

Rapport 2011:28



LÄNSSTYRELSEN  
I STOCKHOLMS LÄN

# Stockholm – varmare, blötare

## Klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län



Rapport 2011:28



LÄNSSTYRELSEN  
I STOCKHOLMS LÄN

# **Stockholm – varmare, blötare**

## **Klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län**

Författare: Emma Östlund och Lovisa Lagerblad

Foto omslag: Christina Fagergren

Utgivningsår: 2011

ISBN: 978-91-7281-454-7

För mer information kontakta:  
avdelningen för samhällsskydd och beredskap  
Länsstyrelsen i Stockholms län

Tfn 08-785 40 00

E-post: [beredskap.stockholm@lansstyrelsen.se](mailto:beredskap.stockholm@lansstyrelsen.se)

Rapporten finns som pdf på vår webbplats  
[www.lansstyrelsen.se/stockholm](http://www.lansstyrelsen.se/stockholm)

**KLIMATKOMPENSERAT  
PAPPER**  
[www.antalas.se](http://www.antalas.se)





# Anpassning till ett förändrat klimat

Klimatets förändringar berör samhällets alla sektorer och det är få verksamheter som kommer att förbli helt opåverkade. En medveten långsiktig planering innebär en rad åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar som märks redan idag och till de som väntar i framtiden.

Länsstyrelsen har en samordnande roll i det regionala klimatanpassningsarbetet. Det innebär att stödja kommuner och andra aktörer för att underlätta planering och genomförande av lämpliga åtgärder. Underlag från sektorsmyndigheter behöver sammanställas och föras vidare, till exempel klimatunderlag som beskriver klimatets förändringar i olika tidsperspektiv. Regionala analyser behöver utföras och komma olika parter till godo. En viktig del av länsstyrelsens arbete är att höja kunskapen inom regionen om klimatets förändringar och om de konsekvenser förändringarna innebär för samhället.

Sårbara områden och verksamheter behöver identifieras så att lämpliga åtgärder kan vidtas för att anpassa samhället på ett hållbart sätt. Länets kommuner ansvarar för ett stort antal viktiga verksamheter. Kommunerna är ofta den aktör där de konkreta anpassningsåtgärderna kan och behöver genomföras. Ett samarbete mellan regionens olika aktörer är en mycket viktig del i detta arbete.

*Stockholm - varmare, blötare* är en klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län. Avsikten är att rapporten ska ligga till grund för kommuner och andra aktörer i länet att påbörja och vidareutveckla befintligt arbete med anpassning till ett förändrat klimat.



# Förord

Länsstyrelsen fick år 2009 regeringens uppdrag att samordna arbetet på regional nivå med anpassning till ett förändrat klimat. Denna klimat- och sårbarhetsanalys är en del av detta uppdrag med syftet att översiktligt undersöka hur Stockholms län kan komma att påverkas av det förändrade klimatet.

Inom länet finns en mängd verksamheter, infrastruktur, natur och en stor befolkning som direkt eller indirekt påverkas av klimatförändringarna. Stockholmsregionen växer och förändringarna i klimatet är en av de aspekter som behöver beaktas i utvecklingen av en attraktiv storstadsregion. Rapporten är tänkt att utgöra en länk mellan den övergripande sårbarhetsanalys som den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen genomförde och kommunernas samt andra kommunala och regionala aktörers arbe-

te med klimatanpassning. Avsikten är att rapporten ska ligga till grund för kommuner och andra aktörer i länet att påbörja och vidareutveckla befintligt arbete med anpassning till ett förändrat klimat.

Rapporten är författad av Lovisa Lagerblad och Emma Östlund, med handledning av Christina Frost, samtliga på avdelningen för Samhällsskydd och beredskap. En referensgrupp bestående av Kristina Dunker Vaxholms stad, David Lanthén Upplands-Bro kommun, Liselotte Löthagen Södertälje kommun samt Brita Mohlin Stockholms stad har ingått i arbetet. Utöver dessa personer har rapporten granskats av sakkunniga internt på Länsstyrelsen i Stockholms län.

September 2011



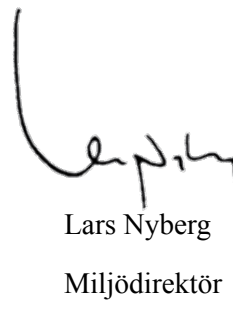
Hans O. Spets

Försvarsdirektör



Inger Holmqvist

Plandirektör



Lars Nyberg

Miljödirektör





# Innehåll

<b>Läsanvisning</b> .....	11
<b>Begrepp i analysen</b> .....	12
<b>Sammanfattning</b> .....	13
<b>Summary</b> .....	15
<b>Inledning</b> .....	17
Vad blir det för klimat?.....	17
Varför behövs en regional klimat- och sårbarhetsanalys?.....	17
Modeller för klimatberäkningar.....	18
Metod för konsekvensanalys.....	19
Avgränsning och osäkerhet.....	21
<b>Klimatet idag och exempel på inträffade extremer</b> .....	23
Skredet i Jordbro 1972.....	23
Översvämningarna år 2000.....	23
Värmebölja i juli 2010.....	25
Branden i Tyresta augusti 1999.....	25
Blöta somrar åren 2005 och 2010.....	26
Två vargavintrar åren 2009-2011.....	27
<b>Länets framtida klimat</b> .....	29
Högre temperatur.....	29
Mer nederbörd.....	30
Vind.....	31
Förändrade flöden.....	31
Förändring av vattenföringens säsongsvariation.....	31
Förändring av lokala och totala 100-årsflöden.....	33
Höjda havsnivåer.....	33
Medelvattenstånd och landhöjning.....	33
Specialfallet Mälaren.....	35
<b>Geotekniska förutsättningar</b> .....	37
Ras och skred.....	37
Förutsättning för erosion.....	39
Vattendrag.....	39
Havet.....	39
Mälaren.....	40
<b>Konsekvenser och sårbarheter inom olika system</b> .....	41
Bebyggelse och byggnader.....	42
Översvämning av strandnära bebyggelse.....	42
Ras, skred och erosion.....	46
Byggnadskonstruktioner.....	50
Kulturarvet.....	53
Värme- och kylbehov i byggnader.....	55
Föroreningsspredning.....	56
Tekniska försörjningssystem.....	58
El-/gasproduktion och -distribution.....	59
Dammar.....	62
Dricksvattenförsörjning.....	63
Elektroniska kommunikationer.....	69
Transportinfrastruktur.....	70
Vägar.....	70
Järnvägar.....	74
Luftfart.....	75
Sjöfart.....	76
Människors hälsa.....	77
Värmeböljor.....	77
Allergier.....	78
Smittsamma sjukdomar.....	78
Areella näringar och turism.....	81
Jordbruk och djurhållning.....	81
Skogsbruk.....	82
Fiske.....	83
Turism och friluftsliv.....	84
Biologisk mångfald och miljömål.....	86
<b>Stockholm – varmare, blötare</b> .....	91
Diskussion.....	91
Behov av underlag och djupare studier.....	93
<b>Referenser</b> .....	94
Rapporter.....	94
Tidningsartiklar.....	98
Hemsidor.....	98
Personlig kontakt, telefon och mejl.....	100
Presentationer.....	101
Användbara länkar och rapporter.....	101
<b>Bilagor</b> .....	102
Bilaga 1. Analysfrågor.....	102
Bilaga 2. Metodbeskrivning för konsekvens- analys av översvämning, ras, skred och erosion.....	103
Bilaga 3. Bebyggelse - beskrivning av markslagsklasser och bebyggelse typer.....	106
Bilaga 4. Höjdsystem i länet.....	107
Bilaga 5. Nya höjddata.....	108



# Läsanvisning

Denna analys som syftar till att beskriva konsekvenserna av klimatförändringarna för Stockholms län är uppdelad i sex huvudavsnitt. Analysen av konsekvenserna beskrivs i avsnittet *Konsekvenser och sårbarheter inom olika system*. Detta avsnitt är placerat efter inledning och beskrivning av klimatets förändring men kan läsas separat. För att skapa en grundförståelse för klimatförändringarna och dess konsekvenser är dock inledning, metodik och de geotekniska förutsättningarna viktiga att förstå. Nedan beskrivs vad som presenteras i respektive avsnitt.

*Inledning* ger en allmän beskrivning av klimatet idag och varför det förändras. Vidare beskrivs de modeller som används för att beräkna klimatets framtida utveckling samt de metoder som använts för att göra analysen av klimatförändringarnas påverkan på länet.

*Klimatet idag och exempel på inträffade extremer* beskriver inträffade extrema väderhändelser i länet.

*Länets framtida klimat* beskriver hur länets klimat kommer att förändras i framtiden med bland annat högre temperatur, mer nederbörd och höjda havsnivåer. Detta avsnitt baseras på uppgifter från SMHI:s rapport ”Regional klimatsammanställning för Stockholms län” och SGI:s analys ”Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län - för dagens och framtidens klimat” samt till dessa hörande kortversioner.

*Geotekniska förutsättningar* beskriver stabilitetsförhållanden samt förutsättningar för erosion idag och i ett framtida klimat.

*Konsekvenser och sårbarheter inom olika system* beskriver klimatförändringarnas förväntade påverkan på systemen bebyggelse och byggnader, tekniska försörjningssystem, elektroniska kommunikationer, transportinfrastruktur, människors hälsa, areella näringar och turism samt biologisk mångfald och miljö kvalitetsmål. Systemen är skrivna var för sig och kan därför läsas separat. Efter några av

analyserna presenteras exempel på åtgärder för att motverka eller minska sårbarheten inom beskrivet system med avseende på klimatförändringarna.

*Stockholm – varmare, blötare* ger en sammanfattande och diskuterande slutsats där de allra viktigaste påverkansområdena lyfts fram.

Före inledningen finns dessutom en sammanställning av *begrepp* som används i analysen samt en *sammanfattning* på svenska och engelska.

# Begrepp i analysen

*Dimensionerande flöde och dimensionerande nivå* - Det högsta flöde som beräknas uppstå i ett vattendrag på grund av en kritisk kombination av faktorer såsom regn, snösmältning, hög markfuktighet och magasinifyllning. Beräkningarna baseras på de riktlinjer för dimensionering av dammanläggningar som upprättas av Flödeskommittén. Den nivå som blir resultatet av ett dimensionerande flöde kallas dimensionerande nivå.

*100-årsflöde och 100-årsnivå* - Beräknas utifrån statistisk analys av observerade vattenföringsserier och inträffar med frekvensen 1 på 100 för varje år. Sannolikheten att flödet inträffar under en 100-årsperiod är 63 procent. 100-årsflödet kan delas in i lokala och totala flöden, se beskrivningar under *Lokal tillrinning* samt *Total tillrinning*. Den nivå som blir resultatet av ett 100-årsflöde kallas 100-årsnivå.

*Klimatanpassning* - Klimatanpassning innebär att man beaktar konsekvenser av klimaförändringen, vilka kan vara både positiva eller negativa, och vidtar de åtgärder som behövs. I praktiken innebär klimatanpassning att man integrerar klimatfrågor i sin verksamhet.

*Klimatscenarioer<sup>1</sup>* - Scenarier handlar om tänkbara utvecklingar. Klimatscenarioer baseras på olika antaganden om framtiden i form av emissionsscenarioer som bland annat grundar sig på befolkningsutveckling, ekonomisk- och teknisk utveckling och på vädrets statistiska beteende, det vill säga klimatet. Klimatscenarioerna tas fram med hjälp av klimatmodeller.

*Lokal tillrinning* - Endast tillrinningen från varje enskilt delavrinningsområde.

*Nollgenomgångar* - Är när två på varandra följande dagar har en temperaturskillnad som passerar 0°C, det vill säga att temperaturen varit både över och under 0°C.

*Risk* - Begreppet risk avser en sammanvägning av sannolikheten för att en händelse ska inträffa och de (negativa) konsekvenser som kan komma av denna händelse.

*Sårbarhet<sup>2</sup>* - Betecknar hur mycket och hur allvarligt samhället eller delar av samhället påverkas av en händelse. De konsekvenser som en aktör eller samhälle, trots en viss förmåga, inte lyckas förutse, motstå, hantera och återhämta sig från anger graden av sårbarhet.

*Total tillrinning* - Allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet.

*Väderprognos<sup>3</sup>* - En väderprognos ger information om vad som kommer att hända med vädret på lokal skala under en kortare tid.

*Återkomsttid* - Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Sannolikheten för att ett 100-årsflöde ska inträffa är 1 på 100 för varje enskilt år. Det betyder att sannolikheten att ett 100-årsflöde kommer att inträffa någon gång under 100 år är 63 procent.

$$1 - (99/100)^{100} = 63\%$$

1 SMHI Klimatpresentation <http://www.smhi.se/k-data/klimatpresentation/smhi4.swf>

2 Risk- och sårbarhetsanalyser, Vägledning statliga myndigheter, KBM 2006:4 s. 13

3 SMHI Klimatpresentation <http://www.smhi.se/k-data/klimatpresentation/smhi4.swf>







Foto: Jamie Senewiratne

## Sammanfattning

Syftet med denna analys är att beskriva konsekvenserna för Stockholms län av ett förändrat klimat inom ett antal systemområden: bebyggelse, tekniska försörjningssystem, elektroniska kommunikationer, transportinfrastruktur, människors hälsa, areella näringar och biologisk mångfald. En regional klimatsammanställning för Stockholms län från SMHI och SGI utgör grund för analysen. Rapporten är tänkt att utgöra en länk mellan den nationellt övergripande Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU2007:60) och kommunernas samt andra kommunala och regionala aktörers arbete med klimatanpassning. Många kommuner har stor utvecklingspotential inom klimatanpassningsarbetet och möjligheterna är stora att hantera klimatförändringarna med framgång.

Följande klimatförändringar, i slutet av seklet, utgör ingångsvärden för analysen (SMHI, 2011:a):

- Medeltemperaturen ökar med 4 till 6 °C vid slutet av seklet.
- Årsmedelnederbörden ökar med 10 till 30 procent, där den största ökningen sker vintertid.
- Växtsäsongen ökar med cirka 100–140 dagar till slutet av seklet, det vill säga större delen av året kan komma att utgöra vegetationsperiod.
- Extrem nederbörd ökar med cirka 20 procent, med ökad risk för kraftiga regn.
- Antal snö dagar minskar med mellan 65 till 100 dagar.
- Flöden i vattendragen ökar kraftigt på vintern men minskar under vår och sommar.
- Havets medelvattennivå, med hänsyn tagen till landhöjningen, stiger med mellan 30 till 50 cm från norr till söder längs länets kust. Från cirka mitten av seklet överstiger havets höjning landhöjningen. Tillfälligt stiger vattnet högre till följd av framförallt lågtryck och pålandsvind. Efter år 2100 kan havet stiga ännu mer och effekterna bli betydande.



Utgångspunkten för sårbarhetsanalysen har varit sektorsspecifika analyser. Sårbarhetsanalysen består av de tre delarna orsak, system samt konsekvenser, positiva som negativa. Konsekvenserna kommer att påverka flera olika områden. De som har bedömts som mest aktuella för länet är följande:

- Värmeböljor blir betydligt vanligare i slutet på seklet, vilket har påverkan på bland annat människors och djurs hälsa. Förebyggande planerings- och informationsåtgärder är viktiga, men även olika tekniska lösningar som gröna tak och ändrad byggteknik.
- Den högre temperaturen ger ett gynnsammare klimat för fästingar, myggor och bakterier vilket bland annat leder till att risker för TBE och borrelia ökar.
- Lokala översvämningsproblem kopplade till skyfall och extrem nederbörd kan öka vilket ställer ökade krav på dagvattenhantering och hänsynstagande vid fysisk planering.
- Översvämningsrisker från havet ökar med en stigande havsnivå. Detaljerade översvämningskarteringar och en framsynt bebyggelseplanering längs kusten behövs.
- Bebyggelse påverkas i ett längre perspektiv negativt av värme och nederbörd men kan även påverkas av extremhändelser som översvämning, ras, skred och erosion. Risken för ras, skred och erosion väntas öka i länet vilket ställer krav på såväl anpassningsåtgärder i befintlig bebyggelse som hänsynstagande vid nybyggnation.
- Infrastruktur som planeras långsiktigt behöver redan idag anpassas för ett förändrat klimat, till exempel genom ökad hänsyn till försämrade markstabilitet och översvämningar samt dimensionering för ökad nederbörd och avrinning.
- Ökad temperatur och större variationer i nederbörd och avrinning kan medföra ökad risk för försämrade råvattenkvalitet. Målmedvetet arbete och förstärkt skydd av vatten- och reservvattentäcker behövs för en långsiktigt hållbar dricksvattenförsörjning i länet.

Genomförandet av anpassningsåtgärder ligger till stor del på länets kommuner. Det är därför angeläget att kommunerna utreder anpassningsfrågan mer detaljerat för sitt eget område. Detta kan lämpligen göras i en kommunal klimat- och sårbarhetsanalys. En kommunövergripande klimat- och sårbarhetsanalys utgör tillsammans med förslag om åtgärder, kostnader och ansvar för olika åtgärder en klimatanpassningsplan. En sådan plan är en viktig del i kommunens övriga planerings- och analysarbete där de föreslagna klimatanpassningsåtgärderna ska beaktas i ett helhetsgrepp och ingå i en större process.

Länet har goda möjligheter att anpassas till ett förändrat klimat. Det är vår förhoppning att medvetenheten och framsyntheten idag bidrar till att på ett hållbart sätt möta framtidens utmaningar och skapa nya möjligheter för länet där de positiva effekterna kan tas tillvara.







## Summary

The main objective of this analysis is to evaluate the potential risks of climate change to the county of Stockholm in a number of sectors of society: built environment, infrastructure, water resources, energy, transport, electricity, human health, agriculture, forestry, tourism and biological diversity. The consequences of climate change are analysed on the basis of a regional climate change scenario produced by the Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SMHI, and the Swedish Geotechnical Institute, SGI. The aim of this analysis is to act as a link between the national government report, Sweden facing climate change – threats and opportunities (SOU 2007:60), and the counties', municipalities' and other municipal and regional actors' work on adapting to a changing climate. The municipalities have great potential to develop their adaptation efforts, and in many sectors, success in tackling climate change is a tangible goal.

In order to highlight the vulnerability of the county of Stockholm in a future climate, a number of regional scenarios from SMHI for climate change by the end of this century have been used. These are briefly outlined below:

- A mean temperature increase of 4 to 6°C.
- Mean annual precipitation increases of 10 to 30 percentage points, with the greatest increase during the winter period.
- Extreme precipitation increases of approximately 20 percent.
- Days with snow cover decrease by between 65 to 100 days.
- Flows in watercourses increase considerably during winter but decrease during spring and summer, keeping annual flows almost unchanged.
- Mean sea level rise of 0.30 to 0.50 metres from north to south in the county (with land elevation taken into account). Temporary effects from wind and storms may raise the level even further. The sea level will continue to rise after 2100.

The vulnerability analysis for a number of sectors and areas has been carried out in three stages: description of the system, vulnerabilities to climate change, and consequences, both positive and negative. Recommendations are made for some sectors. The consequences that have been identified as affecting the county most are as follows:

- Future heat waves will become a significant problem, affecting both human and animal health. Measures to counteract this through physical planning and information will be necessary.
- The increase in temperature will create a more favourable climate for ticks, mosquitoes and bacteria, leading to increased risk of spread of diseases such as the tick-borne diseases TBE and borreliosis (Lyme disease).
- Local floods arising from extreme rainfall will become more frequent, and effective storm water systems will be of increasing importance.
- Risk of flooding from the sea will increase due to a global rise in sea level. A detailed flood map for the coastal areas is desirable, and forward-looking urban and regional planning is needed.
- The built environment will be affected in the long term by heat and precipitation but also by extreme events such as flooding, landslides and erosion. The risk of these extreme events occurring is increasing and demands existing settlement and risk management strategies to be adapted when planning new buildings and infrastructure.
- Infrastructure has a long lifetime. It is therefore essential to plan and construct it with a great deal of consideration for and understanding of ground stability, the risk of flooding, and dimensioning for the disposal of rain and storm water.

- With increasing outflows of rain water and higher temperatures, the raw water quality might change and deteriorate. Risk of salt water intrusion is increasing due to the rise in sea level. Purposeful planning and conservation of water supplies and reserve water is essential for a sustainable water supply in the county.

It will get warmer, there will be more rain and the sea level will rise, even if the exact temperatures and levels will change through new, more detailed scenarios and more local models as new research documentation is produced. The focus should therefore be on the possibility of building a robust society using flexible adaptation measures to manage uncertainties.

Carrying out these adaptation measures is largely the task of the county's municipalities. It is therefore important that the municipalities investigate the issue of adaptation on a more detailed level for their own areas, preferably in a municipal climate vulnerability analysis. Such an analysis at overall municipal level, together with a proposal for measures, costs and division of responsibilities, constitutes a climate adaptation plan. Such a plan should form a key part of the municipality's general planning and analysis work. The motivation and innovative strength of the business community is also important.

Opportunities to adapt to climate change in the county are good. Our hope is that awareness and farsightedness today will lead to a sustainable means of planning for and confronting future challenges in a way that gives positive effects for the region and enables it to evolve.



# Inledning

## VAD BLIR DET FÖR KLIMAT?

Vädret påverkar hela jordens ekosystem, och ekosystemen i sin tur påverkar vädret. Det är en komplicerad process styrd av luftens rörelser i atmosfären, solens strålning, vattnets kretslopp och jordens rörelser. Väder kan meteorologerna med avancerade modeller förutsäga för ungefär en vecka framåt. När klimatet beräknas, det vill säga vädrets statistiska beteende, är tidsperspektivet betydligt längre. Det rör sig om årtionden.

Klimatet på jorden är ett känsligt system och det har under alla tider förändrats. Idag pågår en klimatförändring som sker betydligt snabbare än tidigare. De globala utsläppen av växthusgaser, till exempel koldioxid (CO<sub>2</sub>), påverkar atmosfärens sammansättning. De alltmer ökande halterna av växthusgaser påverkar den globala temperaturen som stiger. (SMHI, 2009)

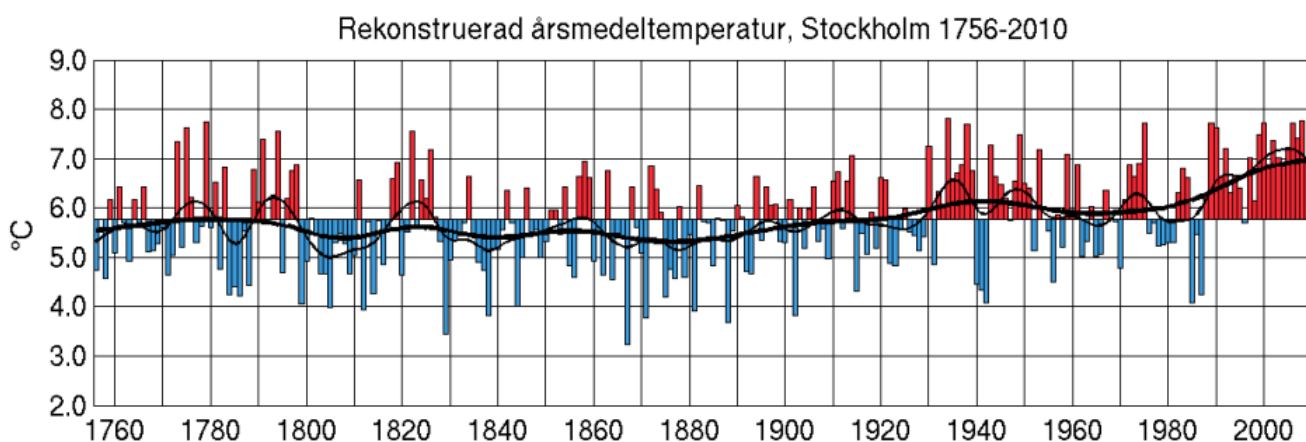
Klimatscenarioer kan inte exakt säga vilket år det kommer att vara snöfritt, eller hur varma kommande somrar kommer att bli. Initialtillståndet, ungefär en stillbild av jorden, är den stora skillnaden mellan väderprognoser och klimatscenarioer. I en väderprognos

för ett par dagar framöver behöver meteorologerna inte ta hänsyn till förändringar i de långsamma processerna djupt ner i haven eller i marken. Med en klimatmodell är det annorlunda. Modellen måste beskriva även dessa långsamma processer då de påverkar klimatet. (SMHI, 2009)

Kring all forskning hör osäkerheter. Idag måste samhället anpassas för att bemöta förändringarna och osäkerheterna och för att vara beredd på konsekvenserna. Klimatanpassning handlar precis om detta, att ta hänsyn till klimatförändringarna i samhället, minska vårt beroende av sårbara system, hantera negativa konsekvenser och dra nytta av möjligheter.

## VARFÖR BEHÖVS EN REGIONAL KLIMAT- OCH SÅRBARHETSANALYS?

Debatten kring klimatet och klimatets förändring har i Sverige länge fokuserat på begränsning av utsläpp av växthusgaser, engelskans *mitigation*. I och med Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) väcktes även i Sverige på bredare front behovet av klimatanpassning, engelskans *climate*



Figur 1. Vid Stockholms observatorium har väderobservationer utförts sedan 1756, alltså i dryga 250 år. Värdena för de enskilda åren markeras med staplar. De blåa visar på år som var kallare och de röda på år som var varmare än medelvärdet, 5,8°C. Den tunnare linjen visar 10-årsmedelvärdet och den tjockare 30-års medelvärdet. 5,8°C är medelvärdet under klimatscenarioernas referensperiod 1961-1990. (SMHI, 2010a)

*adaptation*. I Sverige, till skillnad mot i till exempel Norge och Danmark, finns ingen nationell klimatanpassningsstrategi, se länk under användbara länkar i referenslistan. Klimat- och sårbarhetsutredningen föreslog författningsändringar och ett stort antal uppdrag till flera sektorsmyndigheter rörande klimatanpassning. År 2009 fick Länsstyrelserna i enlighet med propositionen En sammanhållen klimat- och energipolitik (2008/09:162) regeringsuppdraget att *samordna det regionala arbetet med anpassning till ett förändrat klimat*. I uppdraget ingår bland annat att genomföra regionala analyser till stöd för regionens aktörer.

Inom Stockholms län finns en mängd verksamheter, infrastruktur, natur och en stor befolkning som direkt eller indirekt påverkas av klimatförändringarna. Stockholmsregionen växer och förändringarna i klimatet är en av de aspekter som behöver beaktas i utvecklingen av en attraktiv storstadsregion. Det övergripande syftet med den här regionala klimat- och sårbarhetsanalysen är att den ska utgöra en länk mellan den nationellt övergripande sårbarhetsanalys som Klimat- och sårbarhetsutredningen genomförde och kommuner, andra kommunala och regionala aktörers egna arbeten med klimatanpassning. En färsk studie visar att klimatarbetet inom kommunerna främst handlar om att minska utsläpp av växthusgaser, och av länets kommuner är det endast ett fåtal som utför ett uttalat klimatanpassningsarbete (Länsstyrelsen Stockholms län, 2011:a). Vår analys fokuserar främst på anpassning till klimatförändringarna. Utsläpp och begränsad klimatpåverkan diskuteras endast under avsnittet *biologisk mångfald och miljö kvalitetsmål*. Analysen är mer detaljerad än Klimat- och sårbarhetsutredningen och regionalt anpassad men kan inte anses vara så detaljerad att man på kommunnivå rakt av kan anse den tillräcklig för sin egen kommun.

Avsikten är att rapporten ska ligga till grund för kommuner och andra aktörer i länet att påbörja och vidareutveckla befintligt arbete med anpassning till ett förändrat klimat.

#### Utblick – Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC

FN:s klimatpanel Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC bildades 1988 av Världsmeteorologiska organisationen (WMO) och FN:s miljöorgan (UNEP) för att tillhandahålla världens regeringar en vetenskaplig syn på vad som händer med jordens klimat. Den första vetenskapliga utvärderingsrapporten (engelska Assessment Report) presenterades 1990, och idag arbetar forskarna på den femte rapporten (AR5) som beräknas bli klar 2014 (IPCC, 2011).

