <http://www.indianexpress.com/news/134-yr-old-port-caught-between-prime-land-and-deep-sea/214936/> (2008-10-10)

IPCC AR4, (Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report), (2007), <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

IPCC SRES, (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2000), *Special Report on Emissions Scenarios*, <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission>, (2008-10-10)

IPPC TAR, (Intergovernmental Panel on Climate Change Third Assessment Report), (2001), <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm> (2008-10-10)

ISDR (International Strategy for Disaster Reduction), (2003), *UN-ISDR: Terminology on disaster risk reduction*, <http://www.adrc.or.jp/publications/terminology/top.htm#N> (2008-09-15)

Jiang, T. & Zhang, Q., (2007), Climatic changes driving on floods in the Yangtze Delta, China during 1000-2002, *Environment, Nature, Landscape*, Article 296, <http://www.cybergeu.eu/index2823.html>. (2008-10-03)

Jiang, T., Kundzewicz, Z.W. & Su, B., (2008), Changes in monthly precipitation and flood hazard in the Yangtze River basin, China, *International Journal of Climatology*, Vol. 28, No. 11, p. 1471-1481

Jiangsu.net, (2008), *Nanjing, Jiangsu, China*, <http://nanjing.jiangsu.net/introduction.php> (2008-09-17)

JNDZ, (Jiangning Development Zone web site), (2008), *Transportation*, <http://www.jndz.gov.cn/eng/e112.jsp> (2008-10-17)

Jones, P., (2007), *Global temperature record*, Climatic Research Unit, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/> (2008-08-29)

KBM, (Krisberedskapsmyndigheten), (2006), *Risk- och sårbarhetsanalyser – Vägledning för statliga myndigheter*, KBM rekommenderar 2006:4, Stockholm, Sweden.

Khan et al., (2002), Seasonal and interannual sea surface temperature variability in the coastal cities of Arabian Sea and Bay of Bengal, *Natural Hazard*, No. 31, p 549-560

Maharashtra Government, (2005), *Relief and Rehabilitation: Maharashtra floods 2005*, <http://mdmu.maharashtra.gov.in/pdf/Flood/statusreport.pdf> (2008-11-10)

Maharashtra Government, (2008), *Geographic profile*, http://www.maharashtra.gov.in/english/community/community_geo_profileShow.php (2008-10-02)

Maskey, M., Shastri, J.S., Saraswathi, K., Surpam, R., Vaidya, N., (2005), Leptospirosis in Mumbai: Post-deluge outbreak 2005, *Indian Journal of Medical Microbiology*, Vol. 24, No.4, p. 337-338

McBride et al., (2006), *Statement on tropical cyclones and climate change*, World Metrological Organization, San Jose, Costa Rica

Mumbai Port 1, (2008), *Mumbai Port Trust*, www.mumbaiport.gov.in (2008-10-10)

Mumbai Port 2, (2008), *Port profile*, <http://www.mumbaiport.gov.in/newsite/portinfo/Portprofile.htm> (2008-10-07)

Mumbai, (Mumbai Online), (2008), *Geographic location*, <http://mumbaionline.in/Profile/Geography/> (2008-10-06)

Munich Re 1, (2008), *NATHAN, NATural Hazards Assessment Network*, <http://mrnathan.munichre.com> (2008-09-25)

Munich Re 2, (2007), *Topics Geo Risks*, http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/default.aspx (2008-10-07)

Munich Re 3, (2007), *Changing hurricane risk*, http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/natural_catastrophes_and_risks/changing_hurricane_risk/changing_hurricane_risk_01.aspx (2008-10-10)

Munich Re 4, (2008), *Local storms (tornado, thunderstorm, hailstorm)*, http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/natural_catastrophes_and_risks/windstorm/local_storms.aspx (2008-09-09)

Munich Re 5, (2008), *History*, <http://www.munichre.com/en/corporate/history/default.aspx> (2008-09-06)

Munich Re 6, (2008), *Geo Risk Research*, http://www.munichre.com/en/group/divisions/centres_of_competence/geo_risks_research/default.aspx (2008-20-07)

Munich Re 7, (2008), *Increasing intensity and costs of natural catastrophes — Is this a long-term trend?*,
http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/natcatservice/increasing_intensity_and_costs_of_natural_catastrophes/default.aspx (2008-10-10)

Munich Re 8, (2008), *The analysis*
http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/natcatservice/increasing_intensity_and_costs_of_natural_catastrophes/increasing_intensity_and_costs_of_natural_catastrophes_02.aspx (2008-10-10)

Munich Re 9, (2008), *Natural catastrophes: Statistics*
http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/natural_catastrophes_and_risks/natural_catastrophes_statistics/default.aspx (2008-10-10)

Nanjing International 1, (2007), *"Shipping Logistics Center" Accelerated its Construction*,
http://english.nanjing.gov.cn/today/njnew/polity/200706/t20070614_215938.htm
(2008-09-17)

Nanjing International 2, (2007), *Nanjing Port Annual Container-Handling Capacity Set Record of One Million*,
http://english.nanjing.gov.cn/today/njnew/polity/200712/t20071224_229150.htm
(2008-10-17)

Nanjing International 3, (2008), *Nanjing Longtan Port to Have 5 New Container Berths*
http://english.nanjing.gov.cn/today/njnew/polity/200809/t20080905_248393.htm
(2008-10-17)

Nathnac, (National Travel Health Network And Center), (2006), *Chikungunya update*, http://www.nathnac.org/pro/clinical_updates/chik_210706.htm (2008-11-12)

National Climate Data Center, (2008), *U.S. Tornado Climatology*,
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/severeweather/tornadoes.html> (2008-09-04)

National Weather Service, (2007), *Tropical Cyclone Classification*,
http://www.srh.noaa.gov/srh/jetstream/tropics/tc_classification.htm (2008-09-02)

National Weather Service, (2008), *Glossary of Tropical Cyclone Terms*,
<http://www.prh.noaa.gov/cphc/pages/glossary.php> (2008-09-01)

Naturvårdsverket, (2007), *FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden, Sammanfattning för beslutsfattare WGI*, Stockholm

NDRC, (National Development and Reform Commission), (2007), *Peoples Republic of China, China's National Climate Change Programme*,
<http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/P020070604561191006823.pdf> (2008-10-07)

NE 1, (Nationalencyklopedin), (2008), *Indien*,

- <http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/artikel/211005/211005> (2008-09-24)
- NE 2, (Nationalencyklopedin), (2008), *Maharashtra*,
<http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/artikel/248694/248694> (2008-09-23)
- NE 3, (Nationalencyklopedin), (2008) *Kina*,
<http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/artikel/224961/224961> (2008-09-01)
- NE 4, (Nationalencyklopedin), (2008), *Jiangsu*
<http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/artikel/216140/216140> (2008-09-08)
- NE 5, (Nationalencyklopedin), (2008), *Nanjing*,
<http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/artikel/266866/266866> (2008-09-10)
- NHC, (National Hurricane Center), (2007), *The Saffir-Simpson Scale*,
<http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshs.shtml> (2008-10-14)
- Nicholls, R. J. et al., (2008), *Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates*, OECD Environment Working Papers, No 1, OECD Publishing
- Nilsson, J., (2003) *Introduktion till riskanalytmetoder*, Rapport 3124, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, Sverige
- NMFC, (Naval Maritime Forecast Center), (2006), *Summary of western north Pacific and north Indian ocean tropical cyclones*,
<https://metocph.nmci.navy.mil/jtwc/atcr/2005atcr/chapter1/chapter1.html> (2008-10-10)
- Nystedt, F., (2000), *Riskanalytmetoder*, Rapport 7011, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, Sverige
- Omvärlden, (2007), *Svenska företag i syd – det handlar inte om välgörenhet*,
<http://www.sida.se/sida/jsp/sida.jsp?d=166&a=30635> (2008-09-08)
- PDC, (Pacific Disaster Center), (2005), *Mumbai, India disaster risk management profile*, <http://emi.pdc.org/cities/CP-Mumbai-09-05.pdf> (2008-10-02)
- RealClimate, (2008), *Fraser Institute fires off a damp squib*,
<http://www.realclimate.org/index.php/archives/2007/02/fraser-institute-fires-off-a-damp-squib/>, (2008-09-20)
- ReliefWeb, (1989), *Bangladesh - Tornado Apr 1989 UNDR0 Information Reports I-2*, <http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900sid/OCHA-64CR9X?OpenDocument&query=tornado%20bangladesh%201989&emid=ACOS-635NM6> (2008-09-05)
- Romm, J., (2006), *Hell and high waters: Global Warming – the Solution and the Politics – and What We Should Do*, HarperCollins

- SMHI 1, (Statens Meteorologiska och Hydrologiska Institut), (2008), *Väder och Klimat*, www.smhi.se/sgn0106/klimat/vadklim.htm (2008-09-01)
- SMHI 2, (Statens Meteorologiska och Hydrologiska Institut), (2008), *Återkomsttid, sannolikhet och risk*, http://www.smhi.se/foretag/m/ml_aterkomst.htm (2008-11-04)
- SMHI 3, (Statens Meteorologiska och Hydrologiska Institut), (2007), *Vad är en tropisk orkan*, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=10081&a=29321&l=sv>, (2008-09-01)
- SMHI 4, (Statens Meteorologiska och Hydrologiska Institut), (2007), *Tromber*, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=10053&l=sv> (2008-09-04)
- SMHI 5, (Statens meteorologiska och Hydrologiska Institut), (2007), *Växthuseffekten*, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=6604&l=sv> (2008-09-01)
- SMHI 6, (Statens meteorologiska och Hydrologiska Institut), (2007), *Extremt väder*, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=6582&l=sv> (2008-09-01)
- Swedfund, (2008), *Investeringar och nya marknader*, <http://www.swedfund.se/sv/investeringar-och-nya-marknader> (2008-10-10)
- Swedish Business in China: Trends and Challenges*, (2008), Embassy of Sweden and Swedish Chamber of Commerce in China, <http://www.swedenabroad.com/SelectImageX/20428/TrendsAndChallenges.pdf> (2008-09-05)
- The Hindu, (2000), *Koyna earthquakes may become more frequent*, <http://www.hinduonnet.com/2000/12/07/stories/08070008.htm> (2008-11-10)
- The Tornado Project 1, (2000), *World wide tornados – India*, <http://www.tornadoproject.com/> (2008-10-10)
- The Tornado Project 2, (2000), *Tornadoes in China*, <http://www.tornadoproject.com/alltorns/china.htm> (2008-10-15)
- Times Foundation, (2008), *Koyna Earthquake 1967*, Times Relief Fund <http://timesfoundation.indiatimes.com/articleshow/msid-980289,curpg-15.cms> (2008-11-10)
- UD 1, (Utrikesdepartementet), (2008), *Indien*, <http://www.regeringen.se/sb/d/2520/a/13973> (2008-09-23)
- UD 2, (Utrikesdepartementet), (2008), *Indien*, <http://www.ud.se/sb/d/3895> (2008-09-23)
- UD 3, (Utrikesdepartementet), (2008), *Kina*, http://www.swedenabroad.com/page____20799.aspx (2008-09-15)