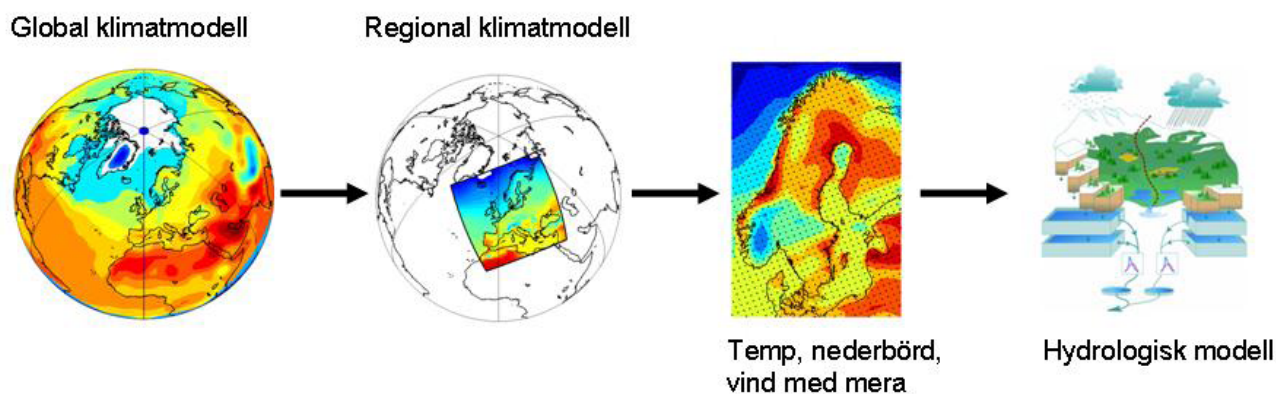
## METOD

Det huvudsakliga grundmaterial som används i rapporten är en regional klimatsammanställning för Stockholms län framtagen av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI, och som bygger på senaste klimatforskning (SMHI, 2011:a). En sammanställning och övergripande bedömning gjord av Sveriges Geotekniska Institut, SGI (SGI, 2011) över områden i länet med risk för ras, skred, erosion och översvämning används i analysen avseende översvämning och geotekniska risker. Denna grundar sig på den regionala klimatsammanställningen. Om inget annat anges kommer all data och beräkningar om klimatförändringar i länet från dessa två rapporter.

## Modeller för klimatberäkningar

För länets klimatsammanställning har SMHI använt 16 olika klimatscenarier för början på seklet och 12 mot slutet av seklet. Dessa scenarier kommer dels från EU-projektet *Ensembles* och dels från SMHI:s forskningscentra Rossby Centre. Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräcklig precision (SMHI, 2011:a).





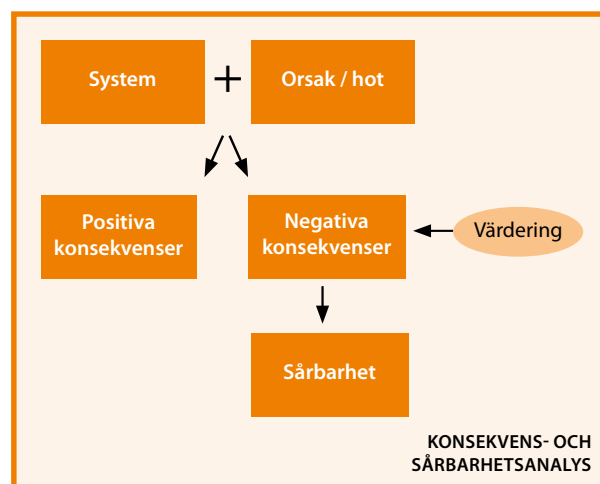
Figur 2. Illustration av dataflödet mellan global modell och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell. Källa: SMHI, 2011:a

Klimatmodeller finns i olika upplösning. De globala modellerna använder sig av en skala med rutnät på ungefär 200–300 km vilket betyder att detaljrikedom på lokal eller regional skala blir låg. För att kunna få mer detaljerad information om ett område använder man sig därför av regionala klimatmodeller som kopplas till den globala modellen. Den regionala klimatmodellen kan till exempel vara över Sverige eller Europa med en rumslig upplösning på 50x50 km eller 25x25 km, se Figur 2.

Som indata till en klimatmodell behöver man bland annat framtida utsläppsscenarier. Ett utsläppsscenario är en ansats på hur vi tror att framtidens utsläpp av växthusgaser kan komma att se ut. I IPCC Special Report on Emission Scenarios SRES (2000) presenterades fyra huvudfamiljer av utsläppsscenarier; A1, A2, B1 och B2. De baseras på olika utvecklingsvägar för de huvudsakliga faktorer som driver utsläppen av växthusgaser, exempelvis ekonomisk, teknisk eller demografisk utveckling. De klimatscenarier som nyttjats i länets klimatsammanställning är främst A1B, men även ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, har använts. I SMHI:s (2011:a) klimatsammanställning ges en komplett lista över använda scenarier, klimatmodeller, upplösning och tidsperiod.

### Metod för konsekvensanalys

Grundmodellen för den här länsöversiktliga analysen är baserad på Klimat- och sårbarhetsutredningens struktur. Utgångspunkten för sårbarhetsanalysen är sektorsspecifika analyser. Sårbarhetsanalysen består av de tre delarna orsak, system/problemområde samt konsekvenser, positiva och negativa, se Figur 3. Efter det att analysen genomförts ges även förslag på åtgärder och möjligheter för några av de studerade systemen.



Figur 3. Metod för konsekvensanalysen.

Orsaken är i vårt fall de klimatfaktorer, till exempel nederbörd, vind och temperatur, som bedömts vara viktiga för de olika systemområdena. Klimatfaktorerna har för analysens skull även preciserats mer, såsom *långvarig* nederbörd, *kraftig* vind, *extrem* värme och *100-års* flöde, då det är viktigt att beskriva faktorerna i termer som varaktighet, intensitet och frekvens. Systemen är bebyggelse och byggnader, tekniska försörjningssystem, elektroniska kommunikationer, transportinfrastruktur, människors hälsa, areella näringar och turism samt natur- och vattenmiljö. Dessa system är i sin tur uppdelade i olika systemtyper. Transportinfrastruktur till exempel består bland annat av vägar och järnvägar. Systemen finns beskrivna, tillsammans med de för varje system mest påverkande klimatfaktorerna, i Länsstyrelsen i Stockholms läns skrift *Systemtyper och klimatfaktorer – Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:e). I lathunden är alltså viss del av analysen redan gjord då den visar vilka klimatfaktorer de olika systemen är känsliga för.



Figur 4. Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser.

Alla typer av klimatfaktorer påverkar inte alla system eller alla delar av ett och samma system. Genom att kombinera ett system och dess olika delar med klimatfaktorer kan man få utfall i form av *konsekvenser* som kan vara positiva eller negativa. Dessa konsekvenser ska värderas utifrån hur allvarliga de är och om de är acceptabla eller inte. En oacceptabel konsekvens innebär att systemet är sårbart för just den klimatfaktorn. Konsekvenserna kan vara direkta såsom att en väg skadas vid en översvämning, eller indirekta som att transporter hindras och behöver ledas om på grund av att en väg är avstängd.

När alla system betraktats gentemot alla sina viktiga, känsliga klimatfaktorer fås en samlad bild av den totala sårbarheten för de tidsperspektiv som valts avseende både klimatets förändring och systemens och samhällets struktur i stort.

Figur 5. Konsekvens- och sårbarhetsanalys Metodbeskrivning.



Metoden i analysen är iterativ<sup>4</sup> liksom klimatanpassningsarbetet även rent praktiskt behöver vara. Analysmetoden som beskrivs ovan utgör de tre första stegen i en morfologisk analys, vilket är en metod för att skapa struktur och ordning i komplexa sammanhang där många parametrar samspelar med varandra. Mer om den morfologiska analysen och dess tillämpning för klimat- och sårbarhetsanalyser går att läsa i *Konsekvens och sårbarhetsanalys – Metodbeskrivning*, se Figur 5 (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:f).

Som stöd för arbetet med Klimat- och sårbarhetsutredningen togs ett antal analysfrågor fram som anpassats och därefter använts som grund i analysen. Dessa presenteras i Bilaga 1.

Mer specifika metoder och avvägningar vid analys av risker med översvämning, ras, skred och erosion finns i Bilaga 2.

### Metod för underlagsinsamling

Utöver SMHI och SGI:s grundläggande rapporter har kontakt med sakkunniga inom respektive analysområde, internt inom Länsstyrelsen samt externt från myndigheter och branschorganisationer, utgjort en viktig grund. Kontakter har tagits med till exempel Boverket, Skogsstyrelsen, Svenska Kraftnät och

<sup>4</sup> Iterativ betyder upprepande. I detta sammanhang åsyftas att ny information och kunskap ständigt uppkommer och behöver beaktas i såväl analysen som i arbetet med klimatanpassning i stort.

Sjöfartsverket. I referenslistan återges materialet under kategorierna rapporter, tidningsartiklar, hemsidor, personlig kontakt och presentationer.

För analyser av klimatets påverkan på de olika systemen har litteraturstudier genomförts. Många utredningar har utförts av de olika sektorsmyndigheterna efter det att Klimat- och sårbarhetsutredningen publicerades och sådana utredningar har även utgjort underlag i den här analysen.

För att inhämta information om klimatanpassningsarbetet i kommunerna och för att säkerställa användbarheten av analysen för kommunerna har en referensgrupp deltagit i arbetet. De fyra kommuner som har deltagit i referensgruppsmöten och granskning av rapporten är Stockholm, Södertälje, Upplands-Bro och Vaxholm.

Analysen är gjord på länsnivå och är därför inte ämnad att vara ett slutligt underlag på kommunnivå utan är mer lämpad som en språngbräda för nya mer detaljerade analyser. Förhoppningen är att denna analys ska inspirera och ge uppslag till arbetsgång och upplägg även för kommunala klimat- och sårbarhetsanalyser. Förslag på anpassningsåtgärder är begränsade i denna analys då det inte har varit dess huvudsakliga syfte, men ett flertal tips ges på användbara och inspirerande rapporter från exempelvis Boverket där förslag på anpassningsåtgärder ges.

## **Avgränsning och osäkerhet**

Den geografiska avgränsningen är Stockholms läns utbredningsområde avseende vilka system och objekt som studeras, se Figur 6. De objektspecifika analyserna gäller alltså endast inom länets gränser. Stockholms län påverkas dock av avrinningsområden långt utanför länets gränser. Till exempel sträcker sig Mälarens (egentligen Norrström) avrinningsområde över Dalarnas, Uppsala, Västmanlands, Örebro, Södermanlands och Stockholms län, vilket har betydelse för Mälarens tillrinning. Vissa av resonemangen kan därför vara tillämpbara på grannlänerna. Andra analyser, som till exempel för ras och skred, är däremot helt beroende av de lokala förhållandena som kan variera inom små områden.

*”I’m tired of the discussion focusing on uncertainties; instead we need to build a robust society with sustainable and flexible solutions to meet the climate change.”*

Hört på Världsvattenveckan i Stockholm 2011.

Rapporten fokuserar på klimatet i slutet på detta sekel, år 2100, då de mest tydliga klimatförändringarna har blivit aktuella. Inom vissa systemområden är tidsperspektivet på 100 år extremt långt, som för till exempel elektroniska kommunikationer, medan det för andra områden som skogsbruk och dammkonstruktioner är ett mer normalt tidsperspektiv. Referensperioden som använts i analyserna från SMHI och SGI är 1961-1990. När begreppet referensperiod används i denna rapport avses samma tidsperiod, såtillvida inget annat anges. Referensperiod används för att beskriva klimatets förändring över tid.

En analys av den egna verksamheten, som görs inom Länsstyrelsens RSA-arbete<sup>5</sup>, avseende klimat- och sårbarheter, har inte varit en del av den här studien.

Kunskap om klimatets förväntade utveckling förnyas kontinuerligt och anpassningsarbetet utvecklas likaså successivt. Till exempel kommer den nya nationella höjddatabasen som Lantmäteriet nu tar fram att förbättra möjligheten till mer detaljerade översvämningskarteringar, se bilaga 5. Idag har vi inte tillgång till detaljerade översvämningskarteringar för länet utan har fått förlita oss på tidigare översiktliga översvämningskarteringar som bygger på en höjddatabas med stort osäkerhetsspann,  $\pm 2$  meter.

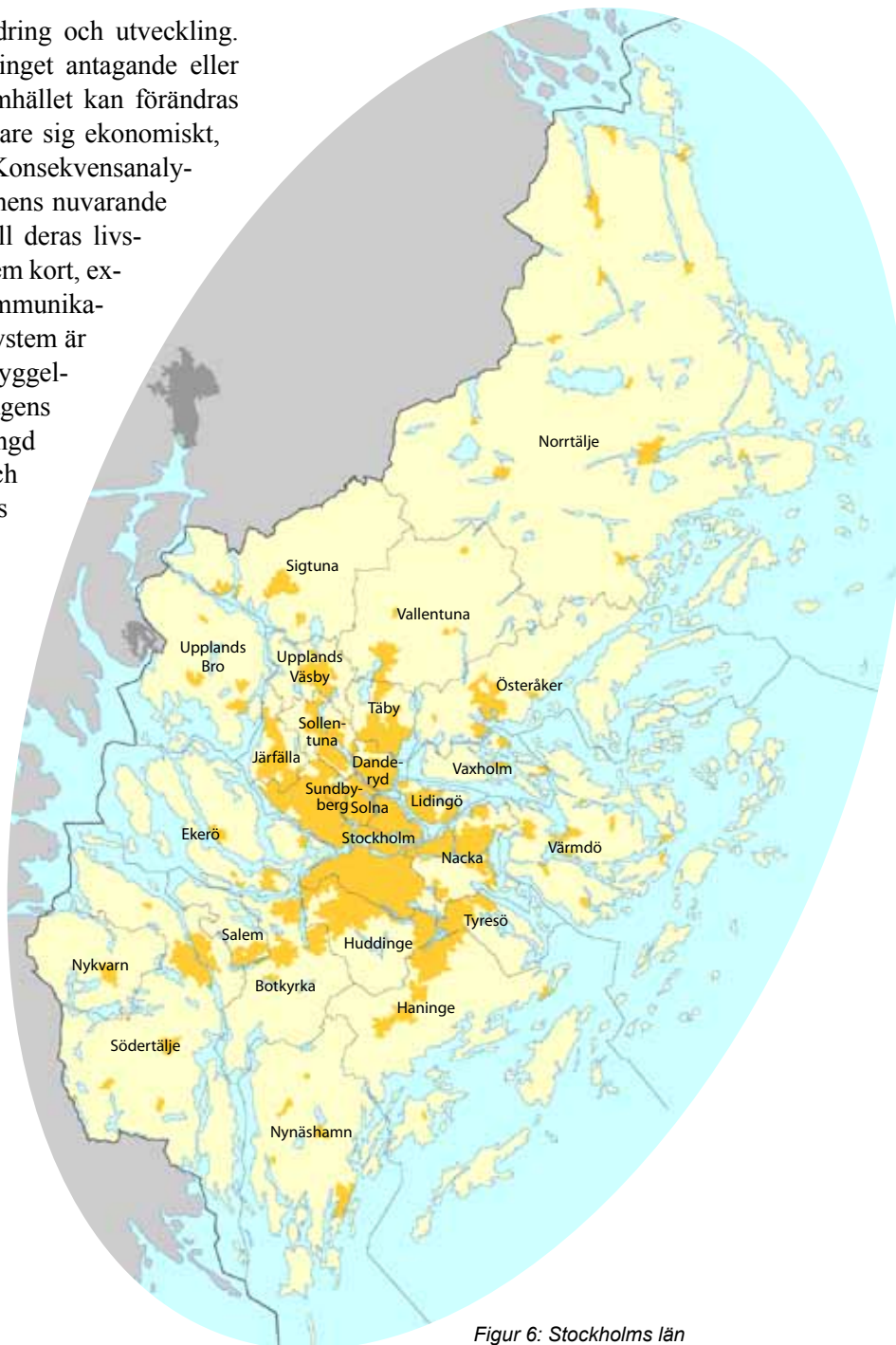
Osäkerheter finns ofrånkomligen i alla förutsägelser om framtiden. Osäkerheten i klimatscenarier domineras av tre faktorer; koncentrationen av växthusgaser och aerosoler (partiklar) i atmosfären, klimatmodellernas beskrivning av klimatsystemet



och klimatmodellens starttillstånd (SMHI, klimatpresentation, se länk i referenslistan). I den här rapporten har utgångspunkten varit SMHI:s klimatsammanställning från 2011 och de osäkerheter som finns i den följer naturligt med vidare i denna analys. Analysen behöver därför aktualiseras när ny information av väsentlig art framkommer.

Samhället är i ständig förändring och utveckling. Denna analys gör medvetet inget antagande eller någon bedömning av hur samhället kan förändras och utvecklas under seklet, vare sig ekonomiskt, demografiskt eller tekniskt. Konsekvensanalysen utgår från de olika systemens nuvarande struktur med hänsyn tagen till deras livslängd. Denna är för vissa system kort, exempelvis för elektroniska kommunikationer, medan den för andra system är lång, som för till exempel bebyggelse. Valet att enbart beakta dagens system inkluderat deras livslängd grundar sig i komplexiteten och de stora osäkerheter som finns i att anta scenarier för till exempel socioekonomisk eller teknisk utveckling 100 år fram i tiden. Risken är stor att osäkerhet på osäkerhet lagras, från klimatscenarier grundade på antagna utsläppsscenarier, till att dessa analyseras mot ytterligare framtagna framtidsbilder. Resultatet kan då bli både osäkert och svårbedömt. Valet att först utföra en konsekvensanalys utifrån dagens system ger en stabil grund, för att därefter, vid behov, utveckla analysen vidare med olika variationsresonemang över framtida utvecklingar.

Osäkerheter till trots så handlar klimatanpassning om att vara just beredd på faktiska eller förväntade förändringar för att reducera skada, dra nytta av möjligheter och hantera konsekvenser.



Figur 6: Stockholms län

# Klimatet idag och exempel på inträffade extremer

Förändringar i klimatet kan ge upphov till stora effekter på samhället. Att extrema väderhändelser inträffar är inget nytt, även i gamla tidningar finns målande artiklar om till exempel häftiga regn och åskskurar eller översvämningar av Mälaren. Texten nedan är tagen från Aftonbladet i september 1857 och beskriver ett extremt regn över Stockholms-trakten. (SMHI, 2006)

”Det häftiga åskregn, som under större delen af gårdagen nedströmmade öfver staden, har på många ställen anställt skada och förödelse. ... Själva Drottninggatan var på flera ställen afskuren af breda forssar, som strömmade ned från Brunkeberg och de angränsande högre belägna stadsdelarna. Flera afloppstrummor sprängdes af den påträngande vattenmassan. ... Bland andra ställen, der åskan i går slagit ned, nämnas nu äfven mynthuset å Kungsholmen, der blixtrålen inträngde genom plåttaket in i valsrummet, derifrån in i maskinrummet och sedan den afslagit några mindre till maskinen hörande jernrör utgick genom ett af fönstren, samt Bolinders verkstaden i samma stadsdel, der blixten slog omkull en arbetare i gjuteriet...”

Även på senare år har extremt väder ställt krav på vår beredskap. Då flera av de extremer som presenteras nedan väntas bli vanligare framöver finns mycket att lära av redan inträffade händelser. De kan hjälpa oss att förstå möjliga konsekvenser såväl som omfattning av olika händelser. Idag genomförda åtgärder kan även ha betydelse för hur väl vi står emot extrema väderhändelser i framtiden.

## SKREDET I JORDBRO 1972

Ras och skred är något som är relativt ovanligt i Stockholms län även om geotekniska förutsättningar finns. I SGI:s skreddatabas finns sammanlagt elva kända skred i länet. Ett av skreden registrerade i databasen inträffade i Jordbro, Haninge kommun och skedde 17 oktober 1972 i ett område där man vid tidpunkten höll på att bygga småhus.

Grundläggningsarbetet var i stort sett färdigt då en sluttning i området gled ut på en åker belägen ungefär tolv meter under nybyggnadsområdet. Området som drabbades var omkring 200x300 meter stort och lutningen i området var varierande. Området som tidigare brukats som åkermark är beläget vid en rullstensås bestående av silt, lera och sand. Grundvattennivåerna stod ofta högt och tidigare fanns en bäck i direkt anslutning till byggnationsområdet. Orsaken till skredet var troligtvis tyngden av de jordmassor som deponerades ovanför slänten i samband med byggnadsarbetet.

Skredet inträffade under natten och orsakade endast materiella skador såsom förstörda grundplattor för de planerade småhusen. Dessutom förstördes en traktor, liksom visst övrigt material för byggnationen. Jordrörelserna bedömdes vara snabba då delar av massorna kastats ut på omgivande mark. Efter att skredet inträffat gjordes omfattande geotekniska utredningar innan byggandet återupptogs. Flera förstärkningsåtgärder har vidtagits. Man har schaktat av området, yt- samt djupdränerat, satt upp stödbankar samt spontat och förstärkt med kalkpelare. (SGI:s skreddatabas; MSB, 2011:a)

## ÖVERSVÄMNINGARNA ÅR 2000

Under hösten och vintern år 2000 inträffade översvämningar på flera platser i Sverige. Stockholms län drabbades av översvämningar orsakade av höga vattennivåer i Mälaren. Vattennivån uppgick under flera dagar till 4,73 meter i Mälarens höjdsystem,





Figur 7: Översvämning av Gamla stans kajer år 2000.  
Foto: Bonnie G. Ståhlberg.



Figur 8: Översvämning av Norr Mälärstrand år 2000.  
Foto: Marianne R. Berlin.

vilket är den högsta uppmätta nivån under nuvarande regleringsförhållanden (sedan 1968). Detta trots att vattnet under en hel månad tappades vid lägre nivåer än vad som föreskrivs i vattendomen. De höga vattennivåerna orsakade översvämningar i flera delar av länet, bland annat i Botkyrka, Ekerö, Huddinge, Nynäshamn, Sigtuna, Stockholm, Södertälje, Upplands-Bro och Upplands Väsby.

Översvämningarna påverkade såväl bostäder, skogsbruk, tekniska försörjningssystem som transportinfrastruktur. Extra pumpning av vatten krävdes vid spårområdet i Gamla Stan på grund av uppträngande grundvatten där ett teknikutrymme vid tunnelbanestationen översvämmades. Flera vägar blev ofarbara på grund av översvämningarna samt på grund av risk för skred och erosion. Slussen i Hammarby kanal fick erosionsskador på grund av den ökade tappningen.

Genom att tappa mer vatten från Mälaren än vad som föreskrivs i vattendomen lyckades man hålla nivåerna omkring 10 centimeter lägre än vad de skulle ha blivit om vattendomen följts.

Samordningen mellan lokala och regionala organ samt de beredskaps- och informationsmöten över svämninggruppen anordnade var viktiga i hanteringen. En observationsorganisation skapades med

Stockholms stad, Stockholms Hamnar, Stockholm Vatten och Storstockholms lokaltrafik, SL. (FOI & MSB, 2010)

Översvämningarna år 2000 bidrog även till att landshövdingarna från fem län kring Mälaren lämnade en gemensam skrivelse till regeringen om att tappningen från Mälaren måste utökas. (SOU 2006:94)

SL har vidtagit en rad åtgärder i anläggningen vid Gamla Stan för att reducera riskerna förknippade med översvämning i Mälaren (Storstockholms lokaltrafik, 2010):

- Likrikstarstationen vid Gamla stan har byggts om och fått en ny lägsta golvhöjd.
- Dränerings- och dagvattenledningar som passerar spårområdet och mynnar i Mälaren har försetts med avstängningsventil så att vatten inte kan strömma in bakvägen i spårområdet.
- Pumpgropar har fastställts med fast installerad rördragning. Till rören kan portabla pumpar kopplas.
- Färdigställt barrikadmateriel finns som på några timmar kan skruvas fast på tråkganten tvärs över spåren vid höga vattennivåer.

Stockholms stad planerar en nybyggnation av Slussen för att bland annat öka avtappningskapacite-

ten och därigenom minska översvänningsriskerna kring Mälaren. Ombyggnaden väntas vara färdig omkring 2020. Ett regeringsuppdrag utförs under 2010–2011 av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap MSB med anknytning till Mälaren och översvänningsriskerna (MSB 2011:b). Ytterligare ett pågående projekt gäller ansvarsfördelning och finansiering av åtgärder för en ny reglering<sup>6</sup>. Länsstyrelsen har på uppdrag av regeringen kartlagt riskerna för översvämning i länets tunnelsystem. Slutrapporten finns att hämta på länsstyrelsens webbplats. (Länsstyrelsen, 2011:b).

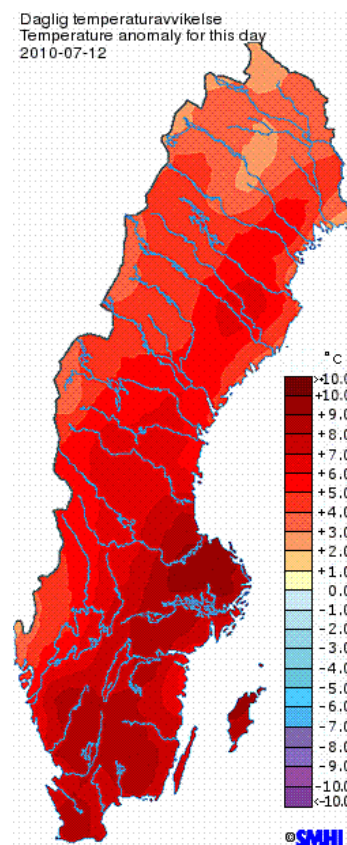
## VÄRMEBÖLJA I JULI 2010

Sommaren 2010 upplevde stora delar av Sverige en period av ihållande värme, en så kallad värmebölja. Läs mer om värmeböljor under avsnitt *Hälsa*. Totalförsvarets forskningsinstitut har, baserat på en mediainventering för Skåne och Mälardalen, beskrivit konsekvenserna på samhället av värmeböljan i juli 2010 (FOI, 2011).

I Mälardalen varade värmeböljan i nio dagar, från den 9 till 17 juli i Stockholm. Inventeringen visade att konsekvenser från värmeböljan påverkade verksamheter inom flera olika samhällsviktiga sektorer, till exempel livsmedelsbranschen, där torka oroade lantbrukarna medan bryggerier, glassförsäljare och restauranger med uteserveringar gynnades av det varma vädret. Transportsektorn påverkades till exempel genom varma bussar och pendeltåg. Arbetsförhållanden för förarna försämrades och det uppmärksammades därigenom att det i Sverige inte finns några gränsvärden för hur varmt det får bli i ett yrkesfordon. Även resenärerna drabbades och för att kompensera för de höga temperaturerna i bussarna delade Nobina, som bedriver en del av SL:s linjetrafik, ut flaskor med vatten till törstiga resenärer vid Slussen. Mer direkt märktes effekterna genom fler fall av uttorkade patienter på sjukhus och vårdcentraler, solkurvor på räls, skogsbränder med mera. (FOI, 2011)

Tidigare kunskap om konsekvenser av värmeböljor i Sverige är relativt bristfällig och i FOI:s underlagsrapport rekommenderas flera nya studieområden (FOI, 2011).

Figur 9 Daglig temperaturavvikelse från medeltemperaturen den 12 juli 2010, mitt i den pågående värmeböljan (SMHI, 2010:b).



## BRANDEN I TYRESTA AUGUSTI 1999

Sommaren 1999 var varm och mycket torr. Den 1 augusti började det brinna i den torra marken i Tyresta nationalpark och naturreservat i Haninge och Tyresö kommuner. 450 hektar, motsvarande 10 procent av det skyddade området, brann i en mycket intensiv och svårsläckt brand. Det akuta brandförloppet varade sex dagar, eftersläckning och övervakning ytterligare flera veckor. Uppröjningen tog flera månader. Närmare 600 personer var samtidigt engagerade i släckningsarbetet. Att det var så pass torrt i marken medförde att påverkan på marken blev mycket omfattande. Humusjorden brann bort och i torvmossarna gick elden djupt, vilket ledde till att traddöden blev omfattande.

Tyresta är ett mycket välbesökt naturområde och medieuppmärksamheten kring branden blev därför mycket stor. Särskilt eftersom det samtidigt brann i Nackareservatet, i Nacka kommun nära Stockholms stadskärna. I Nackareservatet finns Nackamasterna som vid tiden för branden svarade för all markbun-



Figur 10. Bylsjön i Tyresta nationalpark.  
Foto: Marianne Berlin.

den radio- och tv-sändning i Stockholmsområdet. Medierna rapporterade om själva branden, men även om skogsbränder i allmänhet ur flera aspekter. En medieinventering gjord av Naturvårdsverket visade att allmänhetens intresse var stort. På insändarsidor fanns synpunkter och diskussioner kring släckning, resurser, insatser, problem för allergiker i samband med rökutveckling, bristen på helikoptrar, påverkan på naturen med mera. (Naturvårdsverket, 2006.)

Vetenskapliga studier med unika förutsättningar har gjorts efter branden i Tyresta. Besökare kan idag vandra runt i området som eldhärjades och studera unika successioner – vissa arter försvinner, medan andra tillkommer.