- UNdata, (2008), *Record view, people living below the poverty line*, <http://data.un.org/Data.aspx?q=poverty&d=WHO&f=inID%3aSDEC15> (2008-09-05)
- UNICEF, (The United Nations Children's Found), (2008), *Utveckling i Indien och Kina avgörande för millenniemålen*, <http://www.unicef.se/nyheter/2008/08/10/utvecklingen-i-indien-och-kina-avgorande-for-millenniemalen> (2008-09-26)
- USGS, (US Geological Survey), (2005), *Significant earthquakes of the world*, http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/significant/sig_1979.php (2008-11-10)
- Wang, Y. & Zhou, L., (2005), *Observed trends in extreme precipitation events in China during 1961–2001 and the associated changes in large-scale circulation*, <http://www.agu.org/pubs/crossref/2005/2005GL022574.shtml> (2008-09-25)
- Weather Underground, (2008), *Deadliest World Tropical Cyclones*, <http://www.wunderground.com/hurricane/deadlyworld.asp> (2008-10-06)
- World Bank 1, (2006), *Natural Disasters Hotspots case studies*, Hazard Management Unit, Washington DC, USA
- World Bank 2, (2008), *Natural Disasters Hotspots*, <http://geohotspots.worldbank.org/hotspot/hotspots/disaster.jsp> (2008-09-25)
- World Bank 3, (2008), *Maharashtra*, <http://go.worldbank.org/VMW4SN5OT0> (2008-10-02)
- World Bank 4, (2008), *About us*, <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTABOUTUS/0,,contentMDK:20040580~menuPK:1696997~pagePK:51123644~piPK:329829~theSitePK:29708,00.html> (2008-09-25)
- WWIS 1, (World Weather Information Service), (2008), *India*, <http://www.worldweather.org/066/c00226.htm> (2008-10-17)
- WWIS 2, (World Weather Information Service), (2008), *China*, <http://www.worldweather.org/001/c00350.htm> (2008-10-17)
- Xinhau News Agency, (2001), *China Plans to Promote Efficient Irrigation*, <http://www.china.org.cn/english/BAT/16483.htm> (2008-11-12)
- Yihui, D. et al., (2007), *Chinas's National Assessment report on Climate Change (I): Climate Change and the future trends*, Advances in Climate Change Research,
- Zang, Z. et al., (2008), *Projection of future precipitation extremes change (2001-2050) in the Yangtze River Basin*, Advances in Climate Change Research

Bilaga A - Noter

Sammanfattning intervjuer och korrespondens

Alla personer och företag som uppges har getts möjlighet att godkänna hur de citeras.

Not 1.

Telefonintervju tisdag 21/10 2008

Fredrik Adolfsson, Quality, Social & Environment manager, IKEA

Fredrik Adolfsson menar att vid nyetableringar idag så tas endast hänsyn till sådana naturfenomen som är känt att de är frekvent förekommande i de aktuella områdena. Annars är detta inget som tas hänsyn till, men det diskuteras och är ett problem som börjar uppmärksammas, men utan att några verkliga praktiska åtgärder vidtagits än. Stora problem idag är bland annat vattenförsörjning, där IKEA försöker bistå med hjälp för att underlätta i de regioner där de är aktiva. De tidsrymder som är aktuella vid en nyetablering kan vara från minst 5-7 år, men även längre, beroende på behovet av vad som produceras. Information om situationen på en längre sikt hade dock ändå varit intressant. Adolfsson säger att man på IKEA är medvetna om att klimatförändringarna kan förändra förutsättningarna för etableringar, och att man strävar mot att kunna uppmärksamma detta mer. I dagsläget är det inget som tas med i bedömningar. Man får dock information från lokala källor i områden där man redan är etablerade om hur förhållandena ser ut för tillfället.

Författarna är av uppfattningen att Adolfsson verkar väl insatt i problematiken och har kännedom kring de förändringar/risker som är aktuella. Vidare verkar det resultat som målet med rapporten innebär kunna vara av intresse, även om det endast innebär en av många faktorer som måste vägas in inför en bedömning. Hade informationen funnits tillgänglig, hade den varit mycket intressant, framförallt i regioner där riskerna förändras märkbart.

Not 2.

Korrespondens sep 2008

Santosh S. Paithankar, Manager Corporate, EH&S, ISS Mumbai, India

Santosh S. Paithankar svarar på frågor kring den stora översvämningen i Mumbai 2005, att trots katastrofens omfattning så fick den ingen direkt inverkan på ISS:s verksamhet, mer än i form av att anställda fick gå hem tidigt den dagen osv.

Not 3.