## BLÖTA SOMRAR ÅREN 2005 OCH 2010

Extrem nederbörd beskrivs av SMHI som regn under en dag, vecka eller månad betydligt överstiger det normala. Ett skyfall definieras något förenklat som 40 mm regn inom ett dygn. (SMHI, 2011:c) Kraftig nederbörd definieras som nederbörd som under ett eller flera dygn överstiger 10 millimeter i medeltal. När dygnsmedelnederbörden överstiger 10 millimeter under minst tre dygn definieras det som långvarig nederbörd. (SMHI, 2010:a)

## Driftstörningar i data och telefoni på grund av regn år 2005

Den 22–23 juli 2005 föll stora regnmängder över delar av Stockholms län. Fram till denna tid i juli brukar det normalt ha kommit omkring 40 mm regn medan det 2005 hade kommit närmare 70 mm, varav 34 mm föll under natten till den 23 juli. (Dagens Nyheter, 2005) Regnet bedömdes i delar av länet motsvara ett regn som inträffar en gång på 50 år.

I Västerort (Stockholms stad) fick räddningstjänsten inom en timme trettio larm om översvämningar i Bromma, såväl bostäder som butiker och industrifastigheter översvämmades. I en butik fick kunderna evakueras då delar av taket rasade in.

Södertörns brandförsvaret fick nittio larm om översvämmade fastigheter under ett dygn. Det rapporterades om vatteninträngning i äldreboenden, banker och andra fastigheter i Södertörn. (Norrbottenskuriren, 2005) Det kraftiga regnet orsakade även översvämningar av en telestation i Jakobsberg där vatten trängde upp genom dagvattenbrunnar. Översvämningen orsakade driftstörningar under flera dagar och upp till 40 000 abonnenter blev utan telefoni, bland annat i Jakobsberg, Upplands-Bro, Järfälla, Stäket och Sigtuna. Även bredband och mobilnätet drabbades av störningar. (Dagens Nyheter, 2005; Aftonbladet, 2005)





Figur 11. Pendeltåg i snön.  
Foto: Olle Castelius.

### Bortspolade vägar i juli 2010

Efter en varm och relativt torr juli månad föll det över södra delen av Stockholms län hela 57 mm regn den 29 juli 2010 (SMHI, kundtjänst, 2011:d). SOS-alarm fick hundratals påringningar om översvämningar i källare. Räddningstjänsten hade inte möjlighet att hjälpa enskilda utan fick inrikta sig på de mest akuta larmen och på fastigheter med större ekonomiska värden. En vice brandchef sade enligt Aftonbladet ”Det ringer en person i minuten och det är mer än vi kan hantera”. Flera trafikolyckor inträffade i regnets spår men inga personskador inrapporterades. (Aftonbladet, 2010)

Flera bilar fastnade under en järnvägsviadukt i Södertälje och bilister blev fast i vattensamlingar vid Kungens kurva i Huddinge (Dagens Nyheter, 2010). Från Enhörna och Östertälje rapporterades om vägar som spolats bort, vilket bland annat drabbade ett av räddningstjänstens fordon som blev stående (Länstidningen, Södertälje 2010).

Södertälje kommun har identifierat vilka områden som kan drabbas vid häftiga skyfall. I analysen exemplifieras mindre känslig mark belägen vid naturliga lågpunkter som kan användas som tillfälliga fördröjningsmagasin och låtas översvämmas vid en Extremsituation. (WSP 2010:a) En separat dagvattenutredning har också tagits fram för Damm-

kärr-Vattubrinken där stående vatten, bortspolning av vägbana och problem med ytavrinningen upplevts vid kraftiga regn (Södertälje 2010:b).

### TVÅ VARGAVINTRAR ÅREN 2009-2011

Medeltemperaturen vintern 2009/2010 var i Stockholm  $-4,6^{\circ}\text{C}$  och vintern 2010/2011  $-4,3^{\circ}\text{C}$ . En normal vinter, baserat på referensperioden 1961-1990, ligger vintertemperaturen på  $-2,3^{\circ}\text{C}$ . Vintern 2009/2010 var inte bara ovanligt kall, utan även ovanligt kompakt med för Stockholms del tjugo dygn i sträck (6-25 februari) med minusgrader. Vintersäsongen 2009/2010 uppmättes största snödjup till 50 cm. Snötäcket låg hela 122 dagar vintern 2011, jämfört med längsta sammanhängande period säsongen innan som var 105 dygn (SMHI, 2006; SMHI 2011:b).

Märkbara konsekvenser av dessa vintrar är rekordhöga elpriser, många halkolyckor, snötyngda tak som rasade in och en problematisk kollektivtrafik. Den 11 februari 2011 ställdes till exempel alla busar i Stockholm län in på grund av snö och halka (SvD, 2011). Som en konsekvens av den händelsen ska nu Trafikverket, Stockholms stads trafikkontor och SL samverka kring en beredskapsplan inför framtida snöoväder (DN, 2011).





# Länets framtida klimat

Det kommer i slutet på seklet att bli varmare och blötare i länet enligt SMHI:s klimatscenarioer. Spridningen inom resultaten är i flera fall stor, särskilt vad gäller nederbörd, vilket betyder att osäkerheten är stor vad gäller framtida regnmängder. De riktigt kalla vintrar som länet upplevt kan förekomma ett par decennier framöver, men mot slutet av seklet kommer de troligtvis inte att inträffa. Årsmedelnederbörden visar på en långsam ökning, där tydligast förändring framträder på vintern. För en fullgod klimatredogörelse se SMHI:s regionala klimatsammanställning för länet (SMHI 2010:a) eller en lättare kortversion utgiven av Länsstyrelsen (Länsstyrelsen, 2010:d). Nedan ges en kortare sammanfattning. Viktigt när man betraktar scenarioreultat är att studera trenderna, utvecklingen i stort och inte exakta värden från enskilda år.

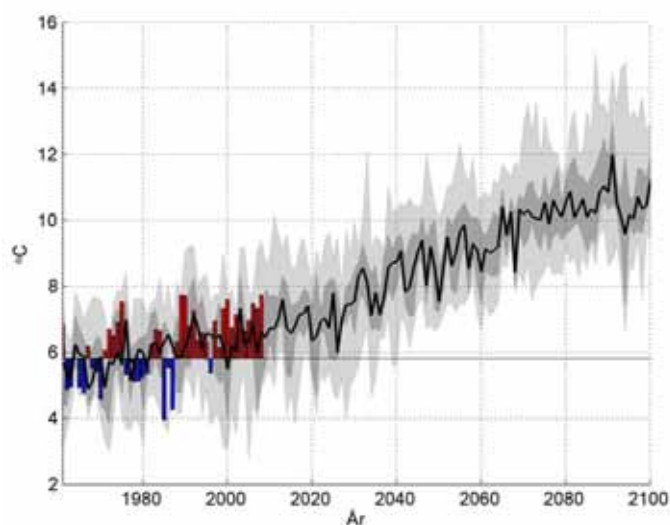
## HÖGRE TEMPERATUR

Klimatberäkningarna pekar på att det kommer bli varmare i länet. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Medeltemperaturen i länet var 1961–1990<sup>7</sup> 5,8°C. För perioden 1991–2008 var medeltemperaturen 1,1°C högre, alltså 6,9°C. Mot slutet av seklet visar klimatscenarioerna på att årsmedeltemperaturen är cirka 4–6 °C högre än för referensperioden 1961–1990, alltså cirka 10–12 °C, se Figur 13. Förutom högre temperatur beräknas kraftiga värmeböljor, en sammanhängande period med en dygnsmedeltemperatur som överstiger 20°C under minst fyra på varandra följande dagar, bli allt vanligare. I länet är det varmaste året hittills år 2000 tillsammans med 1934. År 2010 var däremot kallare än referensperioden.

Antalet nollgenomgångar, när två på varandra följande dagar har en temperaturskillnad som passerar 0°C, kommer mot slutet av seklet inträffa vid 10–20 tillfällen per år mot dagens cirka 30 tillfällen.

<sup>7</sup> Årsmedeltemperatur 1961–1990 är idag referensperiod för att bedöma förändringar i klimatet.

Figur 12. Kortversionen av SMHI:s klimatsammanställning för Stockholms län.



Figur 13. Beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i Stockholms län. Resultaten visar på en ökning av temperaturen under resten av seklet. Men det är en stor spridning, och det går inte att utesluta att vi får kallare år en bra bit in på seklet (SMHI, 2011:a).

### FAKTARUTA

I diagrammet ovan visas årsmedeltemperaturen under referensperioden 1961–1990 som en horisontell linje. Historiska observationer för länet illustreras som avvikelser från medeltemperaturen med staplar. Positiv avvikelse visas i röda staplar och negativ avvikelse visas i blå staplar. De olika skuggningarna beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarioer. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenarioer jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarioer visas med en svart kurva.

Brandrisken förändras i ett varmare klimat. För Stockholms län beräknas antalet dagar med hög brandrisk öka från 10 till mellan 20 och 50 dagar. Dessa uppgifter kommer från ett pågående utvecklingsarbete och bör därför tolkas med försiktighet (SMHI (på uppdrag av MSB), 2011).

Ett varmare klimat kommer att tidigare lägga vegetationsperiodens start med mellan 60–80 dagar mot slutet av seklet, från medelvärdet som idag ligger på dag 110 som motsvarar ungefär slutet på april. Vegetationsperioden kommer då att inledas i mitten av februari. Dessutom kommer vegetationsperiodens längd att bli 100–140 dagar längre, mot referensperiodens cirka 195 dagar. Det innebär att större delen av året i teorin kommer att utgöra vegetationsperiod vid seklets slut.

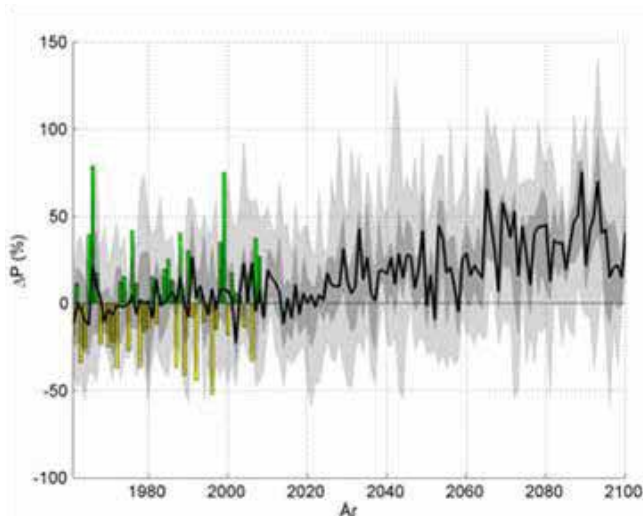
## MER NEDERBÖRD

Årsmedelnederbörden beräknas i slutet av seklet öka med 10–30 procent. Scenarioreultatet har stor spridning, men den tydligaste trenden är att den största ökningen av nederbörd förväntas under vinterhalvåret. Figur 14 visar nederbördsförändring under vintern. För sommaren syns ingen tydlig trend, dock kommer potentiell avdunstning öka med en högre temperatur. Fram till mitten av seklet finns ingen markant skillnad i årsmedelnederbörden.

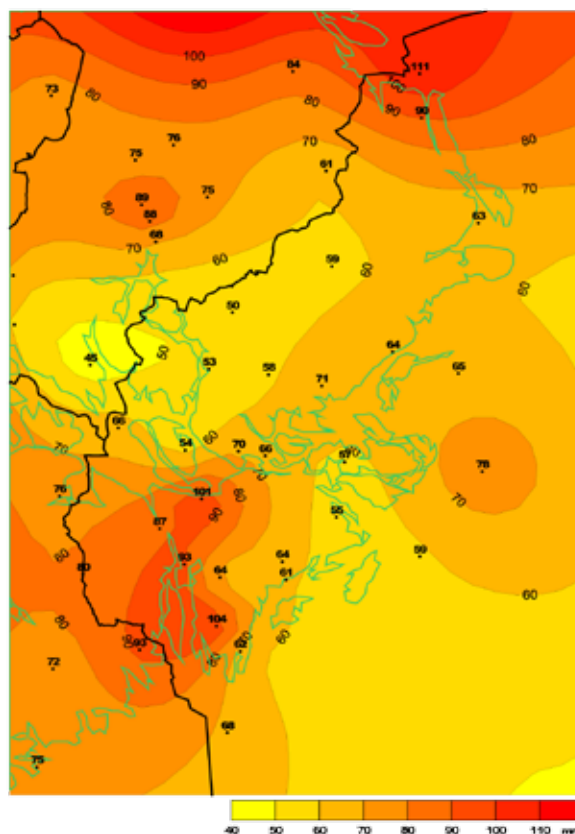
Framtida studier av den långvariga nederbörden visar inte på någon tydlig trend (beräknat som antalet 3-dagarsperioder med nederbörd över 10 mm/dygn).

Extrem nederbörd är mängder som väsentligt överstiger de normala, till exempel under en månad, ett dygn eller en timme. Ett skyfall kan förenklat sägas vara när det kommer mer än 40 mm per dygn. Vid dubbelt så mycket regn, 90 mm per dygn, svämmar många vattendrag över och det är stor risk för översvämningar i utsatta områden. I länet har ett sådant skyfall endast uppmätts en gång mellan 1900–2004<sup>8</sup>. Översvämningar har dock inträffat flera gånger i länet trots att regnmängderna understigit 90 mm på ett dygn. Den södra och nordligaste delen av länet är de delar som i dagens klimat upplever de mest extrema nederbörds mängderna.

<sup>8</sup> Endast SMHI:s officiella stationer används vid dessa mätningar. Det innebär att det kan ha funnits exempel på extrem nederbörd som fallit mellan dessa mätstationer.



Figur 14. Den största ökningen av nederbörd förväntas under vinterhalvåret. Grafen ovan visar procentuell avvikelse från medelnederbörd för vintermånaderna januari, februari och mars i ett förändrat klimat. De gröna staplarna visar år som varit blötare än genomsnittet och de gula torrare år. SMHI, 2011:a.



Figur 15. Nederbörd (mm) med en återkomsttid av 100 år i dagens klimat. Baserat på fasta stationsvisa avläsningstillfällena och beräknat med den statistiska fördelningsfunktionen GEV (Generalized Extreme Value). Kustlinjen visas med grön linje och länsgränsen med svart. (SMHI, 2011:a)

Figur 15 visar beräknade dygnsnederbördsmängder med 100 års återkomsttid för länet som punktnederbörd i dagens klimat. Den mest extrema dygnsnederbörden med en återkomsttid på 20 år respektive 100 år beräknas öka med 20 procent i slutet av seklet jämfört med referensperioden 1961–1990. Resultaten från scenarierna visar dock på en stor spridning.

I ett varmare klimat kommer den största snömängden, så kallat snömax, att minska. Beroende på område kommer antalet snödagar i länet att minska med mellan 65–100 dagar vid slutet på seklet, jämfört med dagens 80–120 dagar.

## VIND

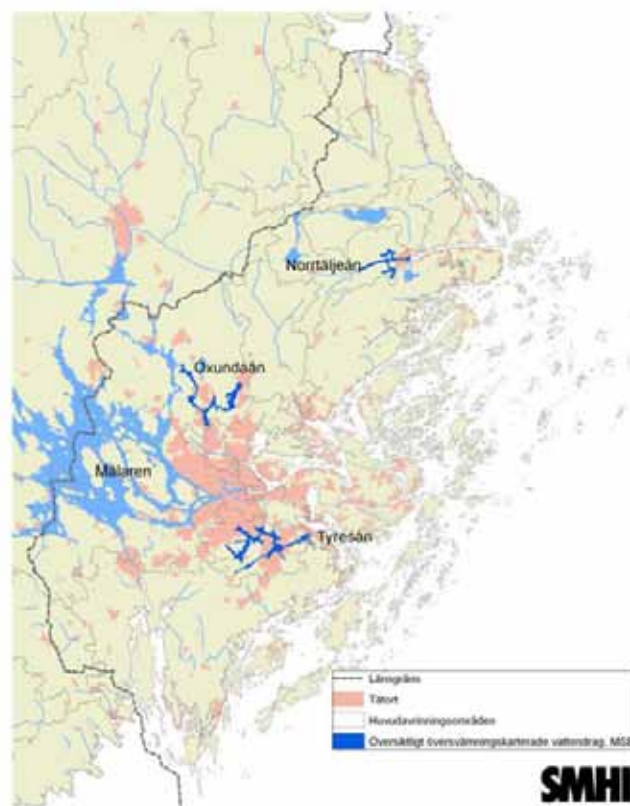
Sammantaget för Sverige har antalet stormar minskat under perioden 1951–2010. Även medelvindhastigheten har minskat för i stort sett hela landet. (SMHI, 2011:d) För den framtida utvecklingen av extrema vindförhållanden finns idag inga säkra trender, även om några modeller antyder att starka vindar kan öka över Östersjön. För Stockholms län går det således inte att ge några entydiga svar vad gäller vindförhållanden i ett framtida klimat. (SMHI, 2011:a)

## FÖRÄNDRADE FLÖDEN

I denna konsekvensanalys hanteras Norrtäljeån, Oxundaån, Tyresån och Mälaren specifikt och övriga vattendrag i länet mer övergripande. För Mälaren och de tre vattendragen har MSB utfört översiktliga översvämningskarteringar för dagens klimat. SMHI har bedömt klimatförändringarnas påverkan på flöden, nivåer och översvämningsrisker. Mälaren och de tre vattendragen visas i Figur 16 nedan. De klimatfaktorer som främst påverkar våra sjöar och vattendrag är förändrat nederbördsmönster och förändring av avdunstning, medelflöden och höga flöden.

### Förändring av vattenföringens säsongsvariation

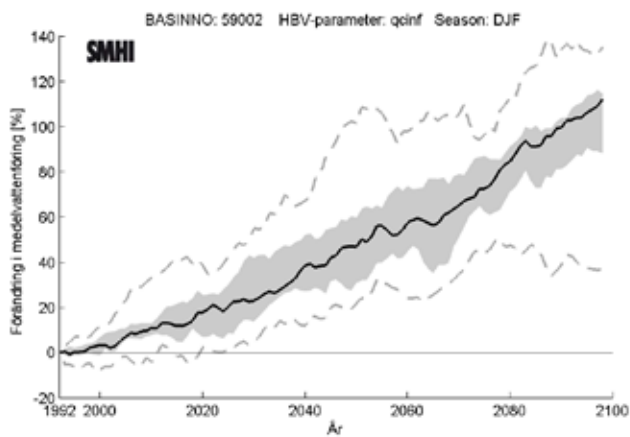
Generellt kan sägas att samtliga vattendrag i framtiden kommer att få en omfördelning av flödet. Den idag tydliga årstidskaraktäristiken med låga vinterflöden och en betonad vårfloed kommer att ersättas



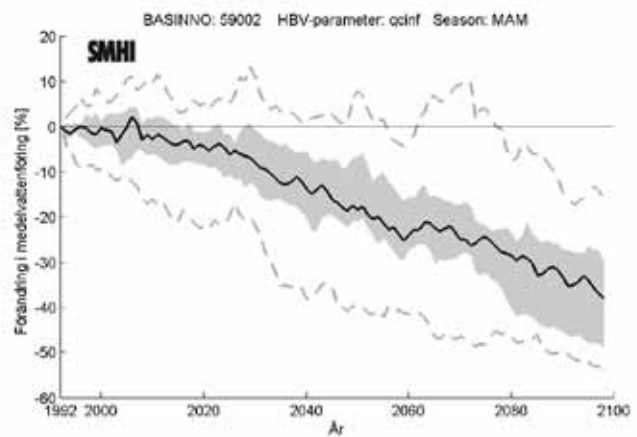
Figur 16. Stockholms län och de huvudavrinningsområden som ingår i analysen. (SMHI, 2011:a)

med högre flöden under vintern, en lägre och tidigare vårfloed samt lägre flöden under sommaren. Detta beror på att nederbörden ökar under vintern och i mindre grad än idag kommer att lagras som snö. Sommartid minskar medeltillrinningen till följd av ökad avdunstning.

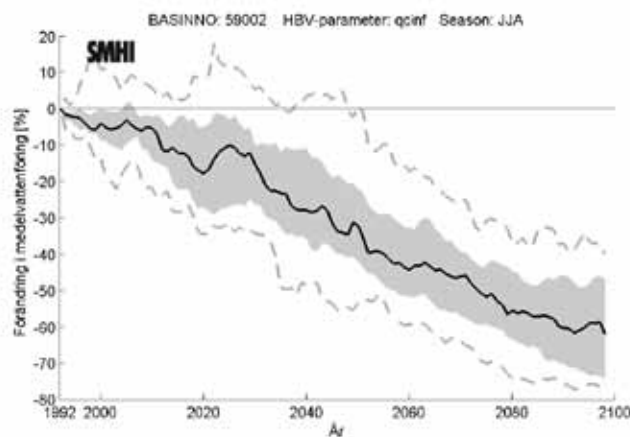
I Figur 17 visas den procentuella förändringen av den totala säsongsmedeltillrinningen för Norrtäljeån. Figuren visar en tydlig ökning av den totala medeltillrinningen vintertid. Vår- och sommarmånaderna visar på en tydlig minskning och under hösten syns en något lägre procentuell minskning. Dessa trender är även tydliga för de övriga vattendragen och Norrtäljeån visas därför som exempel. Ses i stället till den totala årsmedeltillrinningen, Figur 18, syns mycket liten skillnad mot idag. Årsmedeltillrinningen kan därför vara missvisande om man ska undersöka riskerna för höga eller låga flöden i ett förändrat klimat.



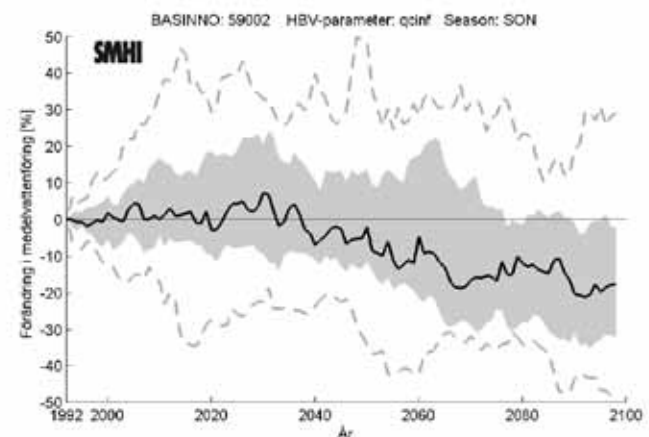
Vinter (DJF)



Vår (MAM)

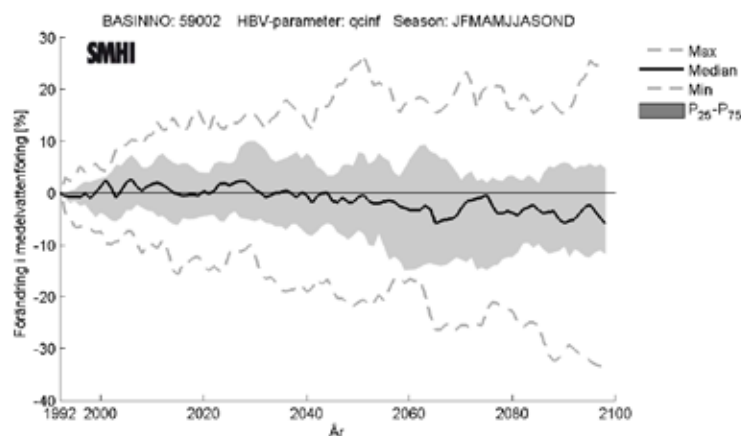


Sommar (JJA)



Höst (SON)

Figur 17. Procentuell förändring av Norrtäljeans totala säsongsmedeltillrinning enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar min- och maxvärde av samtliga klimatscenarier. (SMHI, 2011:a)



Figur 18. Procentuell förändring av Norrtäljeans totala årsmedeltillrinning enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar min- och maxvärde av samtliga klimatscenarier. (SMHI, 2011:a)



## Förändring av lokala och totala 100-årsflöden

För de tre undersökta vattendragen Tyresån, Norrtäljeån och Oxundaån kommer risken för att dagens 100-årsnivåer ska inträffa att minska något i ett framtida klimat alternativt att vara relativt oförändrad beroende på område. Detta beror på att de lokala 100-årsflödena i Tyresån och Norrtäljeån kommer att inträffa mer sällan. För Oxundaån är återkomsttiden relativt oförändrad.

Även de totala flödena i Tyresån och Norrtäljeån minskar i storlek medan det för Oxundaån är ganska oförändrat. Mälaren utgör ett specialfall. Mälarens 100-årsflöden beräknas öka i frekvens och storlek, men de höga vattennivåer som flödena skulle skapa hanteras genom den planerade utbyggnaden av Slussens avtappningskapacitet. Läs mer om Mälaren i avsnittet *Specialfallet Mälaren*. Tabell 1 visar återkomsttid för de lokala 100-årsflödena och procentuell förändring av de totala 100-årsflödena i ett förändrat klimat.

## HÖJDA HAVSNIVÅER

Än kvarstår en hel del frågetecken kring förändringen av havsnivåerna i framtiden. Internationella utredningar pekar på att den globala havsnivåhöjningen under perioden 1990-2100 kan bli uppåt 1 meter sett som ett globalt medelvärde. Det är utifrån detta värde och antaganden om lokala effekter som SMHI har gjort beräkningar av framtida medelnivåer och extremnivåer för Stockholms län. (SMHI, 2011:a)

### Medelvattenstånd och landhöjning

Ett års medelvattenstånd är ett beräknat värde bestämt genom statistisk analys av många års årsmedelvärden av havsvattenståndet. Med hjälp av dessa beräkningar kan man bestämma årsmedelvattenstånd såväl bakåt som framåt i tiden (SMHI, 2011:f). Ett framtida medelvattenstånd kommer bland annat att påverkas av den globala havsnivåhöjningen och landhöjningen. I Stockholms län är den absoluta landhöjningen 0,43 cm per år vid mätstationen Landsort och 0,52 cm per år vid mätstation

Tabell 1. Förändring av totala 100-årsflöden och återkomsttid för lokala 100-årsflöden vid slutet på seklet. (från SMHI, 2011:a)

Vattendrag (utan reglering)	Återkomsttid för dagens lokala 100-årsflöden år 2100	Förändring totala 100-årsflöden år 2100
Mälaren (utan ombyggd sluss)	< 40 år	Ökar 20 %
Tyresån	> 200 år	Minskar 20 %
Norrtäljeån	> 200 år	Minskar 20 %
Oxundaån	80-120 år	0 %

Stockholm. I Forsmark, en bit utanför länsgränsen, är landhöjningen uppskattad till 0,78 cm per år. Relationen mellan landhöjning och havsnivåhöjning har ändras sedan mitten på 1900-talet beroende på havets globala höjning. En analys av data från år 1886 fram till idag visar att den globala havsnivåhöjningen har varit ungefär 1,5 mm per år på 1900-talet, totalt cirka 20 cm under denna tidsperiod. Under 2000-talet har havsnivåhöjningen accelererat. Havsytan globalt har i medeltal stigit drygt 3 mm per år under perioden 1991-2003. (SMHI, 2011:a)

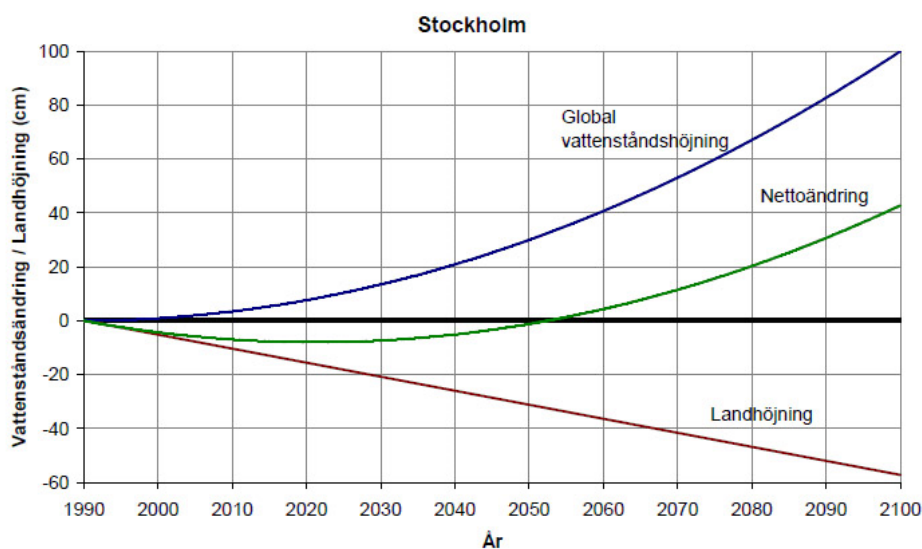
För beräkning av vattenstånd har länets kommuner delats in i fem kustområden. Tabell 2 visar de olika kustområdena, vilka kommuner som hör till respektive område, respektive områdes landhöjning samt höjningen av medelvattenståndet år 2100. Beräknat medelvattenstånd var år 2010 mellan 10–13 cm (RH2000) från Landsort till Södertälje. SMHI har i sina beräkningar utgått från ett beräknat medelvattenstånd år 1990 på 20 cm i RH2000.

Medelvattenståndet idag ligger lägre än år 1990 eftersom landhöjningen fortfarande är snabbare än havsnivåhöjningen. Detta förhållande förväntas ändras vid mitten av seklet då havsnivåhöjningen kommer att vara snabbare än landhöjningen. Medelvattenståndet kommer därefter att öka. I slutet av seklet beräknas medelvattennivån ha ökat med cirka 30–50 cm från Norrtälje till Landsort vid en global höjning av havets nivå på 1 m.

Tabell 2. Beskrivning av de kuststräckor som uppvisar ungefär samma karakteristiska extremförhållanden i referensklimatet. Områdesnamnet har valts utifrån geografiska förhållanden.

Kustområde	Kommuner	Landhöjning	Medelvattenståndshöjning år 2100
Landsort	Södertälje, Nynäshamn, Botkyrka	0,43 cm/år	50 cm
Haninge	Haninge, Tyresö	0,48 cm/år	50 cm
Stockholm	Nacka, Värmdö, Stockholm, Lidingö, Vaxholm, Österåker, Täby, Danderyd, Solna och Sollentuna	0,52 cm/år	40cm
Norrtälje	Norrtälje	0,59 cm/år	40 cm
Norra Norrtälje	Norrtälje	0,62 cm/år	30 cm

Figur 19. Utvecklingen av havsnivåhöjningen, landhöjningen och nettoändringen av medelvattenståndet för kustområde Stockholm, 1990-2100. (SMHI, 2011:a)



### Extrema vattenstånd idag och i framtiden

Lufttryck och vindar är de viktigaste faktorerna som skapar variationer i vattenståndet i Östersjön. Lågtryck och pålandsvind ger högre vattenstånd, högtryck och frånlandsvind ger lägre vattenstånd. De extrema nivåerna varar vanligen i några timmar.

Vågor har betydelse för överspolning och orsakas även de av vindar. Hur högt upp på land som vågor-na sköljer beror bland annat på kustens lutning och

material. Vid en öppen kust med stort bottendjup strax utanför stranden finns mer vågenergi tillgänglig. Många av länets större orter är skyddade mot vågor genom att de ligger vid en vik eller i skärgård.

Vinduppstuvning är en annan faktor som kan ge högre vattenstånd lokalt. I samband med att vind blåser över en vattenyta i till exempel en vik förs vatten i vindens riktning från en sida av viken till den motsatta. Både bottendjup och övrig topografi är viktiga för dessa lokala uppstuvningseffekter.

### Framtida förändring av havsnivåer med 100 års återkomsttid

Tabell 3 visar beräknade vattenstånd med 100 års återkomsttid för de fem kustområdena åren 2010 och 2100 angivna i höjdsystemet RH2000. De högsta nivåerna för år 2010 förekommer vid länets norra kust och de lägsta vid länets södra kust.

År 2100 beräknas Landsort och Norrtälje få lika höga 100-årsvattenstånd<sup>9</sup>. Detta förhållande beror på att landhöjningen är olika längs kusten. Sammanfattningsvis kan man konstatera att havsnivåhöjningen i Stockholms län märks först mot andra halvan av detta sekel, se Figur 19.

### SPECIALFALLET MÄLAREN

Risken för översvämningar i Mälaren är idag, innan Slussens ombyggnad, oacceptabelt stora vilket bland annat konstaterades i Klimat- och sårbarhetsutredningen. Dagens reglering räcker inte till för att hantera ett högt tillflöde till Mälaren. Redan vid dagens 100-årsflöde skulle nivåer över 5 meter i Mälarens höjdsystem (mer om de olika höjdsyste-

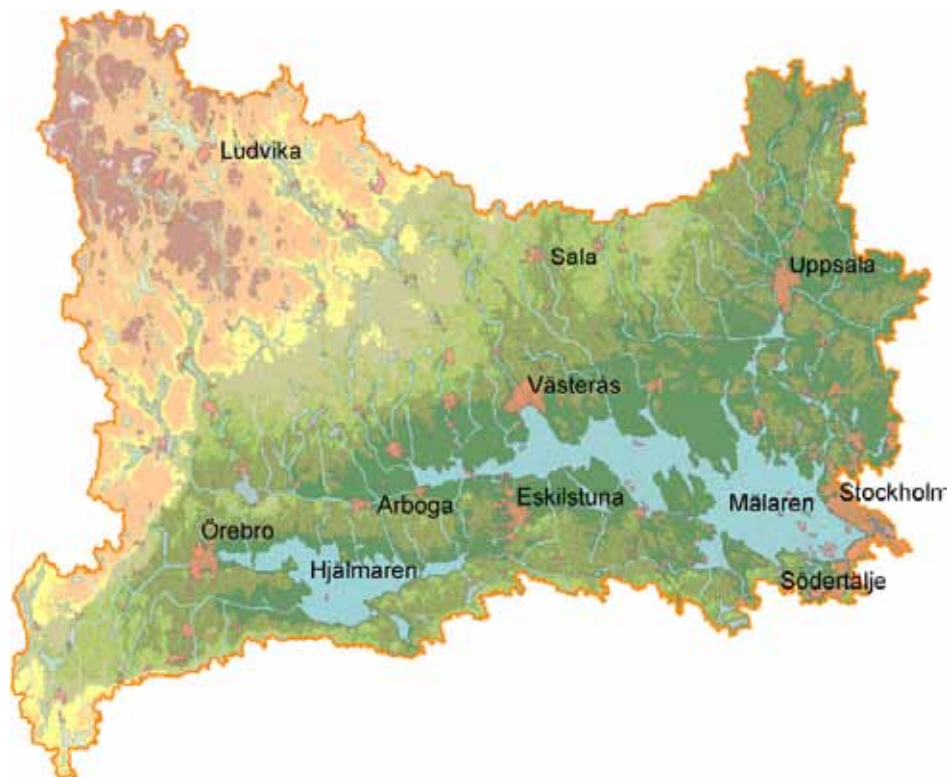
Tabell 3. Vattenstånd med 100 års återkomsttid i Stockholms län år 2010 och 2100 (RH2000). (SMHI, 2011:a)

Kustområde	År 2010 (cm)	År 2100 (cm)
Landsort	110	180
Haninge	115	175
Stockholm	120	175
Norrtälje	120	170
Norra Norrtälje	130	180

men går att läsa i Bilaga 4. Höjdsystem i länet) uppnås om händelsen inträffar vid ogynnsamma nivåer i Saltsjön. Detta kan sättas i relation till att länets kommuner redan vid nivåer på 4,73 meter i Mälarens höjdsystem får problem med översvämningar, vilket skedde vid översvämningarna år 2000.

Risken för översvämning i Mälaren beror av tillflödet, reglering, tappning och havets nivå. Utan en ny reglering skulle översvämningensriskerna öka ytterligare med ett förändrat klimat då frekvens och storlek för 100-årsflöden i Mälaren väntas öka, se Tabell 1.

<sup>9</sup> Begreppet 100-årsvattenstånd används här för att beskriva den högsta nivå i havet som har en sannolikhet på 63 procent att inträffa på 100 år.



Figur 20. Mälarens avrinningsområde på 22 650 km<sup>2</sup> sträcker sig från Ludvika i nordväst ner till Södertälje i sydost (Bergström, 2010).

I samband med ombyggnaden av Slussen ska tappningskapaciteten utökas för att minska översvämningensriskerna kring Mälaren. Målet med den nya regleringen är, förutom att minska riskerna för översvämning, att minska risken för låga vattenstånd samt att förhindra saltvatteninträngning. Ett syfte har även varit att uppnå en reglering som kan hålla Mälarens nivåer mellan 4,0–4,7 meter. Dessutom vill man möjliggöra naturliga årstidsvariationer för att gynna naturmiljöerna kring sjön. Den utbyggda slussen beräknas ge en total tappningskapacitet från Mälaren på 2000 m<sup>3</sup>/s jämfört med dagens totala kapacitet på 800 m<sup>3</sup>/s.

Dimensionerande nivåer med hänsyn till klimatförändringarna har räknats fram för den nya tappningskapaciteten. Beräkningarna har gjorts med antagandet att Saltsjöns nivå ökat med 0,5 meter i slutet av seklet<sup>10</sup>. Vid normala Saltsjövattenstånd fås i medeltal en dimensionerande nivå på 4,61 meter i Mälaren medan extremfallet, med en dämmande effekt från Saltsjön vid högvatten på ytterligare 0,5 meter, ger en nivå på 4,83 meter i Mälaren. Nivåerna i Mälaren för dagens klimat, utan en ombyggd sluss, skulle i extremfallet ge ett 100-årsflöde på 5,17 meter och ett dimensionerande flöde på över 6 meter i Mälarens höjdsystem.

Slutsatsen är således att den nya avtappningskapaciteten och regleringen i det närmaste bedöms klara av förändrade tillrinningsmönster till Mälaren vid ett 0,5 meter högre havsvattenstånd i Saltsjön i kombination med ett ogynnsamt läge vid slutet av seklet. Vid höga flöden som 100-årsflöden blir översvämningensriskerna runt Mälaren i ett förändrat klimat med en ombyggd sluss lägre än idag.

Att notera är att riskerna däremot successivt kommer att öka allteftersom havets nivå stiger. Utvecklingen av den globala havsnivåhöjningen med konsekvenser för Saltsjön och Mälaren måste därför följas även framöver.

#### FAKTARUTA

Den dimensionerande nivå som presenteras här för Mälaren i ett förändrat klimat är framtagna efter miljökonsekvensbeskrivningen till Slussenprojektet (Stockholms stad, 2010). Den dimensionerande nivån i Mälaren som används i denna analys är därför inte samma nivå som använts i Slussenprojektet. Detta beror på att SMHI idag har tillgång till fler klimatscenarier.

<sup>10</sup> Med landhöjningen beaktad samt med antagande att havet globalt stiger med 1 meter till år 2100.



# Geotekniska förutsättningar

Stockholms län hör till den mellansvenska låglandsregionen som karaktäriseras av utbredda lerslätter, mindre berg och moränområden samt rullstensåsar som genomkorsar landskapet huvudsakligen i nord-sydlig riktning. Morän förekommer främst i länets norra och västra delar.

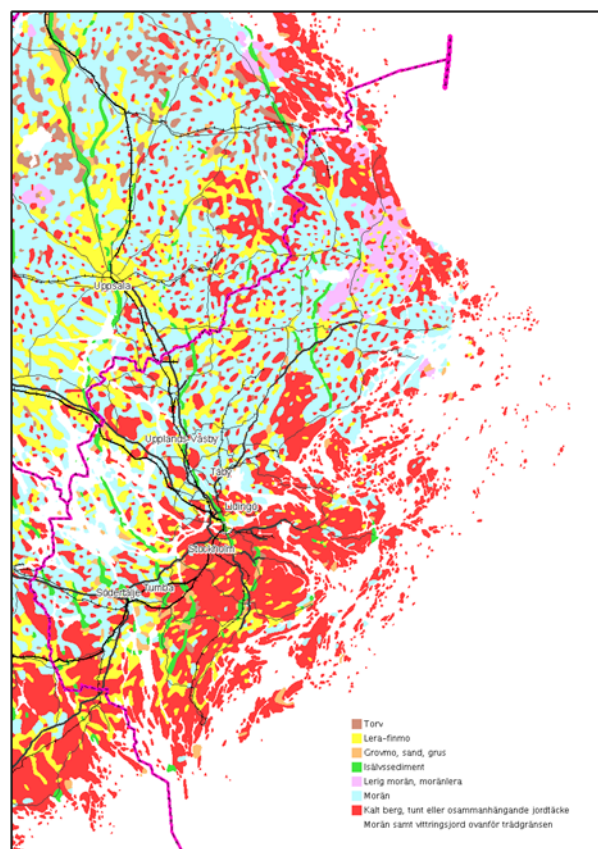
## RAS OCH SKRED

Risker förknippade med ras och skred beror på lokala förutsättningar. Det innebär att en beskrivning av ändrade stabilitetsförhållanden till följd av klimatförändringarna på den regionala nivån enbart låter sig göras i generella termer.

I dagens klimat inträffar ras och skred främst i samband med snösmältning, tjallossning samt under perioder med mycket regn. Ytvatten tränger då till stor del ned i jorden och bildar grundvatten. Då grundvattennivån höjs ökar portrycket i jorden, hållfastheten försämras och sannolikheten för ras och skred ökar.

Ras och skred kan bero av naturliga erosionsprocesser, men de kan också bero på mänskliga ingrepp i naturen. Trycket i jorden kan till exempel förändras genom att marken exploateras. Ras och skred är snabba rörelser i berg eller jord som kan orsaka stora skador och som kan inträffa helt utan förvarning. Figur 22 visar schematiska bilder av ett skred som en förflyttning av en sammanhängande jordmassa och ett ras vilket sker när block, stenar, grus- och sandpartiklar rör sig fritt.

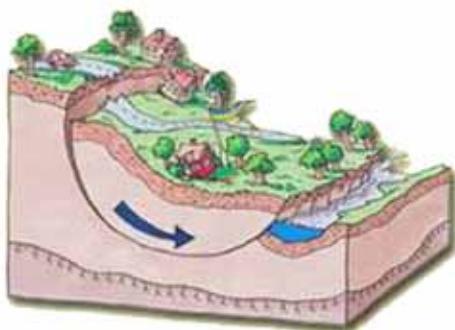
De klimatförhållanden som främst påverkar markstabiliteten är nederbörd, flöden och nivåer i hav, sjöar och vattendrag. Faran för skred och ras ökar genom att ett ökat vattentryck i markens porer minskar hållfastheten. Ökad nederbörd leder till ökad avrinning och erosion som också påverkar släntstabiliteten. Förändrade grundvattennivåer kan medföra försämringar av stabiliteten i slänter av lera och silt. I Stockholms län beräknas grundvatten-



Figur 21. Översiktskarta över de geologiska förhållandena i Stockholms län. Utdrag ur Sveriges jordarter – en översikt, WMS-tjänst från Sveriges Geologiska Undersökning (2010-11-09).

nivåerna öka under vintern medan de minskar under sommaren. Under sommarperioden väntas även vattennivåerna i vattendrag bli lägre vilket leder till att den mothållande kraften i strandslänterna minskar. Om markens vattentryck fortfarande är förhöjt kan detta leda till att risken för ras och skred ökar. (SGI, 2011)

SGI har bedömt att stabiliteten generellt i Sverige kan komma att försämras med mellan 5 och 30 procent vid ökad nederbörd till slutet på seklet. Det innebär att riskerna för ras och skred inom bebyggda områden som idag har otillfredsställande stabilitet ökar. Det innebär också att det inom ytterligare områden kan komma att finnas slänter med bristande stabilitet. (SGI, 2011)



Illustrationen visar ett skred



Illustrationen visar ett ras

Figur 22. Illustration av ett skred och ett ras. Källa: SGI, 2011.



Figur 23. Kartan visar översiktliga bedömningar av förändringarna för risker med ras och skred i ett framtida klimat i slutet på seklet. Källa: Bilaga B14, SOU 2007:60.



Figur 24. Kartan visar förändrade risker för erosion i ett framtida klimat i slutet på seklet. Källa: Bilaga B14, SOU 2007:60.

I Klimat- och sårbarhetsutredningen pekas Stockholms län ut som ett område där risken för ras och skred kommer att öka i ett förändrat klimat, se Figur 23.

## FÖRUTSÄTTNING FÖR EROSION

Erosion är en ständigt pågående naturlig process som innebär förlust av material från stranden och botten i vattendrag och längs kuster. Den naturliga balansen mellan erosion och sedimentation kan störas av mänskliga aktiviteter, exempelvis genom fartygstrafik och avverkning av strandnära skog. Under vissa förhållanden sker mer omfattande erosionsangrepp, till exempel vid stormar och höga flöden i vattendrag, sjöar och hav.

De förhållanden som påverkar erosion i vattendrag är jordart och vattenföring. Erosionen blir störst vid långvariga höga flöden, men även korta extrema flöden kan ge erosions-skador. Förutsättningar för erosion finns inom ett flera områden längs länets kust och Mälaren, främst inom områden där jorden utgörs av sand och silt. (SGI, 2011)

Ett förändrat klimat påverkar riskerna för erosion, i Figur 24 visas Klimat- och sårbarhetsutredningens översiktliga bedömning av förändrade erosionsrisker.

## Vattendrag

SGI har översiktligt inventerat förutsättningar för erosion längs Norrtäljeån, Oxundaån, Tyresån, Gudöå och Sigtunaån. Det finns sträckor med förutsättningar för erosion längs samtliga av dessa vattendrag som kan medföra förlust av mark, underminering av konstruktioner och medföra att stabiliteten i slänter minskar med risk för skred och ras som följd. (SGI, 2009)

Klimatscenerierna fram till år 2100 visar att fluktuationerna i vattendragen kommer att öka med en tydlig säsongsvariation. Erosionen kan öka lokalt i vattendragens slänter vid kraftiga flöden där det redan idag finns förutsättningar för erosion. Figur 25 nedan visar erosion i Stockholms skärgård.

## Havet

Klimatförändringarna leder till att havet stiger. Det innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. Erosionen bedöms utifrån havets medelvattennivå. Medelvattennivån beräknas öka med cirka 30–50 cm år 2100 från Norrtälje till Landsort vid en global höjning av havets nivå på +1,0 m. Det innebär att 30–50 m av kusten permanent kan påverkas av ökad erosion utöver den erosion som redan förekommer för dagens



Figur 25: Stranderosion på Gällnö. Foto: Stina Lindfors.



förhållanden. Till detta kommer lokala erosions-effekter från till exempel stormar, översvämningar och tillfälliga högvatten med ett schablonlägg på cirka 25 procent. Detta innebär alltså sammanlagt att risk för erosion kan finnas från 40 till 65 meter inåt land vid seklets slut där förutsättning för erosion finns redan idag. (SGI, 2011)

## Mälaren

Framtida vattennivåer och erosionsförhållanden i Mälaren beror på de nya vattenhushållningsbestämmelser som ska beslutas. Det är därför inte möjligt att nu säga hur erosionen längs stränderna kommer att förändras. En eventuell högre nivå av medelvattenytan i Mälaren ger samma effekt som för kusten (SGI, 2011). Inom Slussenprojektet har

man översiktligt utrett frågan om erosion kring Stockholms stads del av Mälaren till följd av den nya regleringen. Bedömningen gjordes att erosion till följd av ny reglering är obetydlig i dessa områden. (Calluna, 2008)

### FAKTARUTA

För att bedöma hur stora strandnära områden vid havet som kan utsättas för erosion så används Bruuns formel som bygger på ett linjärt samband mellan havets höjning och påverkan på stränder. En (1) meters höjning av havet bidrar enligt formeln med en erosionspåverkan 100 meter upp på stranden. Då höjningen av medelvattenytan i länet beräknas bli mellan 30-50 centimeter ger det en ytterligare permanent påverkan på 30–50 m upp på stranden längs kuster där erosion pågår redan idag. (SGI, 2011).

Figur 26. Slussen. Foto: Jamie Senewiratne





# Konsekvenser och sårbarheter inom olika system

Detta kapitel omfattar analyser av konsekvenser, möjligheter och sårbarheter inom olika system. De klimatfaktorer som påverkar systemen beskrivs, liksom systemens olika delar. För vissa system lyfts även förslag på åtgärder. Mer om den analysmetod som används finns, förutom i avsnittet *Metoder, avgränsningar och underlagsmaterial*, att läsa i Länsstyrelsens skrifter *Konsekvens- och sårbarhetsanalys – Metodbeskrivning* samt *System-*

*typer och klimatfaktorer – Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser*. (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:e; 2010:f.) För några system lämnas också förslag på åtgärder. Som ingress för respektive system ges en kort sammanfattning av de viktigaste konsekvenserna. Detaljeringsgraden i analysen skiljer sig åt mellan de olika systemen främst beroende på att tillgången till underlagsmaterial har varit ojämn.

Figur 27. Byggnader vid Norr Mälärstrand i Stockholm.  
Foto: Marianne Berlin.



## BEBYGGELSE OCH BYGGNADER

Riskerna för översvämning till följd av höga flöden i vattendrag kommer att förändras. I stället för höga vårflöden fås höga flöden under vintern. Havets stigande nivå väntas påverka hela länets kust och en stor utmaning är att planera med hänsyn till den stigande havsnivån. Risker för ras och skred som vi i länet tidigare varit relativt förskonade från kan komma att öka till följd av ökad nederbörd och bidrar med nya utmaningar. Även erosionen längs kusten beräknas öka. Den ökande nederbörden och högre temperaturer kan även påverka våra byggnader och vårt inomhusklimat negativt, medan ett varmare klimat är positivt ur energisynpunkt då värmebehoven minskar. Alla dessa aspekter behöver beaktas samtidigt som länet ska möta det stora behovet av bostäder, infrastruktur, arbetsplatser och annat som finns i en växande storstadsregion som Stockholms län.

I Stockholms län finns nästan en miljon bostäder och över 400 000 fastigheter<sup>11</sup>. Omkring 94 km<sup>2</sup> av länets cirka 6 490 km<sup>2</sup> mark är bebyggd enligt GSD Fastighetskartan (2010) som används i analysen.

Länet har över två miljoner invånare och exploateringsstrycket är stort för såväl bostäder som verksamheter. Befolkningen i länet växer, vilket än mer ökar anspråken på mark för såväl bebyggelse som infrastruktur och tekniska system. Länet förtätas, särskilt i de centrala delarna och kring stadskärnor. Detta uppmuntras i den senaste RUFs:en (Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen 2010) då förtätningen ger många fördelar, sociala, ekologiska och ekonomiska. Förtätade områden måste dock även klara att hantera till exempel stora regnmängder, värmeböljor och den stigande havsnivån.

Trots att förtätning sker i centrala lägen ökar även bostadsbehovet i skärgård och på landsbygd och många vill omvandla sina fritidshus till åretruntboenden. Framst sker omvandlingen av fritidshus i länet längs kusten och kring Mälaren. (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:g) I vissa kustområden finns också risk för erosion och översvämning som måste hanteras.

För att bedöma konsekvenser av översvämning, ras, skred och erosion har de geografiska lägena av Terrängkartans markslagsklasser och Fastighetskartans byggnader jämförts med befintliga karteringar för dagens klimat för översvämning, ras, skred och erosion. Ingen inventering av byggnadernas grundläggningsförhållanden har gjorts. Detta innebär att ingen hänsyn tas till om byggnader inom riskområde till exempel är byggda för att klara en översvämning eller om åtgärder har genomförts för att säkerställa stabila grundläggningsförhållanden. De olika markslagsklasserna som använts i analysen är *hög och sluten* bebyggelse, *låg* bebyggelse, *fritidsbebyggelse* och *industriområden*. De områden som inte faller inom någon av dessa markslagsklasser har tilldelats kategorin *övrigt*. Övriga byggnader kan till exempel utgöras av friliggande hus och ekonomibygnader. I Bilaga 2 beskrivs metoderna för analys av översvämning, ras, skred och erosion grundligare och i Bilaga 3 finns en utförligare beskrivning av de olika markslagsklasserna och bygghusetyperna.

### Översvämning av strandnära bebyggelse

Riskerna för översvämning till följd av höga flöden i vattendragen förväntas minska i vissa delar av länet medan de för andra delar kommer att öka. Framför allt syns en förskjutning av riskerna för översvämning från de nu höga vårflödena till högre flöden främst under vintern. Havets stigande nivå väntas påverka hela länets kust och en stor utmaning är att planera med hänsyn till den stigande havsnivån. Mälarens nivåer hanteras genom en ny reglering. Allteftersom Saltsjön stiger och närmar sig Mälarens nivå mot slutet av seklet så kommer avtappningen att försvåras.

En översvämning betyder att vatten täcker ytor av land utöver den normala gränsen för vattendrag, hav eller sjö. Översvämningar kan också ske till följd av nederbörd, i såväl områden med vattenkontakt som i områden som inte ligger i närheten av sjö, vattendrag eller hav. Dagvatten behandlas särskilt under avsnitt *Tekniska försörjningssystem; Dagvatten och avlopp*. Nedan behandlas risker för översvämningar i länet av strandnära bebyggelse.

<sup>11</sup> En fastighet består av ett eller flera avgränsade områden på marken. Till en fastighet kan höra byggnader, skog, vatten m.m. All mark i landet är indelad i fastigheter. En fastighet behöver alltså inte vara bebyggd. Inkluderat i beräkningarna finns även fastigheter utan identitet samt samsamigheter.



Figur 28. Översvämning av Norrtäljeån, Norrtälje.  
Foto: Janne Eriksson.

### Översvämning längs Mälaren och vattendragen

De lokala och totala 100-årsflödena kommer att minska något i frekvens och storlek för Tyresån och Norrtäljeån medan de för Oxundaån är relativt oförändrade. Generellt kan det sägas att riskerna för översvämning av Norrtäljeån och Tyresån väntas minska något till slutet av seklet. Det är dock viktigt att beakta att risken för höga nivåer vintertid ökar jämfört med dagens nivåer på grund av mer nederbörd.

Mälarens översvämningrisker beror av tillflöde, reglering, tappning, havets nivå samt av landhöjningen. När den nya Slussen med utökad avtappningskapacitet är klar och ny vattendom finns är risken för översvämning låg i tidsperspektivet 50–100 år. Inom denna period kommer en framtida dimensionerande nivå att motsvara dagens 100-årsnivå. Detta betyder alltså att risken för att dagens 100-års-

nivå ska inträffa i Mälaren minskar med en ny reglering, trots att 100-årsflödet ökar i frekvens och storlek i slutet av seklet. Det som förändrar denna bild på ännu längre sikt är ytterligt stigande havsnivåer, vilket successivt kommer att minska de skapade marginalerna.

I Tabell 4 visas länets totala byggnadsyta för respektive markslagsklass samt hur stor byggnadsyta som är belägen inom dagens 100-årsnivå i Norrtäljeån, Tyresån, Oxundaån samt Mälaren enligt MSBs översiktliga översvämningsskartering för dagens klimat.

Cirka 40 hektar, motsvarande 0,4 procent, av länets byggnadsyta ligger inom utbredningsområde för dagens 100-årsflöde i Norrtäljeån, Tyresån, Oxundaån samt Mälaren.

INFORUTA

1 Hektar =  
10 000 m<sup>2</sup>



Tabell 4: Länets totala byggnadsyta för respektive markslagsklass samt byggnadsarealer inom utbredningsområde för dagens 100-årsflöden i Norrtäljeån, Tyresån, Oxundaån och Mälaren.

Fastighetstyp/ Byggnadsyta (Ha)	Låg bebyggelse	Fritidshus	Industrier	Sluten och hög bebyggelse	Övrigt	Summa
Totala byggnadsyta	3243	705	1129	1501	2830	9423
Byggnadsyta inom utbredningsområde för dagens 100-årsflöde	2	1	22	4	12	41

Främst är det industribyggnader och övriga byggnader som berörs. Risken för att de ovan beskrivna byggnadsytorna vid vattendragen ska översvämmas minskar i ett framtida klimat beroende på att de lokala och totala 100-årsflödena kommer att minska något i frekvens och storlek för Tyresån och Norrtäljeån medan de för Oxundaån är relativt oförändrade. Risken för översvämning av Mälaren minskar till följd av utbyggnad av Slussens avtappningskapacitet.

Beräkningarna utgår från MSB:s översiktliga översvämningsskarteringar för dagens klimat och med en höjddatabas som rymmer stora osäkerheter. För Mälaren väntas nya översvämningsskarteringar vara tillgängliga under hösten 2011 då Lantmäteriets nya höjddatabas ska vara klar för Mälaronrådet. (MSB, 2011:b) Med dessa nya skarteringar kan analysen av översvämmad yta kring Mälaren uppdateras.

Mindre vattendrag med begränsade tillrinningsområden påverkas främst av lokala förhållanden och kortvariga, intensiva regn har betydelse. Skyfall och kraftig nederbörd väntas bli vanligare i framtiden, en ökning med cirka 20 procent, vilket innebär att risken för översvämning i länets små vattendrag kan komma att öka. Detta har dock inte analyserats specifikt i denna analys där det enbart konstateras att hänsyn behöver tas till ökade regnmängder och därmed också ökad risk för översvämning i länets mindre vattendrag. Att ta hänsyn till risken för över-

svämningar i sådana vattendrag är därför framgent en viktig aspekt för samhällsplaneringen.

### Översvämning längs havets kust

Längs havet finns ingen översvämningsskartering utförd eftersom detaljerade höjddata saknas. En övergripande analys har i stället gjorts genom att undersöka hur stor byggnadsyta som är belägen under 2-meterskurvan enligt Lantmäteriets höjddata<sup>12</sup>. Denna beräkning har sedan jämförts med fyra kommuners detaljerade översvämningsskarteringar längs havet, se *Bilaga 2. Metod för konsekvensanalys av översvämning, ras, skred och erosion* för mer information. Den framtagna schablonen har sedan använts längs hela länets kust. Kommunernas detaljerade översvämningsskarteringar överensstämmer väl med den framtida 100-årsnivån för havet enligt det regionala klimatunderlaget, se Tabell 3.