Korrespondens sep 2008

Nish Patel, Alfa Laval, Mumbai, India

Nish Patel svarar på våra frågor kring den stora översvämningen i Mumbai 2005, att trots katastrofens omfattning så fick den ingen direkt inverkan på Alfa Laval's verksamhet, mer än i form av mindre avbrott och att anställda fick gå hem tidigt den dagen osv. Vidare redogör han för att Alfa Laval har planer för hur sådana händelser ska hanteras, i form av en Emergency Response Systems samt en Disaster Recovery Plan.

Not 4.

Korrespondens okt 2008

Björn Savlid, Associate, Swedish Trade Council – Exportrådet, Bangalore, India

Björn Savlid svarar att från Exportrådets sida är åsikten att implementeringen och den allmänna kännedomen kring katastrofhantering i Indien inte fungerar särskilt väl. När naturkatastrofer inträffar tar det ofta lång tid innan responsarbetet kommer igång, i jämförelse med utvecklade länder.

Not 6.

Korrespondens sep-nov 2008

Professor Xiaoto Cheng, Research Center on Flood and Drought Disaster Reduction, Beijing, China

Jing Wang, doktorand, Research Center on Flood and Drought Disaster Reduction, Beijing, China

Professor Cheng och miss Wang svarar på frågor kring klimatförändringar och naturkatastrofer i Kina, samt om staden Nanjing. Enligt dem är staden Nanjing sårbar för översvämningar, och har drabbats upprepade gånger under 1900-talet, vilket beror på stadens lokalisering, geografi och nederbördens variationer. Vidare är stadens avrinningssystem inte dimensionerat för stora regnmängder, vilket ger översvämningar i staden. Mot floden är stadens skydd dimensionerat att motstå översvämningar med en återkomsttid på 100 år, med planerad utbyggnad för att klara 200-års-översvämningar.

Angående *disaster preparedness*, förberedelser inför katastrofer, har alla kinesiska städer samma nivå på skydd. Varje stad har utsedda ansvariga samt tränade styrkor för att hantera katastrofer såsom översvämningar.

Nanjing har drabbats av tropiska cykloner vid ett flertal tillfällen, vilka medfört att stora regnmängder fallit över staden. Stadens hamn är relativt sårbar för översvämningar, och måste stängas vid kraftiga översvämningar för att skydda staden.

Nanjings sårbarhet påverkas av två faktorer, där skyddet mot katastrofer minskar sårbarheten samtidigt som utvecklingen av samhälle och ekonomi ökar den, genom större riskerade värden, utökad utbyggnad längs floden osv.

Klimatförändringarnas roll anses ha tagits hänsyn till i planeringen inför katastrofer. Man har sett en ökning i antalet större översvämningar på senare år, ett samband som dock inte är kvantitativt fastställt.

Not 7.

Korrespondens okt 2008

Anna Brandhorst-Satzkorn, Chairman, Group Environmental Council, Atlas-Copco, Sverige

Anna Brandhorst-Satzkorn svarar på frågor kring Atlas-Copcos etableringar utomlands, samt planering inför och hantering av naturkatastrofer i samband med detta. Atlas-Copco försöker ta hänsyn till alla tänkbara faktorer vid en etablering på

en ny plats. Inför etableringar är inte naturkatastrofer en faktor som vägs in, utan det är först under och efter byggnationens färdigställande då inspektioner görs som man försöker utvärdera dessa risker. När detta görs ser man enbart till riskerna i dagsläget; inga formella framtidsanalyser görs, och man ser främst till de historiska händelser som inträffat. Dock skulle en mer detaljerad framtidsanalys vara av intresse, ifall den fanns att tillgå.

Atlas-Copco har vid ett flertal tillfällen drabbats av avbrott på grund av cykloner, översvämningar och jordbävningar på olika platser i världen.

Not 8.

Korrespondens okt-nov 2008

Eva Stenström, EHS Manager, Swedwood International AB

Eva Stenström svarar på frågor kring Swedwoods etableringar utomlands, samt planering inför och hantering av naturkatastrofer i samband med detta. Eva beskriver att risker orsakade av naturkatastrofer är något som tas upp i underlag vid nyetablering men det sker ingen djupare analys av detta. Vidare menar hon att de områden där Swedwood är aktiva i dag inte tillhör områden som är utsatta för denna typ av risker. Dock anser hon att en riskanalys som belyser detta problem helt klart bör införas mer som rutin. För tillfället pågår ett arbete inom Swedwood som syftar till att belysa riskbilden ur ett större perspektiv.

Swedwood har inte drabbats av några större avbrott orsakat av naturkatastrofer tidigare. Tidsperspektivet som är relevant vid nyetableringar är inget som är dokumenterat men Eva menar på att det gäller åtminstone ett tjugotal år.

Not 9.

Deltagande vid konferenser, november 2008

Ny kunskap för ett säkrare samhälle, Krisberedskapsmyndigheten och Räddningsverket

Changing Climate – Changing Risk, Lund University Centre for Risk Analysis and Management (LUCRAM)

Författarna deltog vid dessa två konferenser, vilka gav såväl goda tillfällen att inhämta nya kunskaper och fakta som att träffa personer insatta i ämnet. Vidare gavs ett bra underlag för vilken typ av information och analyser som efterfrågas inom ämnet. Det visades även stort intresse för resultatet av examensarbetet.