Omkring 150 hektar (cirka 1,6 procent) av länets byggnadsyta längs kusten är belägen under 2-meterskurvan. Övervägande del av ytorna utgörs av kategorin övrigt, därefter industribyggnader. Men även fritidshus och låg bebyggelse finns under 2 meter. Hög och sluten bebyggelse ligger däremot sällan under denna nivå vid havet. I Tabell 5 visas länets totala byggnadsyta för respektive markslagsklass samt hur stora arealer byggnader som är belägna under 2-meterskurvan.

12 GSD-höjddata grid 50+



Tabell 5: Länets totala byggnadsyta för respektive markslagssklass samt byggnadsarealer under 2-meterskurvan enligt GSD-höjddata grid 50+.

Fastighetstyp/ Byggnadsyta (Ha)	Låg bebyggelse	Fritidshus	Industrier	Sluten och hög bebyggelse	Övrigt	Summa
Totala byggnadsyta	3243	705	1129	1501	2830	9423
Byggnadsyta under 2-meterskurvan, längs havet	17	13	41	0,7	79	152

Den faktiskt översvämmade marken enligt de detaljerade karteringarna ligger inom spannet 31–96 procent<sup>13</sup> av bebyggelsen under 2-meterskurvan. Vid jämförelse med de detaljerade karteringarna skulle alltså grovt beräknat 45–144 hektar av länets bebyggelse kunna komma att översvämmas vid slutet av seklet av ett 100-årsvattenstånd i havet.

Detta är en mycket översiktlig analys och den visar på behovet av nya höjddata och detaljerade översvämningskarteringar längs havets kust för att hänsyn ska kunna tas till framtida förändrade havsnivåer. Med Lantmäteriets nya höjddatabas är det möjligt att utföra sådana karteringar, vilka kan vara till stor hjälp vid planering av strandnära områden. Vid dessa karteringar bör även hänsyn tas till lokala effekter och vinduppstuvning, vilket kan höja havets nivå med ytterligare 20–30 cm.

Trots att denna analys av befintlig bebyggelse är mycket osäker så visar den att det finns byggnader som kan ligga inom områden med risk för översvämning vid en stigande havsnivå. Denna analys bör aktualiseras när nya höjddata och en detaljerad översvämningskartering finns för länets kust. En identifiering av objekt inom riskområde för översvämning i ett framtida klimat underlättar vid prioritering av förebyggande åtgärder. En sådan identifiering kan även underlätta vid insatsplanering vid akuta skeden när havsnivån tillfälligt stiger.

13 För kommun A översvämmas 77 procent av ytan under 2-meterskurvan enligt den detaljerade översvämningskarteringen, för kommun B 96 procent, för kommun C 65 procent medan yta under 2-meterskurvan enbart överensstämmer till 31 procent med kommun D:s detaljerade översvämningskartering.

### Åtgärder för att minska eller undvika översvämningsrisker

Det mest effektiva sättet att hantera översvämningsrisker är att minska samhällets utsatthet, det vill säga att undvika att bygga i riskområden. I en länsstyrelsegemensam rapport under arbetsnamnet *Klimatanpassning i den fysiska planeringen* sammanfattar länsstyrelserna kunskapsläget kring klimatförändringarna och ger rekommendationer, tips och råd om hur kommuner kan ta hänsyn till klimatet i den fysiska planeringen. I rapporten, som väntas vara klar under hösten 2011, ges konkreta råd om hur kommunerna genom de olika planeringsverktygen kan arbeta med klimatanpassning.

Då intresset är stort för strandnära bebyggelse är ett alternativ att anpassa och vidta åtgärder vid planering och utförande av bebyggelsen (Boverket, 2010:a). Klimat- och sårbarhetsutredningen listar ett antal åtgärder för att minska skador till följd av översvämningar och presenterar även åtgärder för att undvika översvämning av bebyggelse. De skadereducerande åtgärderna är bland annat dämpning av flöden genom ändrad reglering, invallning, ökad avbördning, uppfyllnad eller höjning av fastigheter samt anpassning av användningen i byggnader nära

Läsvärt om åtgärder:

Boverket (2010)  
*Klimatanpassning i planering och byggande – analys, åtgärder och exempel.*



Figur 29. Översvämningsskydd i form av spont och vall mot Edsviken i Danderyds kommun. Källa: Danderyds kommun, 2011.

vatten. Boverket anger som anpassningsförslag att bottenvåningar i byggnader inom riskområden för översvämning kan användas som garage eller vara oinredda, samt att källare kan byggas med vattentät betong och utan fönster. Öppen plintgrund eller uteluftventilerad grund kan vara en lösning i områden med risk för tillfällig översvämning. Marken kan då översvämmas utan att bjälklag och väggar skadas. (Boverket 2009:a)

Ett exempel på översvämningsskydd visas i Figur 29. Bilden kommer från Danderyds kommun som i området Nora Strand har anlagt en spont och vall för att minska risken för översvämning från Edsviken, en vik från Östersjön. Nora Strand är ett område som redan i dagens klimat varit utsatt för översvämningar från Edsviken och åtgärden har till syfte att minska risken för översvämning i området idag och i framtiden. Översvämningsskyddet och en dagvattendamm som anlades i samband med åtgärdandet kan enligt kommunen även bidra

till att en minskad mängd föroreningar kommer ut i Edsviken samt att det rekreativa värdet i området ökar. Läs mer om projektet i *Översvämningsskydd vid Nora Strand – Slutrapport*.

Vallen är byggd för att klara högsta högvatten idag och en medelvattennivå år 2100. Livslängden är beräknad till 30 år. Därefter måste skyddet eventuellt höjas för att klara den stigande havsnivån. (Danderyds kommun, 2011)

### Ras, skred och erosion

Konsekvenser för ras och skred till följd av klimatförändringarna beror av lokala faktorer. I Stockholms län ökar riskerna för ras och skred generellt i de områden som redan i dagens klimat är ras- och skredbenägna. Orsaken till detta är till stor del de ökande nederbörds mängderna, vilket leder till förändrade grundvattenförhållanden och högre portryck i marken. I länet finns områden med förut-

sättningar för erosion samt pågående erosion längs vattendragen, Mälaren och havets kust. Om vattennivåerna stiger breder erosionen ut sig upp mot land. Även i vattendragen kan tillfälligt höga flöden bidra till ökad erosion.

### Ras och skred

Landskapet är under ständig förändring. De geologiska processerna bygger upp och bryter ner landskapsformationer i ett stort geologiskt kretslopp. Dessa processer påverkar också markens egenskaper som grund för infrastruktur och bebyggelse. Stabiliteten i marken är en viktig aspekt vid exploatering och byggande.

Översiktliga stabilitetskarteringar har utförts av MSB för bebyggda områden. Dessa redovisar områden med otillfredsställande säkerhet mot ras och skred för dagens klimat. Enligt sammanställningen från SGI bedöms riskerna för ras och skred generellt komma att öka inom de områden där stabiliteten redan idag är bristfällig (SGI, 2011). Denna analys har därför utgått från MSB:s översiktliga karteringar vid bedömning av hur många av länets

Inspirerande åtgärder för att förbättra stabiliteten:

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap MSB (2008): *Förebyggande åtgärder mot skred, ras och erosion – goda exempel.*

fastigheter som är belägna inom områden där stabiliteten ej kan sägas vara tillfredsställande. För information om den metod som har använts för analysen se *Bilaga 2. Metod för konsekvensanalys av översvämning, ras, skred och erosion.* För att närmare klargöra planeringsförutsättningar och behovet av konkreta åtgärder krävs detaljerade undersökningar och beräkningar.

En jämförelse av fastigheters lägen och de översiktliga stabilitetskarteringarna visar att omkring 5500 av länets över 404000 fastigheter ligger inom områden där stabiliteten kan vara otillfredsställande, se Tabell 6. Främst är det låg bebyggelse som berörs. Men även några hundratals industrifastigheter och fastigheter med hög och sluten bebyggelse är belägna inom områden där stabiliteten kan vara otillfredsställande. Omkring 800 fastigheter som klassificerats som övrigt är belägna inom områden där stabiliteten inte kan säkerställas. Dessa områden kan vara till exempel grönområden, naturmark eller annat som faller utanför markslagsklasserna hög, sluten, låg och fritidsbebyggelse samt industribyggnader.

Dessa siffror betyder inte att 5500 av länets fastigheter kommer att utsättas för ras och skred utan att ytterligare utredningar kan krävas för att avskrika riskerna alternativt hantera dem med olika typer av åtgärder.

Stabilitetsfrågan är särskilt viktigt att beakta då riskerna för ras och skred kan komma att öka i om-

Tabell 6. Länets totala antal fastigheter samt antal fastigheter inom områden där stabiliteten inte kan säkerställas, definierade genom MSB:s utförda stabilitetskarteringar. Fastighetstyperna finns utförligt beskrivna i Bilaga 3.

Fastighetstyp/ Byggnadsyta (Ha)	Låg bebyggelse	Fritidshus	Industrier	Sluten och hög bebyggelse	Övrigt	Summa
Totala antal fastigheter inom länet	13 400	2 900	900	1 300	385 700	404 200
Antal fastigheter inom områden där stabiliteten inte kan säkerställas	3 900	300	300	200	800	5 500





Figur 30. Skredet i Munkedal 2006. Väg E6 raserad.  
Foto: Susanne Edsgård, MSB.

råden som har bristande stabilitet i dagens klimat. Att göra ytterligare utredningar kan dock vara problematiskt i befintligt bebyggda områden då incitament och regler för detta inte är lika tydliga som i nybyggnadsfallet. Kommuner kan söka bidrag för anpassningsåtgärder via MSB. Dessa ska föregås av detaljerade analyser av stabilitetsförhållandena. Bidrag ges med upp till 60 procent kostnaderna. Vid nyexploatering ska däremot detaljerade utredningar göras om osäkerhet råder gällande markens stabilitet eller om stabiliteten är bristfällig.

Mänsklig påverkan såsom avverkning av träd och igensättning av diken bidrar till ökat vattentryck och därigenom minskad hållfasthet i jorden. Även ökad belastning på marken permanent eller tillfällig, vid till exempel nybyggnation, kan orsaka ras och skred. Sådan tillfällig belastning var orsaken till det stora skredet i Munkedal i Västra Götalands län i december 2006, se Figur 30.

I sammanställningen över riskområden i länet har SGI kompletterat MSB:s tidigare karteringar med översiktliga bedömningar av stabiliteten i potentiella utbyggnadsområden inom länet. Sammanställningen omfattar de kommuner som lämnat in upp-

gifter om aktuella utbyggnadsplaner. I 19 av de 20 svarande kommunerna bedömer SGI att det finns planerade exploateringsområden där stabiliteten inte kan säkerställas. I dessa områden behöver mer detaljerade studier göras för att säkerställa markens lämplighet för byggnation, läs mer om vilka områden som berörs i *Riskområden för ras, skred, erosion och översvämning i Stockholms län – för dagens och framtidens klimat*. (SGI, 2011)

### *Erosion*

Erosion påverkas av förändring av geometrin i slänter och bottenar vid stränder längs vattendrag, sjöar och kuster. Lutningarna påverkas av förändrade flöden i vattendragen samt av stigande havsnivåer, vågor och strömmar. Erosionen blir störst vid långvarigt höga vattenflöden och nivåer men även extrema förändringar ger skador. Förutsättningar för erosion längs länets kust och Mälaren finns i ett flertal områden där jorden utgörs av sand och silt. Figur 31 visar erosion vid Båtholmen. Förutsättning för erosion finns längs samtliga av de inventerade vattendragen; Tyresån, Norrtäljeån, Oxundaån och Gudöå. (SGI, 2009; 2010) Mindre vattendrag har ej ingått i analysen.





Figur 31. Erosion längs kusten, Båtholmen i Stockholms skärgård. Foto: Stina Lindfors

För att bedöma hur många fastigheter i länet som berörs av förutsättning för erosion idag och i ett förändrat klimat i slutet av seklet används SGI:s inventeringar längs vattendrag och längs havet (SGI, 2009;2010) samt Fastighetskartans indelning. Bruuns formel och höjningen av havets medelvattennivå på 30–50 centimeter, se Tabell 2, ligger till grund för beräkningar av det stigande havets påverkan på erosionen. Därutöver tillkommer ett påslag om 25 procent till följd av vind och tillfälliga högvatten. Påverkansområdets storlek blir då omkring 40–65 meter upp på land utöver de områden som redan idag påverkas.

Omkring 300 av länets totala 404 000 fastigheter är belägna inom områden med förutsättning för erosion längs vattendrag och Mälaren. Det är problematiskt att avgöra vilken typ av fastighet som berörs då karteringen av erosionsförutsättningar är utförd i skala 1:250 000.

Omkring 600 fastigheter är idag belägna inom områden där förutsättning för erosion finns längs havets kust. Med en höjd havsnivå år 2100 kan omkring 1300 fastigheter komma att bli utsatta för erosion längs kusten, där erosionen alltså förvän-

tas öka med en bredd av cirka 40–65 meter från kustområde norra Norrtälje till Landsort. Vad gäller bebyggelse så är det främst låg bebyggelse och fritidsbebyggelse som ligger inom riskområden för erosion längs havets kust år 2100.

Klimatscenerierna fram till år 2100 visar en tydlig säsongsvariation i vattenflödet med ökning framförallt vintertid. Erosionen kan vid kraftiga flöden under vinterperioden lokalt öka i slänter där det redan idag finns förutsättningar för erosion. Riskerna med erosion behöver alltså särskilt uppmärksammas längs kusten och vid vattendrag där det redan idag förekommer erosion eller där det finns geologiska förutsättningar för erosion.

Erosionsförhållandena kring Mälaren beror av den nya regleringen och de nya vattennivåerna. Därför är det svårt att bedöma hur erosionen längs stränderna kommer att förändras. En högre vattennivå skulle dock kunna ge samma effekt som längs havets kust. (SGI, 2011) Inom Slussenprojektet har bedömningen gjorts att det inte föreligger risk för direkt erosionspåverkan på naturstränder i Stockholms stad till följd av den nya regleringen (Calluna, 2010).





Figur 32: Strandmatta för att förhindra erosion i Hammarby Sjöstad. Foto: Emma Östlund.

### **Hantera och åtgärda bristande markstabilitet**

I planering för ny bebyggelse är det, liksom för andra risker, viktigt att undvika att ny bebyggelse tillkommer inom områden som är utsatta eller med tiden kan komma att bli utsatta av risker för ras, skred och erosion. Ett förändrat klimat skapar förändrade geotekniska förutsättningar och det är därför viktigt att säkerhetsmarginaler finns vid risk för bristande stabilitet. Kunskap är en viktig del i val av åtgärder och från och med 2010 har SGI regeringens uppdrag att ge myndighetsstöd till länsstyrelser och kommuner rörande geotekniska säkerhetsfrågor i planprocessen. Detta är ett viktigt uppdrag

som kan bidra till ökad hänsyn och förståelse hos kommuner och länsstyrelser av geotekniska risker. SGI har även en stödjande roll till de kommunala räddningstjänsterna när ras och skred har inträffat eller befars inträffa.

I rapporten *Klimatanpassning i planering och byggande – Analys, åtgärder och exempel* presenteras olika förslag på mer konkreta åtgärder gällande stabilitet (Boverket, 2010:a) till exempel genom att planera träd i en slänt kan stabiliteten stärkas då trädets rötter håller kvar jorden och på så sätt skapas en sammanhållande kropp av rötter och jord. Andra åtgärder som presenteras är avschaktning, förstärkningar av släntfot genom jordspikning, vilket innebär att spikar borrar eller slås in i den befintliga jorden för att förstärka slänterna, och stödfyllning, som förenklat innebär att stödfyllning läggs ut i anslutning till släntfot. Även träd och växters rötter kan fungera stabiliserande i områden med erosion. Det finns flera åtgärder för att hantera erosion. Bland annat kan strandfordring utföras vilket innebär att stranden återställs alternativt omformas genom att tillföra sand från annan plats. Ytterligare åtgärder är olika typer av växtetablering och mattor som syftar till att förhindra erosion. (Boverket, 2010:a) Figur 32 visar en strandmatta i Hammarby Sjöstad. Strandmattan är en prefabricerad växtmatta med olika blandningar av strand- och vattenväxter odlade i en matta av sammanvävda kokosfibrer som används stabiliserande i slänter med erosion. (Vegtech, 2011)

### **Byggnadskonstruktioner**

Klimatförändringarna kommer att påverka befintliga och framtida byggnadskonstruktioner. Ökad nederbörd och ett varmare klimat leder till ökad risk för fuktskador, främst i kryppgrunder och på kallvindar. De fuktiga förhållandena kan även påverka inomhusklimatet som blir fuktigare, vilket kan medföra ökad mikrobiell tillväxt, till exempel i form av mögel. De ökade regnmängderna och högre temperaturer gör också att underhållsbehovet för till exempel fasader och tak ökar. Högre temperaturer under somrarna innebär också höga inomhustemperaturer, vilket kan innebära ett ökat kylbehov.

Tabell 7. Olika typer av byggnader i länet, antal taxeringsenheter. (Statistiska Centralbyrån, 2010).

Indelning i byggnadstyper, antal taxeringsenheter	
Flerbostadshus och lokalbyggnader	29 100 <sup>14</sup>
Småhus och fritidsfastigheter	323 700
Industrienheter	6 000 <sup>15</sup>

De systemtyper som antas kunna påverkas av ett förändrat klimat är det vi till vardags brukar kalla för en byggnads klimatskal. Detta skal består av ytterväggar, tak, grunder, fönster och dörrar. Även stomkonstruktioner kan påverkas av det yttre klimatet.

För att kunna bestämma byggnadsbeståndets sårbarhet i ett förändrat klimat behövs information om vanligt förekommande byggnadsmaterial i länet. För länet finns ingen sådan information sammanställd, däremot finns information om vanligt förekommande byggnadsmaterial i Sverige samt i Stockholms stad. De byggnadsmaterial som är vanliga i Sverige och i Stockholms stad antas vara vanligt förekommande även i länet. Byggnadsmaterialen skiljer sig åt mellan olika typer av byggnader. Trä är till exempel vanliga fasadmateriäl i småhus, medan puts och tegel är ofta förekommande för flerbostadshus. Tabell 7 visar fördelningen av olika typer av byggnader i länet.

Papptak som är vanligt förekommande som takmaterial på småhus och industrier är känsligt för högre temperaturer som kan förkorta takens livslängd. Platta papptak är även särskilt känsliga för fuktskador och det är viktigt att säkerställa en fungerande avrinning från taken. Igensatta takrännor och brunnar kan öka risken för stillastående vatten med risk för fuktskador på taken. Med mer regn blir avrinningen från taken än viktigare att säkerställa.

Generellt påverkas takkonstruktioner av snölast som till exempel kan orsaka takras. I länet kan de

<sup>14</sup> I länet finns omkring 20 750 taxeringsenheter för flerbostadshus och lokalbyggnader. Till det kan även läggas 8 300 specialenheter som består av bland annat byggnader för vård, sport och kultur.

<sup>15</sup> I länet finns omkring 18 100 industrienheter. I Sverige är omkring en tredjedel av alla industrifastigheter bebyggda. Denna fördelning antas även gälla i Stockholms län, vilket ger omkring 6 000 bebyggda industrienheter.



Figur 33. Olika typer av byggnader. Foto: Marianne Berlin & Emma Östlund





Figur 34. Tegelfasad. Foto: Emma Östlund.

största snömängderna minska med omkring 70 procent i slutet av seklet, vilket ger en minskad risk för påverkan av snölast. (Boverket, 2007)

För länets träfasader, som är vanligt förekommande i småhusbebyggelse men även i flerbostadshus, kan de ökande regnmängderna bidra till större och frekventare underhållsbehov, till exempel ommålning. Trä absorberar fukt och ett blötare klimat kan därför bidra till fuktigare träkonstruktioner. Tegel som är ett vanligt fasadmateriäl i flerfamiljshus, lokalbyggnader och småhus är tåligt och påverkas inte nämnvärt av dagens variationer i klimatet. Det är dock viktigt att avrinningen från taken fungerar väl och inte leds ned på fasaden då teglet kan bli påverkat av fukt. Det samma gäller för puts som inte tål konstant väta. Vid ett fuktigare klimat kan putsen bli vattenmättad vilket kan leda till sprickor, i synnerhet vid nollgenomgångar. Antalet nollgenomgångar väntas minska i länet. Mot slutet av seklet kommer nollgenomgångar att inträffa vid 10–20 tillfällen per år i stället för cirka 30 som idag. Om putsen spricker, vilket den även kan göra vid konstant väta, förlorar den sin funktion med risk för att underliggande konstruktion skadas. (Boverket, 2007)



Figur 35. Regn på träfasad. Foto: Emma Östlund.

Detta är redan idag förekommande i hus byggda i början av 2000-talet där fasaderna är enstegstätade och taken saknar överhäng. Detta resulterar i avrinning direkt ned på fasaden. Putsen har i vissa fall spruckit och fukt har kommit in i de underliggande konstruktionerna. Fukt som leds in i underliggande konstruktioner kan orsaka mögel och fuktskador, i synnerhet om möjlighet till ventilation saknas. (Must, 2011)

Ett fuktigare klimat kan bidra till fuktigare konstruktioner generellt, men särskilt i material som betong och skivmaterial som är fuktkänsliga. (Must, 2011). Betongpannor är ett vanligt takmateriäl i småhus. Betong förekommer även i flerbostadshus och industrier. (Riksantikvarieämbetet, 2011)

Det fuktigare och varmare klimatet tillsammans med ett minskat behov för uppvärmning kan även ge ett gynnsammare klimat för dammkvalster och mögel inomhus. Mögel och fuktskador kan påverka människors hälsa, läs mer under avsnittet *Människors hälsa*. Mögel och fukt finns dock redan idag i våra hus (Boverket, 2009).



I många av våra hus finns kallvindar, vilket är ett ouppvärmigt utrymme under taket. Kallvindar ventileras ofta med uteluft. I en studie från Chalmers universitet visas att mögelindex i Sveriges småhus kommer att öka under senare halvan av detta sekel. Att mögelindexet ökar betyder att uteklimatet är gynnsamt (fuktigt och varmt) för mögeltillväxt. Även krypgrunder förekommer enligt nationella siffror i omkring 20 procent av småhusbebyggelsen. (Boverket, 2010:a) För krypgrunder kan ett varmare och fuktigare klimat skapa förutsättningar för mögelskador. Höjda grundvattennivåer och mer regn kan även ge gynnsammare klimat för mögeltillväxt i husgrunder.

### *Åtgärder för byggnadskonstruktioner*

Generellt kan sägas att material och konstruktioner som redan idag har problem med fukt och mögel kan bli än mer utsatta i ett varmare och fuktigare klimat. De flesta förutsägbara climateffekter kan dock hanteras genom att utforma konstruktionerna på ett lämpligt sätt. För att undvika att regnvatten rinner direkt ned på fasaden eller samlas på tak, samt att ventileras och avfuktas fuktiga konstruktioner och utrymmen, är det därför viktigt att utforma de tekniska lösningarna för ett förändrat klimat. (Boverket, 2010:a)

Vid nybyggnation är placeringen av byggnaden i omgivande terräng viktig för att undvika att höga grundvattennivåer eller avrinning av ytvatten mot byggnaden som skulle kunna påverka byggnadens grund negativt och orsaka fuktskador. (Klimatilpassning Danmark, 2011) För byggnadskonstruktioner kan krav ställas med hänsyn till klimatförändringarna dels genom Plan- och Bygglagen (2010:900) och dels genom Boverkets Byggregler (BBR 18:6) gällande hygien, hälsa, miljö samt mikroorganismer.

### **Kulturarvet**

Länets kulturmiljöer kan komma att påverkas på olika sätt av ett förändrat klimat. En del av miljöerna är belägna inom potentiella riskområden för ras, skred, erosion och översvämning, men de påverkas även av andra klimataktorer såsom högre temperatur, ökade regnmängder och fuktigare miljö. Ar-

keologiska kulturminnen kommer även att påverkas olika beroende på om de finns under jord, ovan jord eller under vatten (Riksantikvarien, 2010).

I Stockholms län finns totalt 131 riksintressen för kulturmiljövärden. Det är områden vars kulturhistoriska värde anses vara så högt att dess bevarande är av nationell betydelse. De innefattar en mängd miljöer som representerar olika aktiviteter och historiska epoker. Av dessa kan ett 60-tal komma att beröras av ras, skred, erosion och översvämning från Mälaren eller vattendragen enligt de karteringar som finns idag. Omkring 30 områden har delar som är belägna under 2-meterskurvan längs havet. Detta är kanske inte så konstigt med Stockholms vattennära läge med kust åt såväl Mälaren som Östersjön. Kulturmiljöerna består i vissa fall av stora ytor och att de omfattar områden med potentiella risker för översvämning eller bristande stabilitet betyder inte att hela miljöerna nödvändigtvis behöver drabbas. Vattennära miljöer hotas av naturliga skäl mer av både översvämning, erosion och skred än områden utan vattenkontakt. I kustnära lägen finns ofta kulturmiljöer med stark folklig förankring som fiskarsamhällen och badorter (Boverket, 2007). Till exempel finns risk för erosion vid en del av Sandhamns kust. Figur 36 visar skärgårdssamhället Sandhamn, dock ej det område som berörs av risk för erosion.

I länet finns mer än 100 000 fasta *fornlämningar*. De utgörs av allt från boplatser till runstenar och skeppsvrak, men även våra första stadsbildningar som Birka, Sigtuna och Stockholm finns representerade. Fornlämningar har ett starkt lagskydd för

#### INFORUTA

Climate for culture är ett stort forskningsprojekt inom kulturvårdsområdet som pågår mellan åren 2009 till 2014. Målet är att kartlägga risker för kulturarvet till följd av den globala klimatförändringen. Från Sverige medverkar bland annat Högskolan på Gotland. (Climate for culture, 2011) Vid projektets årsmöte i september 2011 framkom att de ökade problemen med mögel i kyrkor på Gotland kan bero på att klimatet de senaste åren blivit fuktigare och varmare under sensommar och höst vilket gynnar mögeltillväxten. (Sveriges Radio, 2011)



Figur 36. Skärgårdssamhället Sandhamn är riksintresse.  
Foto: Britta Roos.

att de ska bevaras för framtiden. (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:e) Några hundratal av länets fornlämningar är belägna inom områden där det kan föreligga risker för ras, skred, erosion och översvämning. En del av fornlämningarna inom riskområden är av lämningstypen hamnområde och är alltså av naturliga skäl belägna längs vattnet.

Även *byggnadsminnen* berättar om historiska utvecklingar och hur vårt samhälle förändrats över tid. Syftet med byggnadsminnen är att bevara spår av historien som har stor betydelse för vår förståelse för dagens och morgondagens samhälle. (Riksantikvarieämbetet, 2011:a) Byggnadsminnen är ofta symboler för flera byggnader i samma område där alla är lika värdefulla kulturvärdesmässigt. I länet finns enligt Riksantikvarieämbetets register 920 stycken byggnadsminnen, varav ett femtiotal är belägna inom områden som kan komma att påverkas av ras, skred, erosion eller översvämning. Hälften av de berörda objekten har ursprungsfunktioner som sjöbodas, bryggor, badhus och liknande och ligger därför nära vatten.

I Sverige finns en tradition att bygga i trä. I länet har vi till exempel Norrtälje och Sigtuna städer som utgör riksintresse för kulturmiljö och har en stor andel sammanhängande trähusbebyggelse. Trä och andra organiska byggnadsmaterial bryts naturligt ned av bakterier, svampar och insekter. I ett varmare och fuktigare klimat kan denna nedbrytning komma att öka eftersom svamp och vissa insekter trivs bättre i varma och fuktiga miljöer. Främst väntas byggnader i trä utsättas för rötskador och ökad



Figur 37. Engelsbrektskyrkan i Stockholms stad.  
Foto: Britta Roos.

risk för skadeangrepp. En ökad biologisk tillväxt av till exempel mossa, lava och alger kan bidra till en förhöjd risk för fuktskador på byggnader liksom det fuktigare klimatet med ökade regnmängder och översvämningar gör. Andra föremål än byggnader kan påverkas av liknande effekter såsom statyer och olika stenobjekt. En fördel med äldre bebyggelse kan vara de öppningar som byggts in för naturlig ventilation, som kan bidra till torkning vid ökad luftfuktighet. (Riksantikvaren, 2010)

Byggnader i sten, murverk och betong, som också finns representerat i kulturhistoriskt värdefulla byggnader i länet, får minskade risker för frostsprängningar i ett varmare klimat. Däremot kan risken för kemisk nedbrytning av karbonhaltig sten, såsom kalksten och marmor komma att öka, liksom sprickbildning i betong på grund av fukt. (Riksantikvaren, 2010) Vissa byggnadsminnen innehåller även föremål som är kulturhistoriskt värdefulla. Utan ventilationslösningar kan inneklimatet i byggnader och kyrkor bli fuktigare och varmare vilket ger en gynnsammare miljö för skadegörande insekter och mögel inomhus.