Bilaga B – IPCC och osäkerheter

I IPCC:s rapporter används systematiskt termer för att definiera osäkerheten i vad som avses. Både observationer, modellresultat och utförda simuleringar innehåller osäkerheter. Utifrån en stor mängd resultat, simuleringar och i en del fall fackmannamässiga bedömningar beräknas konfidensintervall och osäkerhetsgränser. Nedan följer en beskrivning av nivåerna för rimlighet och sannolikhet:

Beskrivning av rimlighet (konfidens):

<u>Terminologi</u>	<u>Nivå om rimlighet att slutsatsen är riktig</u>
Högst troligt	minst 9/10 chans att det är riktigt
Mycket troligt	omkring 8/10 chans
Troligt	omkring 5/10 chans
Lite troligt	omkring 2/10 chans
Knappast troligt	mindre än 1/10 chans

Beskrivning av sannolikhet

<u>Terminologi</u>	<u>Sannolikhet att utfallet gäller</u>
Praktiskt taget säkert	> 99 % sannolikhet
Mycket sannolikt	90-99 %
Sannolikt	66-90 %
Lika sannolikt som inte	33-66 %
Osannolikt	10-33 %
Mycket osannolikt	1-10 %
Ytterst osannolikt	< 1 %

Bilaga C – Beräkningar av tendenser.

Interpolering 1

Interpolering 1 beskriver beräkningarna av Mumbais temperaturökning från idag till år 2040. Detta förtydligar de resultat som redovisas i avsnittet 4.1.4 *Framtida tendenser* där även värdenas ursprung kan utläsas.

$$\begin{array}{l}
 \text{IPCC}^1 \Rightarrow \frac{3}{\left(\frac{2090+2099}{2}\right) - \left(\frac{1980+1989}{2}\right)} \cdot 32 \approx 0,87 \\
 \text{IPCC}^1 \Rightarrow \frac{4}{\left(\frac{2090+2099}{2}\right) - \left(\frac{1980+1989}{2}\right)} \cdot 32 \approx 1,16 \\
 \text{Iied}^2 \Rightarrow \frac{1,75}{2050-2007} \cdot 32 \approx 1,34 \\
 \text{Defra}^1 \Rightarrow \frac{2,5}{\left(\frac{2100+2070}{2}\right) - \left(\frac{1990+1961}{2}\right)} \cdot 32 \approx 0,72
 \end{array}
 \left.
 \begin{array}{l}
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \right\}
 \frac{0,87 + 1,16 + 1,34 + 0,72}{4} = 1,02$$

$${}^1 \frac{\text{Temperaturförändring}}{\left(\frac{\text{Intervall slut}}{2}\right) - \left(\frac{\text{Intervall start}}{2}\right)} \cdot \text{Antal år} \approx \text{Temperaturförändring från år 2008 till år 2040}$$

$${}^2 \frac{\text{Temperaturförändring}}{\text{Slutår} - \text{Startår}} \cdot \text{Antal år} \approx \text{Temperaturförändring från år 2008 till år 2040}$$

Interpolering 2

Interpolering 2 beskriver beräkningarna av Nanjings temperaturökning från idag till år 2040. Detta förtydligar de resultat som redovisas i avsnittet 4.2.4 *Framtida tendenser* där även värdenas ursprung kan utläsas.

$$\begin{array}{l}
 \text{IPCC}^4 \Rightarrow \frac{4}{\left(\frac{2090+2099}{2}\right) - \left(\frac{1980+1989}{2}\right)} \cdot 32 \approx 1,16 \\
 \text{IPCC}^4 \Rightarrow \frac{2}{\left(\frac{2090+2099}{2}\right) - \left(\frac{1980+1989}{2}\right)} \cdot 32 \approx 0,58 \\
 \text{CCC}^5 \Rightarrow (1,2 - 0,5) + \frac{1,85 - 1,2}{20} \cdot 10 = 1,025 \\
 \text{NRDC}^6 \Rightarrow \frac{2,1}{2} + \frac{3,3 - 2,1}{30} \cdot 20 = 1,85 \\
 \text{NRDC}^6 \Rightarrow \frac{1,3}{2} + \frac{2,3 - 1,3}{30} \cdot 20 = 1,32
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{IPCC}^4 \\ \text{IPCC}^4 \\ \text{CCC}^5 \\ \text{NRDC}^6 \\ \text{NRDC}^6 \end{array}} \right\} \frac{1,16 + 0,58 + 1,025 + 1,85 + 1,32}{5} = 1,19$$

$${}^4 \frac{\text{Temperaturförändring}}{\left(\frac{\text{Intervall slut}}{2}\right) - \left(\frac{\text{Intervall start}}{2}\right)} \cdot \text{Antal år} \approx \text{Temperaturförändring från år 2008 till år 2040}$$

Temperaturökning till $\Leftrightarrow$ Töt

$${}^5 (\text{Töt } 2030 - \text{Töt } 2010) + \frac{\text{Töt } 2050 - \text{Töt } 2030}{2050 - 2030} \cdot 2040 - 2030 = \text{Temperaturförändring från år 2010 till år 2040}$$

$${}^6 \frac{\text{Töt år } 2020}{2} + \frac{\text{Töt } 2050 - \text{Töt } 2020}{2050 - 2020} \cdot 2040 - 2020 = \text{Temperaturförändring från år 2010 till år 2040}$$

Extrapolering 1

Extrapolering 1 beskriver beräkningarna av havets temperaturökning utanför Mumbai från idag till år 2040 samt till år 2070. Detta förtydligar de resultat som redovisas i avsnittet *4.1.4 Framtida tendenser* där även värdenas ursprung kan utläsas.

$$2040^3 \Rightarrow \frac{0,32}{10} \cdot 32 = 1$$

$$2070^3 \Rightarrow \frac{0,32}{10} \cdot 62 = 2$$

$$\frac{{}_3\text{Förändringskvot}}{\text{Decennium}} \cdot \text{Antal år} = \text{Temperaturförändring från år 2008 till år 2040/2070}$$

Extrapolering 2

Extrapolering 2 beskriver beräkningarna av Mumbais nederbördsförändringar från år 2000 till år 2040. Detta förtydligar de resultat som redovisas i avsnittet 4.1.4 *Framtida tendenser* där även värdenas ursprung kan utläsas. Utgångspunkten är värden för år 2000, då det skedde 18 st extremt kraftiga nederbördstillfällen och den genomsnittliga nederbördsmängden för de fyra kraftigaste nederbördstillfallen var 260 mm.

Scenarios	Lutningskonstant (k)	År 2008	År 2040
Extreme rainfall R>150 mm/dag	$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{18 - 8}{2000 - 1950} = 0,2$	18+0,2*8=19,2 st	18+0,2*40=26 st
Fyra maximala nederbördsmedel	$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{260 - 185}{2000 - 1950} = 1,5$	260+1,5=274 mm/dygn	260+1,5*40=320 mm/dygn

Ökningen från år 2008 till år 2040 blir:

$$\frac{26}{19,2} \approx 1,35 = 35\%$$

$$\frac{320}{274} \approx 1,17 = 17\%$$

Extrapolering 3

Extrapolering 3 beskriver beräkningarna av Nanjings nederbördsmängden vid extrema regn från i dag till år 2050. Detta förtydligar de resultat som redovisas i avsnittet 4.1.4 *Framtida tendenser* där även värdenas ursprung kan utläsas.

Förenklingar som har gjorts är att dagens årtal har avrundats till 2010. Vidare har ett scenario gjorts för en ökning med 10 % per år och ett scenario för en ökning med 20 % per år.

	År 2010	År 2020	År 2040	År 2050
Ökning med 10 %	-	10%	33%	46%
Ökning med 20 %	-	20%	73%	98%

Bilaga D – Frågeformulär till företag

Följande frågor har besvarats, i olika utsträckning, av representanter för företagen Atlas Copco, IKEA och Swedwood International AB:

Vid etablering i u-länder, vilken är förtjänsten? (t.ex. billig arbetskraft, ny marknad, billigare råvaror, skatter, tillgängligheten)

Vid nyetablering, vilket tidsperspektiv är av relevans för verksamhetsanalyser?

Vid beslut om nyetablering erhålls det någon information om aktuell och/eller framtida riskbild orsakad av naturkatastrofer?

Om information erhålls, vilken typ av information är det, var ifrån kommer den och vilken betydelse för beslutet har den?

Vilken typ av information efterfrågas (angående framtida riskbild)? Utveckla gärna vad ni vill veta, varför och hur utförligt?

Vilken typ av information tror ni finns tillgänglig om framtida riskbild, och hur pålitlig tror ni att den är?

Vilken effekt tror ni en eventuell riskanalys med avseende på naturkatastrofers påverkan i framtiden skulle få på ett etableringsbeslut?

Vem tycker ni ska bistå med denna typ av information?

Har ni vetskap om någon skada/problem som uppstått orsakad av naturkatastrofer hittills i er verksamhet?

Bilaga E – Beskrivning av och bakgrund till viktiga källor

En mängd källor har använts och analyserats för att finna statistik kring och verktyg för bedömning av naturkatastrofer och extrema händelser. Dessa källor kommer från skilda utgivare såsom FN-organ, universitet och återförsäkringsbolag. Det är framförallt fyra källor som har legat till grund både för rapporten och en stor del av den verksamma forskningen. Dessa är IPCC, Munich Re, Världsbanken och EMDAT. Här nedan kommer att redogöras för hur dessa utgivare bidragit till insamlandet av information till denna rapport, tillsammans med kortare bakgrundsbeskrivningar av dem och deras metoder. Slutligen redovisas deras övergripande syn på den framtida utvecklingen av klimatet.

IPCC

IPCC har beskrivits mer ingående under avsnittet *klimatförändringar* vilket gör att fokusen i denna bilaga ligger på deras analyser av framtiden. I AR4 slår IPCC fast att det är mycket sannolikt att förekomsten av värmeextremer, värmeböljor och skyfall kommer att fortsätta öka. Flera modeller tyder även på att det är sannolikt att tropiska cykloner kommer öka i intensitet med högre vindhastigheter och medförande högre vindstyrkor. Detta tros ha ett samband med en stigande temperatur i de tropiska haven. Lågtrycksbanorna över jorden kommer att förskjutas mot polerna, vilket ger förändrade vind-, nederbörds och temperaturmönster. På högre breddgrader är ökad nederbörd mycket sannolik, medan den kommer minska över subtropiska landområden.