Kyrkor, som är lagskyddade enligt Kulturminneslagen, är ofta högt belägna i landskapet. Endast tre av länets kyrkor är belägna längs kusten under 2-meterskurvan samt inom område med risk för erosion längs havet i ett framtida klimat. En av kyrkorna är även belägen inom riskområde för ras och skred. Puts, trä, murverk och tegel är vanliga fasadmateriäl i länets kyrkor.

Även nedbrytning av metall kan komma att öka då de kemiska processerna som bryter ned metallen påskyndas av fukt och värme. Nedbrytningar av kulturarv bestående av brons och järnföremål sker även idag till följd av föroreningar i luft och mark (Riksantikvarieämbetet, 2011:d). Nedbrytningen beror även på försurning och de luftföroreningar som finns. I kulturhistoriskt värdefull bebyggelse kan delar av metall utgöras av till exempel järnbjälkar, väggankare samt av takplattor och stuprör. Plåt och kopparkar är vanliga takmaterial på länets kyrkor (Riksantikvarieämbetet, 2011:b). Men även våra kulturhistoriskt värdefulla industribyggnader utgörs ofta till viss del av metall. Påverkan består dels i att metallen bryts ned i sig självt, men rostande byggnadsdelar av järn kan även påverka övriga byggnadsmaterial. Korrosion gör att järnet sväller och det riskerar därigenom att spräcka omkringliggande material. (Riksantikvaren, 2010)

Effekterna av klimatförändringarna rör även *kulturarvet under jord*. Färre frostmånader gör att korrosionsperioderna blir längre. Metallfynd riskerar även att korrodera i högre grad än idag på grund av ökad nederbörd i form av surt regn, vilket beror dels av föroreningar och dels av ökade regnmängder. Mer regn bidrar även till ökad aktivitet hos mikroorganismer som kan påverka nedbrytningen av material i jorden. (Riksantikvaren, 2011)

*Kulturminnen under vatten* kommer troligen även de att påverkas av ett förändrat klimat, även om kunskapen om detta idag är låg. Ett varmare vatten kan bidra till bättre villkor för skadedjur som i sin tur då kan bidra till en snabbare nedbrytning av kulturminnen under vatten. (Riksantikvaren, 2010)

Länets kulturmiljöer består av mer än byggnader och objekt. Det består också av landskap och miljöer som kan komma att förändras genom en förlängd växtsäsong, förskjutning av växtsäsongen och ändring i artsammansättning. Detta leder till att underhållssäsongen ökar och utan underhåll riskerar kulturmiljöerna att växa igen. Extremväder som kan påverka dessa typer av miljöer är utöver ras, skred, erosion och översvämning även bränder och extrem nederbörd. (Riksantikvaren, 2010)

Kulturarv är dock inget statiskt. Även i dagsläget förändras och omformuleras det ständigt. Varje tid

bildar enligt Riksantikvarieämbetet med sin egen uppfattning om vad som är kulturarv och vad det betyder (Riksantikvarieämbetet, 2011:c).

## Värme- och kylbehov i byggnader

Värme- och kylbehov i byggnader är beroende av såväl klimatrelaterade som icke klimatrelaterade faktorer. Klimatrelaterade faktorer med betydelse för värme- och kylbehovet är främst temperatur och solinstrålning, men även molnighet och vind påverkar. Icke klimatrelaterade faktorer är till exempel byggnaders tekniska utformning och standard samt maskiners och människors alstring av värme i byggnaderna. Energibehovet för värme väntas minska i länet till följd av ett varmare klimat och det minskar totalt mer än vad energibehovet för kyla ökar.

Ett varmare klimat kommer att kraftigt minska värmebehovet, mätt som graddagar<sup>16</sup> per år när dygnets medeltemperatur är lägre än 17°C. I naturlig ordning kommer behovet av kyla öka i slutet av seklet, mätt som graddagar per år när dygnets medeltemperatur överstiger 20°C.

I Klimat- och sårbarhetsutredningen konstateras att energibehovet för uppvärmning av byggnader för Stockholms län kommer att minska med omkring 36 procent om antalet graddagar för värmebehov är mellan 2109 och 2398 stycken (SOU 2007:60, Bilaga B11). Enligt länets klimatsammanställning kommer antal graddagar med värmebehov vara omkring 2200 i länet år 2100 (SMHI, 2011:a), en minskning med cirka 1200 dagar, vilket är inom spannet för Klimat- och sårbarhetsutredningens beräkningar. Att energibehovet för uppvärmning kommer att minska med cirka 36 procent vid seklets slut bedöms därför vara rimligt.

I Stockholms län beräknades det totala energibehovet för uppvärmning vara omkring 16 Terawattimmar (TWh) för bostäder och lokaler i Stockholms

<sup>16</sup> Beräkningen av graddagar för värmebehov utgår från att byggnadens värmesystem ska värma upp byggnaden till 17°C. Graddagarna beräknas genom att för varje dag under året, när temperaturen är lägre än 17°C, beräkna skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och 17°C och sedan summera detta årsvis. Till exempel ger ett dygn då medeltemperaturen varit 5°C ett bidrag med 12 graddagar. Mellan april och oktober när solinstrålningen har större betydelse räknas graddagar från något lägre temperaturer. Kylbehov beräknas på ett liknande sätt. Det innebär antal graddagar per år när dygnets medeltemperatur överstiger 20°C.





Figur 38. Grön husfasad. Foto: Lovisa Lagerblad.

län år 2006 (SOU 2007:60, Bilaga B11). Uppmätta värden från 2007 visar att användningen av värme och fjärrvärme i sektorn byggd miljö och service var omkring 17 TWh (SLL, 2009). Dessa siffror skulle innebära en minskning med cirka 6 TWh år 2100 om man enbart beaktar byggnadsstocken år 2007. I praktiken kommer givetvis antalet bostäder och lokaler att öka till år 2100 samtidigt som energianvändningen med stor sannolikhet kommer att effektiviseras.

En högre temperatur bidrar alltså till ett minskat uppvärmningsbehov. Kylbehovet kommer däremot att öka till följd av högre temperaturer. Behov av ventilation väntas öka för såväl bostäder, lokaler som i djurstallar. Kylbehovet är mer komplext att beräkna i ett framtida klimat och det styrs av flera faktorer, såväl klimatrelaterade som icke klimatrelaterade. Idag påverkas efterfrågan av kyla främst av icke klimatrelaterade faktorer såsom värmealstrande objekt, lokalers storlek och utformning och antal personer som vistas i byggnaden. Själva produktionen och distributionen av kyla är också under utveckling, vilket gör det svårt att bedöma energi-behovet till följd av ökad efterfrågan på kyla.

Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen minskar den sammanlagda energianvändningen för värme och kyla till följd av klimatets förändringar, nå-

got som även konstateras i en studie om framtida värme och kylbehov i England (Chow & Levermore, 2010).

För ny bebyggelse finns möjlighet till anpassning av byggnaders konstruktioner, till exempel genom begränsningar av andel fönsterytor och deras placering i förhållande till väderstreck, val av isolering, avskärmning av solinstrålning och liknande. Även byggnadens planlösning kan bidra till mindre behov av komfortkyla till exempel genom att sovrum lokaliseras mot norr så att de skyddas mot solinstrålning och på så sätt hålls svalare. Gröna väggar, träd, grönska och lerväggar kan minska kylbehovet, liksom ljusa fasader och tak som minskar instrålningen i byggnader. (Boverket, 2010:a) Bland annat anger Boverket i tolkningen av byggreglerna (BFS, 2011:6) del 9:1 följande ”Byggnader ska vara utformade så att energianvändningen begränsas genom låga värmeförluster, lågt kylbehov, effektiv värme- och kylanvändning och effektiv elanvändning”.

### Förorenings-spridning

Översvämningar, ras, skred och ökad nederbörd kan innebära att föroreningar sprids från förorenad mark och deponier. Ökade nederbördsmängder, högre vattenstånd och ökad avrinning innebär att läckaget från förorenade områden i anslutning till sjöar och vattendrag kan komma att öka. Detta får särskilt allvarliga konsekvenser i de fall där vattnet även nyttjas som dricksvattentäkt. (Länsstyrelsen i Stockholms län 2010, Regionalt program för förorenade områden)

Stockholms län har under delar av den industriella tiden varit landets ledande industriregion och många typer av industrier har förekommit. Tidigt flyttades industrierna ut från innerstaden då de ansågs riskfyllda för människors hälsa. Dessa tidigare industriområden är nu attraktiva lägen för exploatering. Trots att industrier flyttat kan marken vara förorenad från den tidigare industriella verksamheten. (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:c)

Riskerna för förorenings-spridning har dels analyserats genom att de översiktliga karteringarna för översvämning, ras, skred och erosion har ställts i





Figur 39. Misstänkt förorenat område, oljedepå.  
Foto: Länsstyrelsen i Stockholms län.

relation till misstänkt förorenade områden samt förorenade områden enligt MIFO (Metodik för Inventering av Förorenade Områden) och dels genom att se till vilka Sevesoverksamheter<sup>17</sup> som är belägna inom riskområden. Analysen kompletteras även med en mer generell diskussion kring temperaturrens och nederbördens påverkan på risker för föroreningsspridning.

I länet har över 8000 potentiellt förorenade områden identifierats enligt MIFO-metoden. Majoriteten av dessa områden är ännu inte inventerade och riskklassade. Omkring 330 områden har hittills inventerats och riskklassats som förorenade. Ett objekts riskklass och den samlade bedömningen anger hur stor risken är att ett område är förorenat och att eventuella föroreningar ska ha negativa effekter på människors hälsa och miljön. De riskklassade objekten delas in i fyra klasser:

Klass 1 – Mycket stor risk

Klass 2 – Stor risk

Klass 3 – Måttlig risk

Klass 4 – Liten risk

Omkring 40 stycken av de inventerade och riskklassade områdena tillhör MIFO-klass 1, 130 till klass 2, 130 till klass 3 och omkring 30 områden hör till MIFO-klass 4.

Bedömning av spridning och effekter av olika miljögifter är svåra att göra då kunskap saknas om storleken på dagens och framtidens läckage av miljögifter i förhållande till utsläpp från industrier och annan belastning. (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:c)

Sex stycken av de 330 riskklassade misstänkt förorenade områdena är belägna under 2-meterskurvan längs havet och 15 stycken är belägna inom områden med risk för ras, skred, erosion eller översväm-

<sup>17</sup> Verksamheter som hanterar farliga ämnen i mängder som överstiger en angiven gräns, maximalt lagrad mängd, måste iaktta de regler som finns i den så kallade Sevesolagstiftningen med tillhörande förordning och utgör därigenom så kallade Sevesoanläggningar.

ning av Mälaren och vattendragen. Fem av dessa 15 tillhör klass 1 vilket betyder att risker är mycket stora att eventuella föroreningar kan medföra negativa effekter på människors hälsa och miljö. Objekten i klass 1 inom riskområden tillhör branschklasserna träimpregnering och övrig organisk kemisk industri.

Två av de riskklassade områdena är belägna både inom den dimensionerande nivån för Mälaren år 2100 och inom områden där stabiliteten inte kan säkerställas. Det vill säga att dessa två verksamheter är utsatta för dubbla risker. En av verksamheterna är en tvättcentral som tillhör riskklass 3 och den andra är en träimpregneringsverksamhet som hör till riskklass 1.

Av de cirka 8 000 misstänkt förorenade områdena är närmare 400 belägna under 2-meterskurvan vid havet och cirka 250 är belägna inom områden med risk för ras, skred, erosion eller översvämning från Mälaren och vattendragen. Dessa områden är ännu inte utredda men tidigare bedriven verksamhet kan eventuellt ha förorenat omgivningen genom till exempel utsläpp, läckage eller olyckshändelser sedan 1800-talet och framåt. Dessa områden har identifierats genom bransch- och kommuninventeringar. (Länsstyrelsen i Stockholms län 2010:c)

Översvämning kan medföra urlakning av föroreningar till ytvatten eller omkringliggande mark. Erosion, ras och skred kan bidra till partikelspridning och därigenom spridning av föroreningar till ytvatten eller till omkringliggande mark. Ökad nederbörd gör även att de flesta ämnen i större utsträckning följer vattnets flöden, antingen genom att följa med det ytliga vattnet eller genom att de sköljs ur marken och leds via mark och grundvattentransport eller dräneringsrör ut i vattendragen. Det kan handla om såväl lösta som partikelbundna föroreningar. Kraftiga regn leder till snabbare transport av ytvatten och därav lösta ämnen genom marken, vilket kan ge föroreningsspridning till ytvatten och grundvatten. Med mer nederbörd förväntas även föroreningsspridningen till följd av ökad transport av ytvatten att öka. Spridningen av föroreningar väntas ske i grundvattenflödets riktning och detta kan enligt SGI vara en viktig faktor att beakta vid val av vilka områden som bör saneras. (SGI, 2007)

Även fluktuerande grundvattennivåer påverkar risken för föroreningsspridning då de gör att markföroreningarna blir mer mobila. De flesta markföroreningar utgör inga problem när de är bundna i marken, men om de förflyttas kan de hamna i områden där det finns människor, djur eller växtlighet som kan ta skada. (SGI, 2007)

Av länets omkring 30 Sevesoanläggningar är ingen belägen inom områden med bristande stabilitet, erosionsrisk eller risk för översvämning.

I Stockholms län finns idag omkring 400 miljöfarliga verksamheter som är tillståndspliktiga enligt Miljöbalken och närmare 1500 anmälningspliktiga verksamheter. Dessa har ej lagts mot de risker som identifierats. Föroreningsspridning kan även ske från dessa verksamheter, i synnerhet vid extrema väderhändelser som ras, skred eller översvämning.

## TEKNISKA FÖRSÖRJNINGSSYSTEM

Elnätet i länet är robust. Klimatförändringarna innebär att idag kända hot kommer att förstärkas, till exempel extrema väderhändelser. Fjärrvärme och fjärrkyla är sårbart där äldre ledningar kan utsättas för sättningar, ras eller skred, men problemen bedöms inte vara särskilt omfattande. Dammarna i länet är små. Dock råder det oklarheter kring dammarnas exakta storlek, funktion och vilket skick de är i ur dammsäkerhetssynpunkt. Dricksvattenförsörjningen i länet baseras till mycket stor del på Mälaren som vattentäkt. Vattenkvaliteten i Mälaren kommer att påverkas i ett förändrat klimat, vilket kan kräva en rad åtgärder. Dessutom ökar på lång sikt risken för saltvatteninträngning om den globala havsnivåhöjningen medför att Saltsjöns nivå stiger över Mälarens. Avloppssystemen kommer att belastas mer i ett förändrat klimat med mer regn och en omfördelning av regn till höst och vinter då avdunstningen är låg. Även extrema skyfall belastar ledningssystemen och bakåtströmmande vatten kan skapa översvämning av källare och bräddning av avloppsvatten.

Begreppet tekniska försörjningssystem omfattar i den här analysen elproduktion och -distribution,

Figur 40. Luftburen ledning. Foto: Lovisa Lagerblad.



fjärrvärme, dammar, dricksvattenförsörjning, dagvatten och avlopp.

### El-/gasproduktion och -distribution

Energianvändningen i länet är 55 TWh per år, vilket motsvarar cirka 14 procent av Sveriges totala energianvändning. Endast en tiondel av den el som förbrukas i länet tillverkas här, främst från kraftvärmeverk. Vind- och vattenkraftproduktionen är i länet försumbart liten. Elanvändningen domineras av bebyggelsens uppvärmningsbehov, tjänstesektorns elanvändning för kontorsdrift och belysning samt transporter. Komfortkyla i kontorslokaler och industrier tillgodoses allt mer från fjärrkyla (Regionplanekontoret m.fl., 2009).

Elsystemet inom länet består dels av luft- eller markledning, dels av olika typer av stationer och kraftverk, till exempel vind-, vatten- och kraftvärmeverk som producerar el och/eller värme. Nästan all kraft importeras till länet genom stamnätet (220-400 kilovolt (kV)) och distribueras vidare genom regionnäten (40-130 kV) till lokalnäten (10-20 kV). Centrala Stockholm skiljer sig från det övriga länet eftersom man här använder 220 kV även för distributionen med direkt transformering till 10 kV.

Stamnätet består övervägande av luftledningar, förutom i centrala Stockholm. Regionnäten och lokalnäten består huvudsakligen av jordkabel i tätorter och luftledningar på landsbygden.

Stockholms läns kraftnät är idag robust och har en bra leveranssäkerhet, men behöver anpassas till framtida krav på mindre intrång, större miljöhänsyn och för att klara ett ökande effektbehov (Regionplanekontoret m.fl., 2009).

Ett förändrat klimat påverkar främst de luftburna ledningarna, som är mest utsatta för extrema väderhändelser som åska, snö, isbildning och storm. Även den ökade risken för ras, skred och erosion utgör ett hot för ledningsburna system. Stormar och stormfällning av träd kan idag ha dramatiska effekter på elsystemet, vilket många i andra delar av landet fick uppleva i samband med stormarna Gudrun (2005) och Per (2007). Klimatsammanställningen för länet visar inte på något entydigt resultat för framtidens extrema vindar. Däremot kan mer nederbörd och ökad vattenmättnad i marken, tillsammans med mindre tjäle, öka risken för röta eller rostangrepp, vilket i sin tur kan ge kortare livslängd på ledningsstolpar (Energimyndigheten, 2009). Ökad nederbörd och mindre tjäle i kombi-



Läsa mer:

*Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar. Effekter, sårbarhet och anpassning.* Elforsk rapport 07:39 om bland annat vad vindkraften och vattenkraften kan drabbas av för konsekvenser av klimatförändringarna.

### Utblick – Stockholms Ström

Stockholm Ström är ett stort elnätprojekt mellan Svenska Kraftnät, Vattenfall och Fortum som pågår i länet för att förstärka och förnya elnätet i Stockholmsregionen. Inom projektet kommer 15 mil luftledningar att rivas, vilket bland annat innebär att ekonomiskt betydelsefull mark kommer att frigöras. Det nya elnätet beräknas vara klart 2020.

Inom projektet kommer en ny ledning, CityLink, att byggas. Med hjälp av CityLink binder man ihop södra och norra Stockholmsområdet från Haninge till Upplands Väsby. Med en 400 kV ring runt regionen och en ny tunnel under centrala Stockholm kan elen matas från flera håll och elleveranserna bli mer tillförlitliga (Stockholms Ström, 2011).

nation med ändrat skogstillstånd kan även innebära ökad stormfällning, vilket kan påverka de lokala näten som inte kablifierats. Mängden snö och riskerna för isbildning minskar däremot framöver i länet. Angående åska finns ännu inget säkert klimatunderlag, så den risken är svårbedömd.

## Fjärrvärme

Principen med fjärrvärme bygger på att värme produceras och levereras från en central anläggning ut till olika byggnader, till exempel bostäder, idrottsanläggningar, sjukhus eller industrier. Det innebär att i stället för att varje byggnad har en egen värmekälla så kan flera använda sig av samma central. Fjärrvärmesystem kommer till byggnaden i form av varmvatten, ofta mellan 70 till 120 grader varmt. Fjärrvärme produceras vanligen i ett värmeverk eller ett kraftvärmeverk (med samtidig produktion av el), där vattnet värms upp genom förbränning av bränslen, se Figur 41. Vanliga bränslen är biobränslen, till exempel spill från skogsavverkning eller sågverksindustrin, avfall från hushåll eller industrin, torv och

en liten andel fossila bränslen (olja, kol och naturgas). Även överskottsvärme från industrier samt en del stora värmepumpar används till produktion av fjärrvärme (Svensk Fjärrvärme, 2010).

En lokal fjärrvärmecentral hos användaren består av bland annat värmeväxlare som utnyttjar det varma vattnet för att värma upp huset genom element och producera tappvarmvatten. Det avkylda vattnet leds sedan tillbaka till värmeverket för att återigen ledas ut i systemet. Ett välbyggt fjärrvärmesystem kan ha en livslängd på ända upp till 100 år (Svensk Fjärrvärme, 2010).

I Stockholms län är övervägande delen av länets tätorter värmeförsörjt genom fjärrvärmesystem. Tolv energiföretag (år 2004) producerar och distribuerar fjärrvärme och fjärrvärmesystemen svarar för 70 procent av värmeproduktionen i länet. (Energistudien för Stockholmsregionen, RTK 2010). Importen av bränsle till länet är relativt omfattande (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2004).

Klimat- och sårbarhetsutredningen identifierade att ökad nederbörd med höjda grundvattennivåer ger ökad risk för markförskjutningar och översvämningar vilket allvarligt kan skada fjärrvärmesystem. Moderna fjärrvärmeledningar av förisolerade rör och komponenter ligger i de flesta fall skyddade i marken och tål genom sin slanka uppbyggnad ganska stora belastningar i form av sättningar och förskjutningar. Äldre ledningstyper är däremot oftast mer styva och kan därmed ta större skada vid till exempel sättningar.

I Svensk Fjärrvärmes *Läggningsanvisningar*, som utgör byggnadsnorm för nya fjärrvärmesystem, har man efter att Klimat- och sårbarhetsutredningen kom ut vägt in klimatförändringar:

”Vid klimatförändringar med höjd grundvattennivå kan friktionskoefficienten<sup>18</sup> minska drastiskt beroende på jordart, varför detta skall beaktas i varje särskilt fall.” (Svensk Fjärrvärme, 2008).

En del fjärrvärmeledningar går i tunnlar och betongkanaler, och om dessa ligger nära vattendrag finns

<sup>18</sup> Förenklat beskriver friktionskoefficienten friktion mellan fasta ämnen.





Figur 41. Flygbild över Igelstaverket och Igelsta kraftvärmeverk i Södertälje. Till höger på bilden syns det nya kraftvärmeverket – det hittills största biobränsleeldade kraftvärmeverket i Sverige. Foto: Söderenergi AB.

risk för översvämning. Fjärrvärmeledningar är trycksatta, vilket innebär att vatten inte kan tränga in i dem. Däremot så kan isoleringsmaterialet som omsluter ledningarna bli fuktigt och blött. Väraktigheten av översvämningar har här en stor betydelse för eventuella konsekvenser. (Länsstyrelsen, 2011:b <sup>19</sup>).

Generellt bedöms inte fjärrvärme i någon större omfattning påverkas av klimatförändringarna. Lokalt kan däremot äldre ledningar ligga i olyckliga lägen och störningar i elsystemet eller transporter kan indirekt påverka fjärrvärmesektorn.

<sup>19</sup> Från underlagsmaterial till Risk- och sårbarhetsanalys avseende översvämningshot mot trafik- och försörjningstunnlar i Stockholms län.

#### Fjärrkyla – en het marknad i länet?

Fjärrkyla bygger på samma princip som fjärrvärme, bortsett från att det är kyla som levereras. Kylan kan produceras med många olika tekniker och ofta i kombination med fjärrvärme. Frikyla innebär att man använder kallt vatten från till exempel grundvatten, vanligt i Stockholms län, som genom en värmeväxlare kyler det vatten som cirkulerar i fjärrkylanätet.

På Svensk Fjärrvärme, branschorganisation för Sveriges fjärrvärmeföretag, har man börjat analysera effekterna av klimatförändringarna på behovet av kyla och värme. Man bedömer att efterfrågan på fjärrkyla kommer att öka, medan efterfrågan på värme minskar. Ett par av länets kommuner har planerat för kylningsmöjligheter i nybyggda äldreboenden (Länsstyrelsen, 2011:a)

Stockholmsregionen har Europas största sammanhängande system för fjärrkyla. Detta bäddar för en stor utvecklingspotential. (Regionplanekontoret m.fl., 2009)





Figur 42. Dammen i Penningby. Foto: Micael Söderman, Sveriges Sportfiske- och Fiskevårdsförbund.

## Dammar

I Sverige finns det ungefär 10 000 dammar, och vid cirka 500 av dessa skulle ett dammbrott få betydande konsekvenser. De flesta stora dammarna är byggda före 1980 (Bartsch, Svenska Kraftnät, 2011) och finns framförallt i landets norra älvar. I Stockholms län finns ungefär 140 dammar (från Svenskt dammregisters data). De flesta är sten- och/eller betongdammar, ett tiotal är trädammar ibland med kombinationen sten och betong, och ungefär ett femtontal är jord-sten-betongdammar. Användningsområdet är främst håll- och spegeldammar (ofta anlagda i förskönande syfte) och regleringsdammar. En mindre kraftverksdamm finns i Sundsvik, Nykvarns kommun.

Länsstyrelsen är tillsynsmyndighet för verksamheter som berör vatten. Det vill säga dammar, åtgärder för att avvattna eller dränera områden och arbeten i vatten. Dessa bestämmelser för så kallade vattenverksamheter regleras i miljöbalken. Dammägaren är ansvarig för att dammanläggningen hålls i ett säkert skick genom kontroller och åtgärder av funktioner och brister, så kallad egenkontroll.

SMHI och Länsstyrelsen har upprättat ett dammregister, där en ny damminventering pågår. Syftet med tillsynsinsatsen är att uppdatera bilden av vilka dammar som finns i länet, vem som äger dammarna, vilket fysiskt skick de är i ur dammsäkerhetssynpunkt och hur dammarna används. Damminventeringen syftar även till att kontrollera att dammägaren sköter sin dammanläggning enligt tillstånd samt bedriver den egenkontroll på dammanläggningen som fodras enligt rådande lagstiftning. Inventeringen för länet beräknas vara färdig under hösten 2011 varvid en uppdaterad bild över dammsäkerheten i länet kan tas fram (Berghlund, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011).

Dammar klassas och dimensioneras efter hur stor konsekvens ett dammbrott skulle få. Det finns två klassificeringssystem, flödesdimensioneringsklassen och konsekvensklassen vilka har olika syften. I kraftindustrins dammsäkerhetsarbete används riskklassen för att avgöra vilket dimensionerande flöde dammarna säkert ska kunna hantera medan konsekvensklassen används för att styra omfattningen av dammsäkerhetsarbetet i övrigt (Svenska kraftnät, 2009). I riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar tillämpas en indelning i två flödesdimensioneringsklasser utifrån vilka konsekvenser ett dammbrott skulle kunna medföra i samband med höga flöden. Flödesdimensioneringsklass I tillämpas för dammanläggningar som i händelse av dammbrott skulle kunna medföra förlust av människoliv eller annan personskada, allvarlig skada på infrastruktur, betydande miljövärde eller annan stor ekonomisk skadegörelse. Flödesdimensioneringsklass II tillämpas för dammanläggningar som, i händelse av dammbrott, skulle kunna medföra skador endast på infrastruktur, egendom eller miljövärde (Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin, 2007). Konsekvensklassificering

görs i fyra klasser 1A, 1B, 2 och 3 avseende risk för människoliv eller allvarlig personskada och risk på skador på infrastruktur, miljö etc. Länsstyrelsen i Stockholms län rapporterade 2008 att det saknas dammar av säkerhetsmässig betydelse inom länet (Svenska kraftnät, 2010). Dammarna i Stockholms län är förhållandevis små. Inga dammar finns i den högsta konsekvensklassen enligt riktlinjerna i RIDAS<sup>20</sup> eller i flödesdimensioneringsklass I. Den nya damminventeringen som pågår kan ge en uppdaterad lägesbild.

Den dominerande klimatfaktor som dammar är mest känsliga för är de som rör extrema flöden. Länet har hittills inte rapporterat in om några dammar där en allvarlig konsekvens skulle kunna inträffa vid ett dammbrott (Bartsch, 2011, Svenska kraftnät). SMHI:s regionala klimatsammanställning visar att det beräknade framtida lokala och totala<sup>21</sup> 100-årsflödet väntas minska i de flesta av länets vattendrag. Detta är ur dammsäkerhetssynpunkt positivt. Beräkningar av dimensionerande flöden saknas däremot. Mälaren är ett undantag från de övriga vattendragen därför att 100-årstillrinningen beräknas öka mot slutet av detta sekel. Ombyggnationen av Slussen och den nya regleringen har marginal för detta (SMHI, 2011:a).

## Dricksvattenförsörjning

Stockholms läns dricksvatten håller hög kvalitet. Vattentäkten Mälaren står för cirka 95 procent av länets dricksvattenförsörjning. Resterande cirka 5 procent har enskild vattenförsörjning i form av egen brunn eller gemensamhetsanläggning, baserat främst på grundvattentillgångar i berg och jord. Tre organisationer i länet, Norrvatten, Stockholm Vatten och Telge Nät, svarar för produktion till flera kommuner. Sex kommuner, Botkyrka, Ekerö, Haninge, Norrtälje, Nynäshamn och Värmdö, har delvis egen vattenproduktion. I kust- och skärgårdsområdena är sötvattentillgången en påtaglig begränsande faktor. I Stockholms län finns mer än 600 mil allmänna vattenledningar. Den genomsnittliga livslängden för dricksvattenledningar är ungefär 80 år, och större delen av ledningsnätet har byggts ut under de senaste 50 åren. För att minska sårbarheten krävs fler sammankopplingar mellan kommunernas distribu-



Figur 43. Ett glas vatten. Foto: Emma Östlund.

tionsnät. Också problem med enkelmatningar bör på sikt byggas bort. (VAS-rådet m.fl., 2011)

De klimatfaktorer som systemet dricksvatten är mest känsliga för är främst kopplade till nederbörd och ökad temperatur. Ökad temperatur och större variationer i nederbörd och vattenflöden kan medföra ökad risk för försämrad råvattenkvalitet (VAS-rådet m.fl., 2011). Mot slutet av seklet kan saltvatteninträngning från Saltsjön till Mälaren, på grund av den stigande havsnivån, utgöra ett hot.