Vidare konstateras att även om det inte går att härleda enstaka extrema händelser till klimatförändringar så kan ett sannolikt samband mellan de faktorer som människan påverkar och risk för ökande händelser påvisas. Exempelvis kan man finna samband mellan ökning av växthusgaser och sannolikheten för påverkan på frekvensen av händelser som värmeböljor och frost. Detta är statistiska samband som dock behöver utredas ytterligare.

Nederbörden bedöms att koncentreras till färre men kraftigare tillfällen i ett varmare klimat. Det kan leda till såväl perioder av torka mellan dessa tillfällen, som översvämningar när nederbörd väl kommer.

Det finns inga bevis för att klimatförändringarna som sker leder till fler och större naturkatastrofer. Däremot konstaterar man på flera håll att det finns tecken på att så skulle kunna vara fallet.

The Munich Re Group

Återförsäkringsbolaget Munich Re, eller München Rück, startades på 1880-talet i München i Tyskland av Carl Thieme. Företaget har växt kontinuerligt, och är idag världens största återförsäkringsbolag och dessutom Tysklands näst största försäkringsbolag. Över 5 000 försäkringsbolag i 150 länder är återförsäkrade i detta företag. Munich Re är aktiva främst som återförsäkrare men även som riskfinansiärer och inom försäkringsbranschen. Företaget har utvecklat ett verktyg som ska verka som stöd för försäkringsbolag vid riskberäkningar. Man hävdar att i en snabbt föränderlig värld måste risker orsakade av naturfenomen vara en del av övergripande

riskbedömningen. Detta för att ge ett hållbart försäkringsantagande på en längre sikt. 1974 startades avdelningen *the Geo Risks Research Centre of Competence* i regi av Munich Re, med syfte att närmare undersöka klimatrelaterade problem och naturkatastrofer, i samband med riskbedömningar. Avdelningens experter har utvecklat programmet NATHAN (NATural Hazards Assessment Network) som bygger på samlad expertkunskap om riskbilden i världen med avseende på naturkatastrofer. Vidare har man i en databas samlat data om ett stort antal inträffade katastrofer (Munich Re 6, 2008).

De siffror företaget främst varit intresserad av är de ekonomiska förluster katastroferna medfört, varför man gjort stora ansträngningar för att få fram denna typ av mått även för de händelser där detta inte specifikt framgår. Detta har man gjort genom jämförelser med likartade händelser och analys av krav på ersättningar, i förhållande till det drabbade landets ekonomi. (Munich Re 7, 2008)

Ur databasens material har man sedan, för perioden 1980-2005, analyserat 16 000 katastrofer. Dessa har delats in i sju kategorier, beroende på händelsens nivå av allvarlighet:

- Inga skador på egendom eller människor (Kategori 0)
- Liten eller måttlig skada (Kategori 1 och 2)
- Allvarlig/stor eller mycket stor skada (Kategori 3 och 4)
- Mycket, mycket stor eller förödande skada (Kategori 5 och 6)

Händelser i kategori 0 plockades bort ur analysen, och de övriga delades in i kategorier om två enligt ovan. Ur denna sammanställning drar man en rad slutsatser:

- 85 % av katastroferna beror på väderrelaterade händelser
- Katastrofer i kategori 1 och 2 har minskat relativt allvarligare katastrofer
- Övriga kategorier visar en signifikant ökande trend
- Asien är hårdast drabbat, både vad gäller antal katastrofer och antal dödsfall
- Katastrofer i kategori 5 och 6 står för 86 % av alla dödsfall och 86 % av alla ekonomiska förluster, men utgör enbart 3 % av det totala antalet katastrofer (Munich Re 8, 2008)

Samma typ av trender ses i statistiken för perioden 1950-2005. Under denna period har antalet allvarliga naturkatastrofer mer än fördubblats, och de ekonomiska förlusterna har ökat med faktorn 6,7. Detta är en trend som man anser kommer hålla i sig. (Munich Re 9, 2008).

Världsbanken

Världsbanken (World Bank) är en internationell bank som verkar för att motverka fattigdom i världens utvecklingsländer. Verktyg inom finansiella och tekniska områden används inom banken, som är en icke vinstdrivande organisation. Världsbanken ägs gemensamt av 185 olika länder och bildades år 1944. Huvudkontoret är etablerat i Washington och det finns ca 10 000 anställda inom organisationen, utspridda i över 100 olika länder (The World Bank 4, 2008).

Världsbanken har tillsammans med Center for Hazard and Risk Research på University of Columbia, USA, gjort en översiktlig sammanställning av riskerna för olika naturfenomen. Detta projekt har gått under arbetsnamnet ”The Global Nature Disaster Hotspots” och syftar till att identifiera ”hotspots”, områden utsatta för risker

för naturkatastrofer, med inriktning mot utvecklingsländer. Detta med syfte att öka kunskapen och medvetenheten om vilka risker som finns och var de är reella. Kunskapen ska nyttjas så att riskreducerande åtgärder kan genomföras där de bäst behövs. Vidare eftersträvas att öka kunskapen och informationsflödet kring vilka sårbarheterna är, för att på ett effektivare vis kunna utföra förberedelser på lång sikt *innan* en katastrof inträffar. Detta är önskvärt för att minska behovet av akuta hjälpinsatser när en katastrof väl har inträffat (Center for Hazard and Risk Research, 2008).

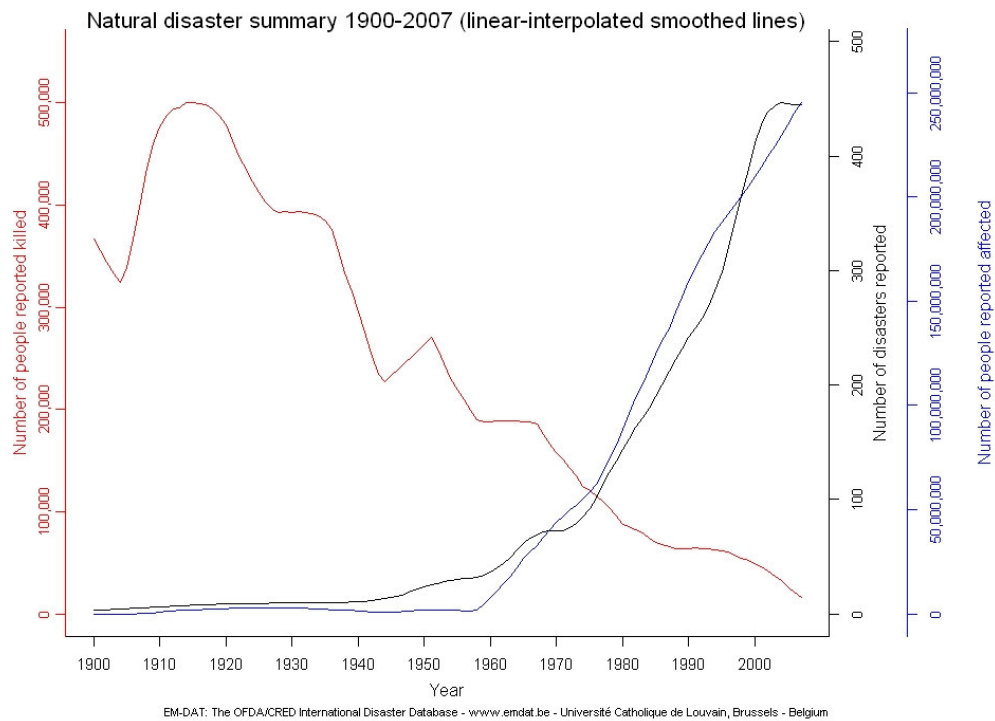
Inom projektet har jordens yta delats in i ett rutnät, för att därigenom kunna komma ner på en lägre nivå än om man enbart använt sig av indelning i länder. För varje ruta har dels en allmän risknivå bedömts utifrån historiska händelser, och dels en mer specifik risknivå. Den specifika risknivån bedöms utifrån både antalet invånare i rutan med avseende på dödlighet, samt den proportionella andel av landets BNP som produceras där med avseende på ekonomisk förlust. För att presentera resultatet har man valt att illustrera den *relativa* risken för varje ruta, vilket innebär att man av alla rutor skapat tio grupper, med ungefär lika många rutor i varje. Utifrån detta har den relativa risken bedömts, både för varje typ av katastrof enskilt och i form av en sammanvägning. De tio grupperna har i sin tur delats in i tre nivåer. Den högsta av dessa, bestående av grupp 8, 9 och 10, är områden där risken bedöms som *hög*. Grupperna 5, 6 och 7 bedöms utsatta för en *medelhög* risk och de därunder för *låg* risk. De områden som inte omfattas av någon av dessa benämns *ej utsatta* för risk (The World Bank 1, 2008).

EMDAT

Sedan 1988 driver den belgiska institutionen *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*, CRED, en databas under namnet EMDAT; *Emergency events Database*. Databasen skapades på initiativ av Världshälsoorganisationen WHO (World Health Organization) och den belgiska staten. I databasen samlas information från en rad källor såsom FN-organ, non-governmental organisations, forskningsinstitut och försäkringsbolag om över 16 000 katastrofer som inträffat i världen, från år 1900 och framåt. Informationen innefattar antal dödade och påverkade vid katastroferna, och där det är möjligt även de ekonomiska kostnaderna som uppstått, samt storleken på eventuellt bistånd.

I en mängd grafer och diagram illustreras information sammanställd om dessa händelser. För naturkatastrofer kan man globalt sett utläsa att såväl antalet inrapporterade katastrofer som antalet påverkade människor ökat kraftigt sedan 1950-talet. Detta samtidigt som antalet dödsfall visar en nedåtgående trend under hela 1900-talet, se *figur 31* (EMDAT 1, 2008).

Dessa trender kan säkerligen till viss del förklaras med utveckling av skydd mot katastrofer samt verktyg för att förutse och lindra dem, med färre dödsoffer som följd. Dock gör en ständigt växande befolkning och en ökad urbanisering att antalet påverkade människor ökar i takt med antalet katastrofer. Vidare upptäcks och rapporteras med stor sannolikhet fler katastrofer som sker idag, än vad som gjorts tidigare.



Figur 31: Antal dödade och påverkade av naturkatastrofer 1907-2007, samt antalet inrapporterade katastrofer. (Källa: EMDAT 2, 2008)

EMDAT har som syfte att underlätta och stödja beslutsfattande vid bedömning av sårbarhet på nationella och internationella nivåer. Detta genom att den information som presenteras utgör ett underlag för exempelvis prioritering vid förberedelse inför katastrofer (EMDAT 2, 2008).