Översvämningar och ökad avrinning kan laka ur fosfor och kväve ur jordbruksmark, vilket bidrar till övergödning och algbloomning av Mälaren. Kraftig nederbörd kan leda till bräddning av dagvattenssys-

20 Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet.

21 Totalt 100-årsflöde finns endast för Mälarens, Norrtäljeåns, Oxundaåns och Tyresåns avrinningsområde.



temen, och avloppsvatten kan i värsta fall nå ut till vattentäkterna. Kraftig nederbörd påverkar spridningen av vattenburen smitta, genom olika typer av mikroorganismer. Förorenad mark i avrinningsområdet utgör en risk vid skyfall eller översvämningar då föroreningar från land mobiliseras och kan föras ut i ytvattnet. (VAS-rådet m.fl, 2011).

Viss forskning visar på att klimatpåverkan ger grumligare och brunare vatten (Wallin, SLU, 2011) även om flera faktorer spelar in på brunifieringen. Humushalten, organiskt material från växter, alger och mikroorganismer, har en koppling till hur stor avrinningen är. I länet väntas nederbörden öka under höst och vinter då avdunstningen också är låg vilket kommer att innebära större avrinning och möjlig påverkan på humushalt och vattenfärg. Även längden på perioden med istäcke har stor inverkan på närsalter och vattenfärg. Högre vattentemperaturer och kortare tid med istäcke kan leda till komplikationer för ekosystemet i sjöar, och därigenom påverka vattenkvaliteten (Weyhenmeyer, 2005;2007).

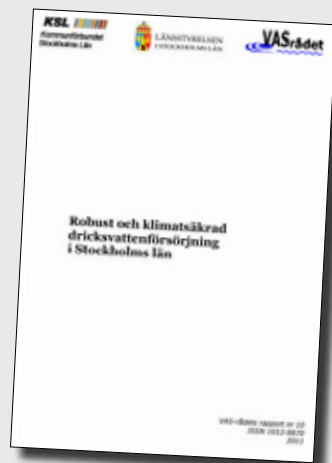
Utöver direkt påverkan på vattenkvalitet i vattenresurserna kan också de tekniska systemen påverkas i ett förändrat klimat. Vissa kommuner inom länet förses med dricksvatten via endast en huvudledning, vilket gör dem sårbara vid till exempel större läckor.

Dagens vattenförsörjning har sårbara punkter. I länet är till exempel reservvattentillgångarna otillräckliga. De risker som identifierats för dagens vattenförsörjning kommer att öka genom att fler människor berörs i framtiden förutom att klimatet förändras. Åtgärder för att minska ytterligare belastning på VA-systemen och för att minska mängden föroreningar som når yt- och grundvattentäkter kommer att bli nödvändiga. (VAS-rådet m.fl, 2011).

Det är kommunerna som ansvarar för den allmänna vattenförsörjningen genom egen förvaltning eller ett kommunalt bolag. Livsmedelsverket är sedan 2010 ansvarig för nationell samordning av dricksvattenfrågor när det gäller anpassning till klimatförändringar. Från vattentakten till vattenglaslet är det flera aktörer som är inblandade, bland annat Naturvårdsverket, Livsmedelsverket, Boverket och Sveriges geologiska undersökning (SGU). Samtidigt är det flera lagar och direktiv som styr proces-

Läsa mer:

*Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län, VAS-rådet, Länsstyrelsen i Stockholms län och Kommunförbundet Stockholms län, 2011.*



sen, till exempel ramdirektivet för vatten, miljöbalken, livsmedelslagstiftning, plan- och bygglagen, dricksvattendirektivet med mera. Dessutom sorterar dricksvattenfrågor under fem olika departement. (Livsmedelsverket, 2011)

### **Åtgärder och möjligheter**

Målmedvetet arbete och förstärkt skydd av vattentäkterna och reservvattentäkterna behövs för en långsiktigt hållbar vatten- och avloppsförsörjning i länet. Utsläppen av dagvatten och orenat avloppsvatten till Mälaren och andra yt- och grundvattentäkter måste begränsas ytterligare. Råvattenverken kan behöva anpassa sin reningsprocess för att möta en förändrad råvattenkvalitet. Dessutom måste distributionen säkras för att minska risken för läckor och inläckage på dricksvattennätet. Genom sammankoppling av distributionssystemen fås ökad säkerhet genom att vattenverken kan utgöra reserv för varandra. Möjligheterna är att vi framgent då även kan ha ett dricksvatten i världsklass.

### **Dagvatten och avlopp**

I länet finns 18 avloppsreningsverk som är dimensionerade för mer än 2000 personer. Avloppsanläggningar, det vill säga reningsverk, pumpstationer och ledningsnät, som är dimensionerade för mer än 2000 personer är tillståndspliktiga som miljöfarlig verksamhet och prövas av Miljöprövningsdelega-





Figur 44. Henriksdals reningsverk i Nacka kommun.  
Foto: Emma Östlund.

tionen inom Länsstyrelsen. Länets 18 anläggningar drivs av Stockholm Vatten AB, Käppalaförbundet, SYVAB (Sydvästra Stockholmsregionens VA-verksamhetsbolag), Roslagsvatten, Norrtälje, Ekerö, Värmdö, Nynäshamns och Haninge kommuner.

För omkring hälften av de cirka 120 mindre avloppsanläggningarna i länet, som är dimensionerade för mellan 200 och 2000 personer, ansvarar kommuner och kommunala bolag. Resterande hälft drivs antingen privat eller som gemensamhetsanläggningar. Två tredjedelar av de allra minsta anläggningarna som är dimensionerade för mellan 25 och 200 personer drivs i privat regi och cirka en tredjedel drivs som gemensamhetsanläggningar. Därtill finns ett mycket stort antal enskilda anläggningar där fastighetsägarna själva ansvarar.

Alla avloppsanläggningar är enligt miljöbalkens bestämmelser klassade som miljöfarlig verksamhet och tillsyn över dessa utövas av antingen länsstyrelsen eller kommunens nämnd för miljöfrågor. Även för enskilda anläggningar krävs det i de flesta fall tillstånd från kommunen.

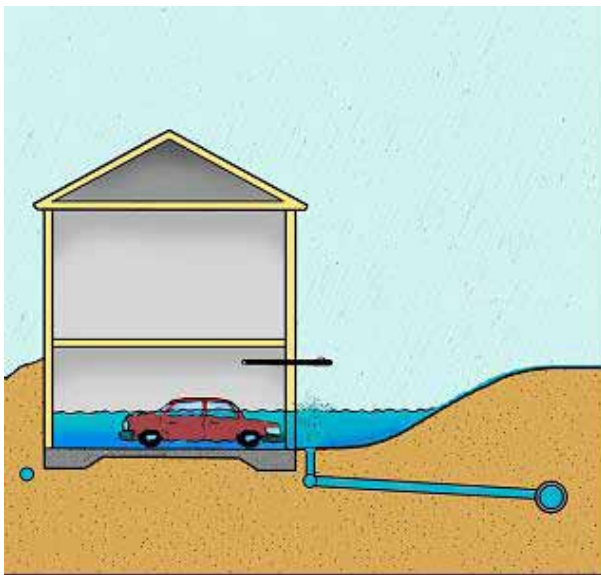
I begreppet avloppsledningsnät ingår både spillvattenledningar och dagvattenledningar. Det är

alltså inte bara vatten från våra hushåll som leds via avloppsledningsnätet utan även dag- och dränvatten, det vill säga vatten från regn och smält snö. System för avloppsledning kan huvudsakligen delas upp i kombinerat system, separat system och duplikat system. Det kombinerade systemet dominerade fram till 1950-talet och leder spillvatten, dränvatten och dagvatten i samma ledning. I det separata systemet som var vanligt i ”egnahemsområden<sup>22</sup>” i början av 1900-talet leds spillvatten och dränvatten från husgrunder i en egen ledning medan dagvatten avleds ovan jord i diken. Duplikatsystemen blev vanligt förekommande efter 1950-talet och leder spill- och dagvatten i separata ledningar. (SOU 2007:60, Bilaga B16) I Stockholms innerstad är de kombinerade systemen vanliga och till reningsverket i Henriksdal kommer hela 40 procent av flödet från dagvatten i Stockholms innerstad.

För att klara extrema regn har man därför i Stockholm byggt ett underjordiskt utjämningsmagasin för att lagra vatten och minska problem med bräddningar (Stockholms stad; Informationsblad; Ta hand om ditt vatten). Även i Sundbyberg, Tyresö och Sigtuna förekommer kombinerade avloppsledningar, dock ej i samma utsträckning som i Stock-

22

Tidstypiskt bostadsområde, till exempel Enskede.



Figur 45. Översvämmad källare/garagedfart, Källa Svenskt Vatten 2007.

holms innerstad (Svenskt Vatten, 2009). Dessa uppgifter från Svenskt Vatten kommer från frivillig rapportering av respektive VA-organisation. Det är viktigt att man i kommunen har en överblick av vilka avloppssystem som finns och att vid planeringen beakta huruvida mer hantering av dagvatten kan komma att behövas med ökande regnmängder och större belastningar vid till exempel nyexploatering.

Kombinerade system är de system som är mest känsligt för stora regnmängder då dessa kan orsaka bräddning av systemet, det vill säga att orenat vatten släpps direkt ut i recipienten. Bräddning kan ske genom bräddutlopp i ledningsnätet eller via avloppsreningsverk om inflödet av avloppsvatten är stort. Kombinerade system innebär översvämningsrisk för lågt belägna punkter och källare då vattnet kan strömma baklänges om systemet är överfullt. Avledning av dagvatten till kombinerad ledning eller dagvattenledning från garagedfarter kan orsaka översvämmade källare vid kraftig nederbörd, se Figur 45.

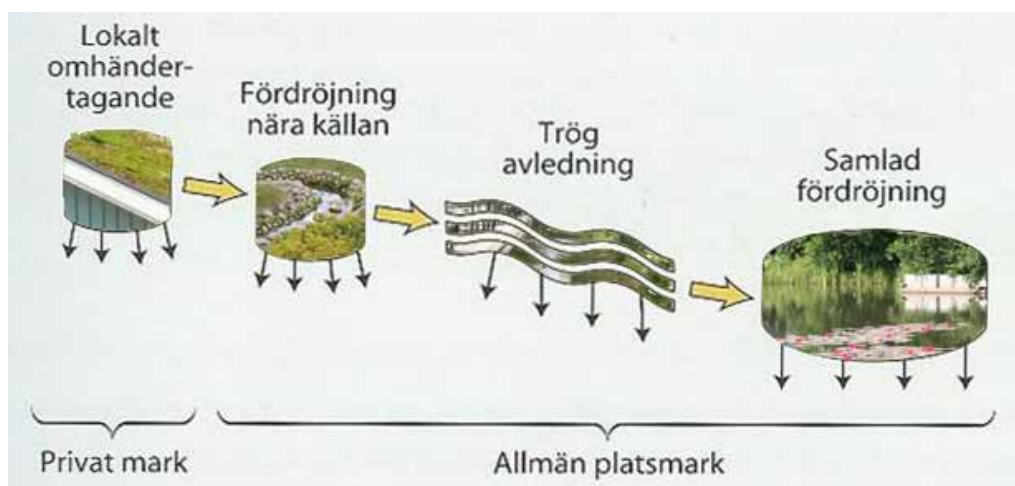
I länet finns problem med tillskottsvatten i form av inläckage och dränvatten som kopplats till avloppsledningarna. Vid kraftiga regn ökar andelen tillskottsvatten till reningsverken. Inläckage beror till exempel på dåligt tätade och gamla ledningar medan dränvatten, från till exempel dränering av hus-

#### FAKTARUTA

Dagvatten- och avloppssystem är främst känsliga för intensiva kortvariga regn, ökad säsongsnederbörd under vår, höst och vinter då avdunstningen är låg och för höga vattenstånd i hav, sjöar och vattendrag.

grunder, medvetet kopplats på avloppsnätet under decennier. Problemen med tillskottsvatten är störst för äldre och dåligt underhållna ledningar. Även vid höga flöden i vattendrag, hav och Mälaren kan inläckage till ledningar förekomma. Tillskottsvattnet bidrar, utöver det dagvatten som leds via kombinerade ledningar och duplikatsystem, till att öka belastningen på länets avloppsreningsverk och ökar därmed risken för bräddning. Med ökad förekomst av kraftiga regn och höjda grundvattennivåer i ett förändrat klimat så riskerar tillskottsvattnet att öka och därigenom även risken för bräddningar om inga åtgärder vidtas. Bräddning utgör ett hot mot vattenkvaliteten och kan lokalt orsaka övergödningar, sämre dricksvattenkvalitet samt påverka badvatten och rekreativvärden negativt.

Sedan några decennier tillbaka pågår ett systemskifte avseende dagvattenhanteringen. Syftet är att minimera de avledda dagvattenflödena, behålla grundvattenbalansen inom bebyggelseområden, göra områden tåliga mot kraftig nederbörd samt minska föroreningsbelastningen på recipienterna. De ökande regnmängderna och våra städers förtätning ställer ökande krav på hanteringen av dagvatten såväl ur föroreningssynpunkt som ur hydrologisk kapacitet. Mål om lokalt omhändertagande och rening av dagvatten är idag vanligt, åtminstone för ny bebyggelse. Det är dock viktigt att även för



Figur 46. Illustration av olika kategorier av öppna dagvattenlösningar, illustrerat utifrån referensbild Stahre, 2004.

befintlig bebyggelse arbeta med lokalt omhändertagande för att dagvatten inte ska skapa problem för byggnader eller belasta spillvattennätet (Svenskt Vatten, 2011).

Vad gäller dimensionering av olika dagvattenssystem krävs en helhetsbild och vid planering behöver hänsyn tas till de lokala förhållandena. Mer information om dagvattenhantering kan hämtas från Svenskt Vattens nya publikationer *P104 – Nederbördsdata vid dimensionering och analys* och *P105 – Hållbar dag och dränvattenhantering. Råd vid planering och utformning*.

### Åtgärder/möjligheter

Planering för dagvatten behöver komma in i ett tidigt skede av den fysiska planeringen. Det är viktigt att ha med sig vattnets väg innan placering av bebyggelse planeras. Landskapets topografi och geologi kan då utnyttjas för att identifiera lämpliga platser för öppna dagvattenlösningar och för att undvika placering av till exempel byggnader i naturliga lågpunkter och områden där dagvatten lätt ansamlas.

Dagvattenhantering är inte enbart en rörfråga utan kräver en samverkan av planering under och ovan mark och därav även ett tvärsektorielt samarbete

vid planering hos till exempel kommunerna. För att minska belastningen på avloppssystemen kan dagvatten hanteras genom öppna lösningar, vilka även kan ge rekreativa och estetiska värden vid utformningen av den fysiska miljön. Figur 46 visar schematiskt olika typer av öppna dagvattenlösningar som kan bidra till en långsiktigt hållbar dagvattenhantering.

Vattnet kan omhändertas lokalt inom privat mark. Fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning kan ske på allmän platsmark. Exempel på tekniska utformningar för lokalt omhändertagande är gröna tak, infiltration genom gräsytor, genomsläppliga beläggningar och infiltration i stenfyllningar och dammar. Fördröjning nära källan kan ske genom genomsläppliga beläggningar, infiltration på gräsytor, genom tillfällig uppdämning av dagvatten på speciellt anlagda översvämningssytor eller genom dammar. Trög avledning kan ske via svackdiken, kanaler, bäckar eller meandring medan samlad fördröjning kan ske i dammar, sjöar och våtmarksområden (Svenskt Vatten, 2011). Det är dock viktigt med underhåll av de öppna dagvattenlösningarna för att de ska fylla sin funktion.

Två exempel på kommuner inom länet som har identifierat vilka områden som kan komma att få problem vid skyfall är Lidingö (2010) och Södertälje





Figur 47. Grönt tak över parkering, Tyresö kommun.  
Foto: Kenneth Cabreus, Eget hem.

(2010). Lidingö har bland annat identifierat låglänta och instängda områden där vatten kan samlas vid olika nederbörds mängder. Syftet med analysen har varit att ge rekommendationer och riktvärden för planering av ny bebyggelse och infrastruktur samt för handläggning av enskilda bygglovsärenden. Södertälje har identifierat vilka områden som kan drabbas vid häftiga skyfall. I analysen exemplifieras mindre känslig mark belägen vid naturliga lågpunkter som kan användas som tillfälliga fördröjningsmagasin och tillåtas att svämmas över vid en Extremsituation. Utöver öppen dagvattenhantering bör klimatfrågan även beaktas i samband med förnyelseplanering av avloppsnät.

Läsa mer:

Inspirerande läsning om mångfunktionella ytor som skapar attraktiva miljöer och mötesplatser i staden samtidigt som de hanterar värme och regn!



## ELEKTRONISKA KOMMUNIKATIONER

Det är svårt att bedöma konsekvenser av klimatförändringar på elektroniska kommunikationer på lång sikt eftersom den tekniska utvecklingen inom området sker i mycket snabb takt. Extrema väderhändelser kan idag och i ett förändrat klimat belasta systemens byggda delar, som master och luftledning. Allt eftersom utvecklingen går mot olika typer av radiolösningar minskar sårbarheten.

Kommunikationsmyndigheten PTS (Post- och telestyrelsen) är den sektorsmyndighet med det övergripande ansvaret för post och elektronisk kommunikation. Begreppet elektronisk kommunikation innefattar telekommunikationer, IT och radio (hemsida PTS, 2011).

De system som på kort sikt utsätts för väder och vind begränsas till byggda konstruktioner som antenner, master och luftledningar. Det som påverkar systemet är främst kraftiga vindar, nedisning, åska, kraftig nederbörd och höga flöden med översvämning som följd. Ledningar och master är särskilt känsliga för kombinationen hård vind, kraftig nederbörd samt pendling kring noll grader. Förändringar av denna kombination av väderparametrar har inte analyserats i denna studie. Ökad stormfällning kan ge konsekvenser där luftledningar i skogsmark är extra utsatta. Det är generellt inga nya hot som tillkommer, utan förändringen ligger i varaktighet och intensitet hos ovan nämnda klimatfaktorer. Systemet har redundans och säkerhet, dels beroende på kundens krav men även genom de statliga medel som är särskilt avsatta för att bygga ett robust system. Mängden luftledningar minskar allt eftersom, då det blir vanligare med olika typer av radiolösningar som är robustare än luftledningar.

I underlagsmaterialet till Klimat- och sårbarhetsutredningen ansåg PTS att det är svårt, för att inte säga omöjligt att bedöma klimatpåverkan på elektroniska kommunikationer i det långa tidsperspektivet på grund av den snabba utvecklingen inom sektorn. Utrustningens varaktighet är sällan längre än 10-12 år. (SOU 2007:60, Bilaga B5).



Figur 48. Kaknästornet invigdes 1967 och är en knutpunkt för Sveriges radio- och tv-sändningar. Foto: Peo Olsson

### Utblick – Styrning av el till prioriterade användare vid bristsituationer, Styrel

Elektroniska kommunikationer är, som flera andra system, elberoende och är därmed sårbart när det rör externa effekter som berör elförsörjningen. För att kunna prioritera elanvändare vid elbrist har regeringen uppdragit åt Energimyndigheten att utveckla *Styrel – Styrning av el till prioriterade elanvändare*. Det bygger på att kommuner och elnätsföretag tillsammans identifierar och planerar för hur samhällsviktiga elanvändare ska kunna prioriteras vid elbrist. Det kan till exempel handla om sjukvård, vattenförsörjning och elektroniska kommunikationer. (Energimyndigheten, 2011)

## TRANSPORTINFRASTRUKTUR

För att transportinfrastrukturen i länet ska fylla sin funktion såväl idag som i morgon måste befintliga, påbörjade och planerade infrastruktursystem utformas för att vara robusta och uthålliga i ett förändrat klimat. För att förhindra att nya infrastrukturprojekt blir sårbara i ett förändrat klimat bör klimatförändringar beaktas under planeringens alla skeden och i den riskhantering som utförs. Vägar och järnvägar är särskilt känsliga för återkomsten och intensiteten av stormar, extrem nederbörd, översvämningar och brister i markstabilitet, alltså risk för ras och skred. Infrastruktur har mycket lång livslängd och kommer därför att påverkas av förändringar i klimatet även på lång sikt. Stockholms län är en mycket viktig infrastrukturell knutpunkt, och omledningsmöjligheterna är ofta begränsade. Samtidigt innebär befolkningstillväxten extra tryck på kommunikationsmöjligheterna redan idag.

### Vägar

De största hoten mot vägar utifrån klimatets påverkan bedöms i huvudsak vara vattenrelaterade. Den ökande nederbörden innebär ökad risk för översvämningar, bortspolningar av vägar och vägbanor, skadade broar samt ökade risker för ras, skred och erosion. Påverkan av havsnivåhöjningen kan på lång sikt drabba lågt liggande vägar.

I Stockholms län finns 2 740 kilometer statlig väg, 7 800 kilometer kommunal väg<sup>23</sup>, 12 400 kilometer enskild väg och cirka 970 statliga broar, se Tabell 8. Länets vägnät är speciellt med många broar och viktiga infrastrukturella knutpunkter. Ett exempel är Essingeleden som förbinder Stockholms södra och norra delar samt är Sveriges mest belastade vägsträcka. Extrema väderförhållanden ger stora konsekvenser runt om i Stockholms vägnät.

De klimatfaktorer som i första hand påverkar vägnäten är nederbörd, höga flöden, isbeläggning, temperatur, havsnivå och vind.

I länet beräknas medelnederbörden gradvis öka under seklet, i medel med 10–30 procent till slutet av seklet. Den största ökningen sker under vinterhalv-

Tabell 8. Sammanställning av vägar i Stockholms län (Trafikverket, 2011:a)

Vägar i Stockholms län	Längd (km)
Statlig	2 740
Kommunal	7 800
Enskild	12 400
<b>Totalt</b>	<b>22 940</b>

Statliga broar <sup>24</sup> i Stockholms län	
Över vatten	203
<b>Totalt</b>	<b>970</b>

året, se Figur 14. Nederbörd, framförallt långvarig, påverkar grundvattenbildningen och i kombination med minskad tjälförekomst kan det vintertid leda till en betydande grundvattennivåökning. Grundvattennivåerna har i sin tur betydelse för förutsättningar för ras och skred. Framtida studier på den långvariga nederbörden visar inte på någon tydlig trend (beräknat som antalet 3-dagarsperioder med nederbörd över 10 mm/dygn). Den mest extrema nederbörden med en återkomsttid idag på 20 år respektive 100 år beräknas däremot öka med cirka 20 procent i slutet av seklet jämfört med referensperioden 1961–1990.

Stockholms län har en vinter där temperaturen ofta växlar mellan plus- och minusgrader. Närheten till havet gör vädret fuktigt och blåsigt. På kort tid kan det slå om från torra vägbanor till kyla och snö. Medelvärde för antalet nollgenomgångar var under referensperioden 30 tillfällen per år. Antalet nollgenomgångar beräknas minska till mellan 10–20 tillfällen per år i slutet av seklet. Färre nollgenomgångar innebär mindre vägsalt och därmed en minskning av problemen med betongkonstruktioners beständighet. Dock kommer det ständigt pågående utbytet av broar och valet av halkbekämpningsmetoder sannolikt ha större betydelse för förvaltningen av broar än förändringen av antalet nollgenomgångar (SOU 2007:60, Bilaga B1). Färre nollgenomgångar minskar även risken för trafikolyckor i samband med halka.

23 Längden på kommunala vägar i länet har ej verifierats mot de siffror Trafikverket har på sin hemsida för statliga och enskilda vägar.

24 Antalet broar kan bli missvisande beroende på vad man räknar som en bro. Här räknas skilda körbanor på varsin broplatta som två broar (brokonstruktioner) även om gemene man skulle se det som en bro.





Figur 49. Slussen är en viktig knutpunkt för Stockholmstrafiken. Slussarna skiljer även Mälarens vatten från Saltsjöns. Foto: Christina Fagergren.

I länet bedöms säsongen för tjäle bli kortare. Med varmare vintrar och mindre tjäle kan man anta att sprickor, hål och ojämnheter orsakade av tjällossning kommer att minska. Ibland används tjälen som en resurs, till exempel vid skogsvägar. I dessa fall kan i stället minskad tjälförekomst öka belastningen på vägen. Med varmare vintrar kan man även anta att användande av dubbdäck kommer att minska, vilket i sin tur minskar slitaget på vägarna.

#### *Identifiering av sårbarhet i vägnätet, analys av Trafikverket*

Trafikverket har lämnat underlag till arbetet med den översiktliga klimat- och sårbarhetsanalysen för Stockholms län inom avsnittet vägar. Underlaget har hämtats från ett projekt som har haft till syfte att identifiera och analysera sårbarheten i det statliga vägtransportsystemet. Projektet har utförts

med hjälp av metoden Riskanalys vald vägsträcka (Vägverket Publikation 2005:54/55) och har bestått i att identifiera potentiella faror i det statliga vägnätet. Identifieringen av sårbarheter har utförts med bland annat stöd av GIS-analyser. Analyserna har sedan verifierats med fältinventering i de fall sårbarheten har hört till någon av kategorierna risk för översvämning, erosion, ras eller skred. Hela det statliga vägnätet i Trafikverkets Region Stockholm har ingått i analysen.

Utgångspunkterna för analysen har varit befintligt material från Trafikverkets egna data och från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) tidigare Räddningsverket. MSB:s översiktliga ras- och skredkarteringar samt översvämningkarteringar har tagits fram utifrån dagens klimat (se avsnitt Översvämning av strandnära bebyggelse och avsnitt Ras, skred och erosion under avsnitt

Bebyggelse och byggnader för mer information om MSB:s karteringar). Risken för ras och skred är dock ej fullt utredd på grund av att MSB:s ras- och skredkartering vid utredningstillfället ej fanns att tillgå i digitaliserad form, vilket det sedan sommaren 2011 gör.

Klimatförändringar med avseende på nederbörd och temperatur har inte varit en del av underlaget. Översvämningskarteringarna avser vattennivåer vid 100-årsflöden och högsta dimensionerande flöde i dagens klimat. Dessa nivåer kan relateras till ett förändrat klimat utifrån SMHI:s rapport Regional klimatsammanställning för Stockholms län (2011:a).

En sammanställning av Trafikverkets analys visar att det statliga vägnätet i Stockholms län har 212 identifierade potentiella faror där det finns risk för översvämning eller erosion i dagens klimat.

Analysen visar vidare att det är översvämning från havet som utgör flest potentiella faror, 124 stycken, se Tabell 9. Dessa har en bedömd påverkad sträcka på sammanlagt 12 kilometer. 100-årsflöde och högsta dimensionerade flöde har identifierats påverka 18 respektive 45 punkter, med en bedömd påverkad sträcka på 4 respektive 7 kilometer. Fara för erosion har identifierats i 25 punkter med en bedömd sträcka på 3 kilometer. Bedömd påverkad sträcka är den sträcka som geoteknikerna bedömt omfat-

tas av själva översvämningen, det vill säga inte den sträcka som trafikmässigt eventuellt påverkas av avstängning och omledning.

Enligt SMHI:s regionala klimat analys kommer det totala 100-årsflödet i de större vattendragen att minska, med undantagsfallet Mälaren som beräknas få en ökning på cirka 20 procent vid år 2100, se avsnitt Förändrade flöden för en mer utförlig beskrivning av hur flödena beräknas förändras. Enligt klimatsammanställningen kommer havets nivå att stiga efter mitten av seklet, se Figur 19.

Underlag för bedömningen av enskilda broars risk har hämtats ur broförvaltningsprogrammet BaT-Man. Trafikverket definierar i detta sammanhang bro som en konstruktion med teoretisk spännvidd större än 2,0 m. Broinventeringen har bland annat identifierat risker för översvämning eller överspolning samt erosionsskada, risker som kan sägas vara klimatrelaterade.

I länet finns enligt analysen 203 statliga broar över vattendrag. Broar med överbyggnader som ligger lågt i förhållande till vattendragens nivåer kan påverkas då vattendragen däms upp. En konsekvens av det uppdämda vattendraget kan vara att landfästena undermineras genom erosion som på sikt gör bron obrukbar. Trafikverkets analys visar att 11 broar har risk för översvämning och 154 broar har

*Tabell 9. Sammanställning av riskpunkter i Stockholms län i dagens klimat. Sammanställningen visar punkter i det statliga vägnätet i Stockholms län där det finns risk för översvämning eller erosion. Risken för ras och skred är ej utredd på grund av att MSB:s ras och skredkartering vid utredningstillfället ej fanns att tillgå i digitaliserad form.*

			Antal punkter	Bedömd påverkad sträcka (km)*
<b>Väg</b>			<b>212</b>	<b>26</b>
varav	Översvämning		187	23
	varav	Östersjön (+168 cm)	124	12
		100-årsflöde	18	4
		Högsta dim. flöde	45	7
varav	Erosion		25	3
<b>Bro</b>			<b>165</b>	
varav	Översvämning		11	
	Erosion		154	

\* Bedömd påverkad sträcka är den sträcka som geoteknikerna bedömt omfattas av själva översvämningen, det vill säga inte den sträcka som trafikmässigt eventuellt påverkas av avstängning och omledning.

risk för erosion i dagens klimat. Antagandet av antal riskbroar är gjord utifrån det underlagsmaterial som fanns tillgängligt då analysen gjordes och kan komma att ändras med till exempel bättre höjddata.

### Översvämning trafiktunnlar

Länet har flera trafiktunnlar. Vid en 100-årsnivå i Mälaren idag är det två trafiktunnlar som kan bli översvämmade enligt en kartläggning gjord av Länsstyrelsen, nämligen Riddarholmstunneln (järnvägstunnel) och Gamla Stan (tunnelbana) samt vid en dimensionerande nivå även Blekholmstunneln (vägtunnel i det kommunala vägnätet) (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:b). Konsekvenserna vid en översvämning kan bli stora på såväl lokal som regional och nationell nivå med bland annat stora förseningar i trafiken som följd. Efter ombyggnationen av Slussen och med den nya regleringen och ökade avtappningskapaciteten bedöms konsekvenserna för samtliga tunnlar bli mycket begränsade och identifierade risker kommer väsentligt att reduceras. En stigande havsnivå bedöms inte direkt påverka några trafiktunnlar, varken i dagsläget eller under seklets andra halva. Däremot, om havet stiger så mycket att nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön kraftigt minskar, så kan problem med att avbörda Mälaren resultera i höga nivåer, som i sin tur påverkar översvämningensrisken i trafiktunnlarna (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:b).

Extrem nederbörd beräknas öka med 20 procent i länet till slutet av seklet. Merparten av vägtrafiktunnlarna har dränering genom pumpsystem, och problem kan uppstå om inflödet till tunnlar är



Figur 50. Kartläggning av riskerna för översvämning i tunnelsystemen i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:b.

### Utblick – det byggs i länet

Just nu planeras och genomförs flera stora infrastruktursatsningar i länet, exempelvis Förbifart Stockholm, Norra Länken och Citybanan. Förbifart Stockholm ska förbinda Stockholms södra och norra delar genom en motortrafikled från Kungens Kurva till Häggvik. Norra Länken är en vägtrafiktunnel som är under byggnation. Tunneln omfattar E4/E20 från Tomtebodavägen till Norrtull och E20 från Frescati och Värtan. Citybanan, en 6 kilometer lång pendeltågstunnel byggs från Stockholms södra, via Centralen och Odenplan till stambanan vid Tomtebodavägen.

Förbifart Stockholm har i sin miljökonsekvensbeskrivning till arbetsplan beaktat behovet av anpassning till ett förändrat klimat. Det gäller framförallt dimensionering av VA-system och dagvattendammar samt förebyggande av ras och skred. Under planeringen av Norra Länken och Citybanan togs ingen specifik hänsyn till framtida klimatförändringar vad gäller översvämningar, men hänsyn togs till kända översvämningsshot (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:b).

högre än pumparnas samlade kapacitet (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:b). Det vore därför intressant att undersöka hur länets vägtunnlar kan påverkas av ökad nederbörd ur ett översvämningssperspektiv.

### Vägtrummor

Vägtrummor är idag dimensionerade för 50-årsflöden och livslängden är normalt 25-50 år. Med mer extrem nederbörd kommer underdimensionerade trummor att kunna skapa problem, dels genom översvämning av vägar, men även genom att trummor under vägen kan sättas igen, vilket kan skapa erosion kring trumman samt att vägen då riskerar att kollapsa. Trafikverket har sedan tidigare identifierat att den största risken för skada på vägnätet i länet är risken för bortspolning av mindre (< 2,0 m) trummor (Trafikverket, 2011).

Utifrån det ekologiska perspektivet finns det risk att fler trummor kommer att utgöra så kallade vandringshinder när antalet kraftiga flöden ökar. De kraftiga flödena riskerar nämligen att spola bort det naturliga bottensubstratet. Områden nedströms trummorna kan även erodera bort vilket innebär att trummorna till slut ”hänger” i luften och ett fall har bildats. (Larsson, Trafikverket, 2011; Länsstyrelsen i Stockholms län, 2005)





Figur 51. Kvarnbäcken under väg nr 73 i Nynäshamn kommun. Trumman är bra placerad för den akvatiska faunan, och mindre däggdjur kan passera vid den lilla trumman till vänster. Foto: Martin Larsson.

### Åtgärder och möjligheter

För att förhindra att nya infrastrukturprojekt blir sårbara i ett förändrat klimat bör klimatförändringar beaktas under planeringens alla skeden och i den riskhantering som utförs. Infrastrukturprojekt har en mycket lång livslängd och kommer således påverkas av de nya förutsättningarna. Bland annat bör klimatförändringarna beaktas vid val av lokalisering och utformning.

För befintliga vägar där problem finns redan idag eller kan förväntas inom en snar framtid bör vad som utgör rimliga åtgärder beslutas i det enskilda fallet. Vid ombyggnation och renovering av befintliga vägar bör dessa då anpassas för ett förändrat klimat.

### Järnvägar

Större nederbörds mängder och intensivare nederbörd kan innebära översvämningar, genomspolning av bankkonstruktioner med risk för åtföljande ras och skred. Ökade flöden ger ökad risk för erosion vid brostöd och anslutande bankar. Den ökade temperaturen under vintern minskar risken för rälsbrott, medan den under sommaren innebär ökat underhåll. Ökade risker för stormfällning av skog

ger konsekvenser för kraftmatningen. Så skrev man i Klimat- och sårbarhetsutredningen nationellt om järnvägsnätet (SOU 2007:60).

I Stockholms län finns cirka 650 spårkilometer, vilka förvaltas av Trafikverket och A-Train AB (Arlanda Express), se Tabell 10. Systemets redundans består bland annat av möjlighet till omledning på andra linjer, dubbelspår och täthet mellan stationer där trafikreglering kan ske.

Den långsiktiga planeringen, byggandet och underhållet av statliga vägar och järnvägar ansvarar Trafikverket för.

Tabell 10. Förvaltare och spårlängd, meter, i Stockholms län (Trafikverket, Baninformation BIS, 2011).

Förvaltare	Enkelspår	Dubbelspår
A-Train AB	0	31 344
Trafikverket	81 169	533 961

De klimatfaktorer järnvägen är mest känslig för är kopplade till vattenfrågor. Även antalet nollgenomgångar, ökad temperatur och vind har påverkan på systemet. Ökad och mer intensiv nederbörd innebär risk för översvämning, genomspolning av bankkonstruktioner med risk för ras och skred. Ökade flöden ger risk för erosion vid brostöd och anslutande bankar. Solkurvor ökar risken för urspårning och kan inträffa vid spår som inte är rätt byggda och underhållna vid hög värme.

I den intervjustudie som Länsstyrelsen i Stockholm genomförde i länets kommuner inom länsstyrelsens klimatanpassningsuppdrag identifierades att det finns riskområden kopplade till spårtrafik och järnväg. Längs Roslagsbanan och Saltsjöbanan finns områden som ligger sankt där kommunerna har förhoppningar om att förstärkning och stabilisering ska göras i och med modernisering av järnvägarna. En kommun påpekar att de känner till svaga punkter men att de ännu inte har någon strategi över hur de ska kunna åtgärda dem. Det uppges även finnas svaga sträckor längs pendeltågslinjerna. Inom länet finns exempel på nya dragningar av järnväg och nytillkomna stationer där kommuner framhåller en osäkerhet om det stabiliseringsarbete som görs är tillräckligt (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:a).



Trafikverket (f.d. Banverket) planerar att inventera risker för naturolyckor inom järnvägssystemet med en metod som utgår från den framtagna metoden Riskanalys vald vägsträcka (Vägverket Publikation 2005:54/55), men som anpassats till järnvägar. Denna analys är ej klar och på grund av att underlag saknas är analysen i den här utredningen ej mer fullständig. Generellt kan sägas att klimatförändringarna kan, liksom för vägar, få stora konsekvenser för järnvägs- och spårtrafiken, framförallt avseende vattenrelaterade klimatfaktorer.

## Luftfart

Stockholm-Arlanda och Stockholm-Bromma är de två trafikflygplatser som är av riksintresse för luftfart i länet. Utöver dessa finns några allmänna flygplatser med gräs- eller asfaltsbanor.

Systemet luftfart, eller flyg, är känsligt för häftiga och kraftiga snöfall eller regn. Höga flöden till följd av intensiva regn belastar dagvattensystemen på flygplatsen. Isbeläggning och kraftig vind är problemväder, liksom dimma och åska. Tjäle har påverkan på rullbanans bärighet och temperatur på dimensioneringen av asfaltslagrets tjocklek.

Luftfartsstyrelsen har år 2008 gjort en sårbarhetsanalys av rullbanors förändrade bärighet och renoveringsbehov av flygplatsers dagvattensystem. Utgångspunkten är att banornas bärighet kan förändras på grund av förändrade förhållanden avseende tjäle och grundvatten samt att en ökad nederbörd kan tidigarelägga behovet av renovering av flygplatsernas dagvattensystem. (Luftfartsstyrelsen, 2008)

Rullbanekroppens totala tjocklek styrs i princip av tjäldjupet. En högre temperatur minskar tjäldjupet, vilken innebär att dimensionen på bankroppen idag kommer att vara överdimensionerad i ett varmare klimat. Det är i sig inte ett problem. Asfaltslagrets tjocklek har betydelse för rullbanans bärighet. Tjockleken på asfaltslaget är dels beroende av lasten och dels av vilken temperaturzon den ligger i. En högre temperatur ger en mjukare asfalt. Tyngre flygplan och varmare klimat kräver tjockare och anorlunda uppbyggd asfalt för att skador inte skall uppstå. I Luftfartsstyrelsens studie dras slutsatsen att en reducerad tjälproblematik borde ses som positiv samtidigt som en anpassning av asfaltslagren bör kunna hanteras inom det planerade underhållet.

Dagvattensystemen på flera flygplatser är nationellt sett i behov av upprustning. Redan idag är flera underdimensionerade och åldersstigna. De problem som finns kommer således att accentueras med klimatförändringarna. Om inga åtgärder vidtas bedöms risken för översvämningar ge upphov till reducerad bärighet. Översvämningarna kan samtidigt ge upphov till strukturskador till följd av kvarstående vatten i bankroppar.



Figur 52. Fartyg från Kapellskär bryter fram genom vinterskär-  
gården. Foto: Per-Erik Adamsson, Stockholms Hamnar.

Färre nollgenomgångar som länet beräknas få innebär att behovet av halkbekämpning med tunga fordon och spridning av kemikalier minskar vilket är positivt. Detta minskar i sin tur slitaget på banorna. (Luftfartsstyrelsen, 2008)

## Sjöfart

Stockholms Hamnar ansvarar för hamnarna i Stockholm (Stadsgården, Frihamnen och Värtahamnen med flera), Kapellskär och Nynäshamn. I Stockholms län finns fyra större allmänna hamnar, vilka är av riksintresse för sjöfart enligt 3 kapitlet 6 § miljöbalken – Stockholms hamn, Södertälje hamn, Kapellskär och Nynäshamns hamn. Dessutom pågår för närvarande prövning av en ny stor hamn vid Norvikudden i Nynäshamn. I länet finns ett flertal farleder vilka är av riksintresse för sjöfart enligt 3 kap. 6 § miljöbalken.

Klimat- och sårbarhetsutredningen drog slutsatsen att klimatförändringarna inte medför några större konsekvenser för sjöfarten i Sverige. De klimatfaktorer som sjöfarten framförallt kan påverkas nega-

tivt av är främst förändrat vattenstånd, vind- och isförhållanden. En studie av *The world association for waterborne transport infrastructure*, PIANC, har listat fler klimatförändringsfaktorer som kan påverka sjöfart till havs och inrikes –vågor, tidvatten, svallvågors spridning och storlek, havscirkulation, kusthydrodynamik, havskemi, vattentillgång och -kvalitet i floder samt flodmynnings- och flodtopografi (PIANC, 2010). SMHI:s regionala klimatsammanställning visar inte på några större förändringar i vindförhållandena i ett förändrat klimat. De övriga klimatförändringsfaktorerna identifierade av PIANC har inte varit en del av denna analys på grund av att underlag för länet inte finns till dags dato.

SMHI:s analys visar på att risken för låga nivåer i Mälaren ökar under sommar och höst med ett förändrat klimat. De lägsta nivåerna i Mälaren under sommaren kan sänkas med 1-2 dm, på grund av ökad avdunstning (SMHI, 2011:a). Detta skulle kunna medföra problem för sjöfarten på grund av mindre säkerhetsmarginaler för grundstötning. Den nya Slussen och regleringen minskar i sin tur risken för låga vattennivåer jämfört med dagens reg-



lering (SMHI, 2010:d). Vid höga nivåer i Mälaren, 100-årsflöden och högre, riskerar flera hamnar att bli obrukbara. Till exempel har Botkyrka kommun identifierat småbåtshamnar som kan bli oanvändbara vid ett 100-årsvattenstånd i Mälaren i dagens klimat (IVL, 2010). Den nya regleringen kommer avsevärt att minska denna risk. Den globala havsnivåhöjningen är en osäker faktor även när det kommer till sjöfart. Lågt liggande hamnar samt färjelägen kan påverkas när havet stiger.

I samband med ombyggnationen av Strömkajen på Blasieholmen tog SMHI år 2007 fram en kort rapport på uppdrag av Stockholms Hamnar om framtidens medelvattenstånd i Stockholm. Den direkta anledningen till renoeringen är att kajens grundläggning, som består av bland annat träpålar, har skadats av röta på grund av landhöjningen som varit ungefär en 0,5 meter sedan kajen byggdes för 150 år sedan. Den nya kajen kommer att återställas till den ursprungliga höjden på kajen, alltså sänkas med ungefär en 0,5 meter (Stockholms Hamnar, 2010).

Ett annat stort projekt i länet är utbyggnaden av hamnen vid Norvikudden i Nynäshamn. I den tekniska beskrivningen från år 2007 hänvisas till FN:s senaste klimatrapport och de 59 centimeters global havsnivåhöjning som då antogs vara den högsta möjliga havsnivåhöjning till år 2100. En höjning på 59 cm (globalt) antas inte påverka utformningen av hamnen enligt den tekniska beskrivningen (Sweco, 2007).

Enligt Stockholms Hamnar är inte översvämningsrisken i dagsläget ett problem vid de kommersiella kajerna, eftersom dessa ligger så pass högt att man klarar en höjning på cirka en meter. Däremot kan det bli problem av teknisk karaktär, till exempel med klaff- och landgångsanordningar, om havet stiger.

Varmare vintrar innebär mindre isutbredning både under kortare tid och område, vilket innebär lägre kostnader för isbrytning.

## MÄNNISKORS HÄLSA

För att förstå hur klimatförändringar påverkar hälsan är steg ett att förstå vilka klimatfaktorer som har betydelse för olika hälsoaspekter och inom vilka hälsoområden förändringar kan uppstå. Grovt sett så är de viktigaste klimatfaktorerna som kan påverka människors hälsa temperatur och nederbörd och som i sin tur påverkar frekvensen av värmeböljor, intensiteten av allergener och spridningen av smittsamma sjukdomar.

### Värmeböljor

I länet kommer medeltemperaturen att bli högre. Perioder med långvarigt hög temperatur kallas för en värmebölja. Värmeböljor kan vara effektbaserade och definieras då till exempel genom att ett antal personer dör. De kan också vara meteorologiskt definierade som till exempel av SMHI i den regionala klimatsammanställningen för länet där de definierar en värmebölja som en minst fyra dygn lång period där dygnsmedeltemperaturen överstiger 20°C (SMHI 2011:a).

Värmeböljor är inte enbart ett framtida problem utan något som redan nu inträffar i länet. Den regionala klimatsammanställningen visar att värmeböljor i slutet av seklet kan inträffa omkring 10-15 gånger per år jämfört med referensperiodens (1961-1990) medelvärde på omkring 1 gång vartannat år. Värmeböljorna väntas alltså bli betydligt vanligare i Stockholms län år 2100. Studier, internationellt och nationellt, visar att värmeböljor har en direkt koppling till ökat antal dödsfall. Beredskap inom till exempel vård och omsorg samt informationsspridning inför värmeböljor är viktiga verktyg som kan lindra de negativa effekterna som uppstår. Byggnadstekniska åtgärder kan hjälpa genom till exempel ett bra tempererat inomhusklimat. Planeringen av den fysiska miljön kan mildra effekterna av en värmebölja genom att kylande eller skuggande åtgärder genomförs. Exempel på detta ges i avsnittet *Åtgärder och möjligheter för hälsa*.

En studie över Stockholms län åren 1998-2003 visar att om temperaturen under två dygn överstiger 22-23 °C så ökar dödligheten med varje grad som

överstiger denna brytpunkt. Under de senaste 12 åren har effekten av värme på dödligheten i Stockholmsområdet ökat med hela tolv procent, varför är dock oklart (Rocklöv & Forsberg, 2008). Statens folkhälsoinstitut drar från samma data som i Rocklöv & Forsbergs rapport slutsatsen att personer med KOL, psykisk sjukdom eller diabetes är extra känsliga för värme, liksom äldre personer och personer med hjärt- och kärlproblem (Folkhälsoinstitutet, 2010). En senare studie gjord för Stockholms län inom Socialstyrelsens regeringsuppdrag visar att till följd av värme kan dödligheten variera med 0-400 personer under en sommar. För att göra mer ingående analyser framhålls att det krävs ytterligare meteorologiska data gällande värmeutvecklingen i ett framtida klimat (Socialstyrelsen, 2011).

## Allergier

Ett varmare och fuktigare klimat kan leda till fuktiga konstruktioner, se avsnitt *Byggnadskonstruktioner*. Fuktigare konstruktioner leder till ett fuktigare inneklimat som är gynnsamt för mögel, röta och kvalster. Även översvämningar kan bidra till fuktskador och därigenom mögel och kvalster. Möjliga byggnader medför i sin tur ökad risk för symptom på luftvägarna med infektioner som följd. Mögel kan förvärra astma hos personer som redan är astmatiker. Inget starkt samband finns dock för insjukning i astma i vuxen ålder på grund av exponering för mögel i bostäder. Barn kan däremot löpa en större risk att utveckla astma om de bor i ett mögelhus. Detta är dock symptom som, liksom mögel i hus, finns redan idag. Det är ett problem som funnits länge, men det är trots det viktigt att ta hänsyn till att förutsättningarna för mögeltillväxt kan öka i ett fuktigare klimat. (SOU, 2007:60; Must, 2011)

Av alla allergiker i Sverige är cirka 40 procent allergiska mot pollen. Lövträd, främst björk, al och hassel är det som flest är allergiska mot, men även gräs och gråbo orsakar allergier. (SOU 2007:60) Idag är vegetationsperiodens längd omkring 195 dagar i länet. I slutet av seklet beräknas vegetationsperiodens längd ha ökat med omkring 100-140 dagar, det vill säga att större delen av året kan komma att utgöras av vegetationsperiod (SMHI, 2011:a). En förlängd växtsäsong ger en förändring i utbredningen av

Läs mer om värmeböljor och åtgärder:

- FOI:  
*Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010*
- Socialstyrelsen:  
*Effekter av värmeböljor och behov av beredskapsåtgärder i Sverige.*
- Statens folkhälsoinstitut:  
*Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper.*
- SMHI:  
*Värmeböljor i Sverige*

Läs mer om sjukdomar i ett förändrat klimat:

- Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen & Statens veterinärmedicinska anstalt:  
*Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat – Redovisning av ett myndighetsgemensamt regeringsuppdrag*

pollenproducerande arter och påverkar pollensäsongens längd och intensitet. I södra och mellersta Sverige kan lövträden bli mer konkurrenskraftiga gentemot barrträden vilket kan resultera i en ökad förekomst av lövträd, till exempel björk. Den som har pollenallergi kan idag få besvär från tidig vår till sen höst eftersom växterna blommar och spricker ut vid olika tidpunkter. Såväl den förlängda växtsäsongen som en ökad förekomst av lövträd kan leda till mer pollen och alltså mer besvär för pollenallergiker. (SOU 2007:60)

## Smittsamma sjukdomar

Extrema väder med till exempel översvämning som konsekvens kan bidra till akuta föroreningar med smittspridning som följd. Det förändrande klimatet kan även bidra till nya smittspridare och nya sjukdomar. Vårt resande kan bidra till att vi tar med oss sjukdomsspridande djur vilka idag dör ut naturligt på grund av ofördelaktigt klimat i Sverige. I framtiden kan vi få ett mer fördelaktigt klimat för dessa smittspridare och så även för sjukdomarna.

Den förlängda vegetationsperioden väntas ha effekter på både ekologi och djurliv. Fästingar vaknar till liv vid cirka 4 °C. Det varmare klimatet ökar både den geografiska utbredningen och fästingarnas fortplantningssäsong. Med fler fästingar följer även en



Figur 53. Sommarbadare i länet. Foto: Hanna Hagström

högre risk att smittas av borrelia och TBE. Idag finns ingen rapporteringsskyldighet vid borreliasmitta vilket gör det svårt att avgöra hur vanlig sjukdomen faktiskt är. Ett varmare klimat kan även leda till att vi i länet får fler malariamyggor. Redan idag finns fem sorters malariamyggor i Sverige. Att myggorna förväntas breda ut sig betyder dock inte att vi kommer att drabbas av malaria. Sjukdomen kan till exempel undvikas genom vård (Lindgren, 2011).

Badplatserna i länet kan komma att påverkas på olika sätt i ett varmare och regnigare klimat. Ökade regnmängder och översvämningar kan leda till att strandnära föroreningar sprids till badvattnet. Även vissa bakterier trivs i varmare vatten och kan påverka oss människor. Varmare somrar bidrar till att sårinfektionen badsårsfeber (*Vibrio*) kan bli vanligare. (Schönning, 2011) *Vibriobakterier* kan finnas i de



Figur 54. Kylbil. Foto: Emma Östlund

flesta badvatten när temperaturen överstiger 20°C under mer än en vecka. Bakterien kan komma in i sår när man badar. Sjukdomssymptomen kan ha en stor spridning från yttre hörselgångsinflammation till rosfeberliknande tillstånd och i värsta fall blodförgiftning. (SMI, 2011) De varma somrarna 2006 och 2010 kan ge en indikation om hur badsårsfebern kan te sig i ett framtida klimat. Under dessa två somrar konstaterades fler fall än vanligt av infektionen. Smittorisken ökar även på grund av längre och frekventare bad under dessa varma perioder då bakterierna trivs som bäst. Alla kommuner rapporterar in information om till exempel vattenkvalitet och algblooming till Badplatsen.se, en informationssida på Smittskyddsinstitutets webbplats (<http://badplatsen.smittskyddsinstitutet.se>). Här kan man även hitta särskilt aktuell information, som till exempel under badsårsfebern 2006. (Schönning, 2011)

Bakterietillväxten i livsmedel på grund av brutna kylkedjor ökar generellt vid högre temperaturer. I en brittisk studie visas att salmonellarisken ökar med 12 procent för varje grad som medeltemperaturen stiger över 6°C. (Schönning 2011; Kovats, Edwards, Hajat, Armstrong et al. 2004)

Klimatförändringarna förväntas också ge effekter som vi i dagsläget inte kan förutsäga. Det kan till exempel handla om introduktion av nya smittor, infektionssjukdomar och förändrad smittspridning. (Smi, Socialstyrelsen, SVA, 2011)

### *Åtgärder och möjligheter*

Åtgärder inom hälsa kan vara att inom vård och omsorgssektorn skapa information, handlingsplaner och rutiner för att hantera till exempel värme-



böljor. En viktig del i detta är att identifiera riskgrupper och inventera vart i samhället de finns för att kunna sätta in specialinriktade beredskapsåtgärder. Exempel på fysiska åtgärder är system för vädervarningar, informationsinsatser till invånare och personal inom vård och omsorg, investeringar i kylsystem och luftkonditioneringar, solskydd och solavskärmningar (Socialstyrelsen, 2011).

Länsstyrelserna tar gemensamt fram händelse-scenarier som inkluderar de förväntade klimatförändringarna. Det första scenariot som tagits fram är en värmebölja i tidsperspektivet år 2030. Scenariot erbjuds till kommuner, landsting och andra aktörer som ett verktyg för att inkludera klimatanpassning i risk- och sårbarhetsarbetet. Scenariot kan både användas för dagens risk- och sårbarhetsanalyser och för scenarier inom de närmsta årtiondena. Det är fritt att ändra i scenariot för att anpassa syftet till den övning där det används, samt givetvis till regionala eller lokala förhållanden. För en värmebölja längre fram i tiden än år 2030 kan scenariot till exempel anpassas med hjälp av de klimatunderlag som finns framtagna för olika delar av Sverige genom länsstyrelsernas klimatanpassningsuppdrag. Scenariot har tagits fram genom ett samarbete mellan klimatanpassningssamordnare på Länsstyrelserna samt representanter från SMHI, MSB, FOI och Tingsryds kommun (Länsstyrelserna, 2011).

Även Stockholms stad har tagit fram ett scenario för värmebölja inom arbetet med sin kommunala risk- och sårbarhetsanalys. Scenariot sträcker sig till år 2030 och beaktar även samhällets förväntade utveckling fram tills dess.

Inom forskningsprogrammet *Climatools* har ett verktyg tagits fram som ska fungera som guide för kommuners ökade beredskap inför värmeböljor. Tillsammans med Botkyrka kommun utvecklar FOI inom detta ett GIS-stöd för att identifiera sårbara grupper inför och under en värmebölja. Verktöget är en bruksanvisning med exempel på hur man i kommunen kan arbeta med att kartlägga sårbara individer och områden för att rätt åtgärder ska kunna sättas in till rätt personer i tid. Verktöget kan integreras i såväl kommuners planarbete som i arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser. Mer information

om projektet finns på FOI:s webbplats under rubriken *Pågående projekt och Climatools (verktyg > beredskap > värmeböljor)* eller i rapporten *Beredskap vid värmeböljor* utgiven av Botkyrka kommun år 2011.

Värmeböljor kan till viss del även hanteras genom utformningar av den fysiska miljön och genom olika byggnadstekniker. Under avsnittet *Värme och kylbehov i byggnader* ges solavskärmning som exempel för att minska kylbehov i byggnader. Avskärmningar och skuggning ger även svalka utomhus. Vegetation i staden kan skydda mot såväl skadligt UV-ljus som att bidra till skuggande miljöer. Vegetation på såväl byggnader som i stadsmiljön sänker temperaturen inom- såväl som utomhus. Gröna miljöer bidrar också till attraktiva mötesplatser, platser för rekreation och vila samtidigt som de kan rena luften, dämpa buller och bidra till effektivare dagvattenhantering. (Boverket, 2010:b)

Behov av vädervarningssystem avseende värme betonas i flera utredningar rörande hälsa och klimat. Ett forskningsprojekt pågår hos SMHI angående varningssystem för värme och luftkvalitet. Projektet avses avslutas i november 2012. Även informationsspridning är viktigt och som privatperson bör man se till att få i sig mycket vatten samt att hålla sig till svala miljöer. (Socialstyrelsen, 2011)

Fukt som orsakar mögel i byggnader kan till viss del undvikas genom bland annat ventilationslösningar.

I rapporteringen av sitt regeringsuppdrag *Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat* ger SMI, SVA och Socialstyrelsen förslag på utveckling inom området, de pekar på behov av samverkan mellan myndigheter och presenterar även en rad utvecklingsområden som bör prioriteras för att höja beredskapen inom smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat. (SMI, SVA, Socialstyrelsen, 2011)

## AREELLA NÄRINGAR OCH TURISM

Stockholms län är en storstadsregion där jord- och skogsbruket inom länet är litet jämfört med resten av landet. I länet finns ungefär tre procent av Sveriges åkerareal, och skogsavverkningen motsvarar knappt en procent av den totala avverkningen i Sverige. Framtidsstudier över markanvändning och lantbruk visar att faktorer som befolkningstillväxt, resurstillgång, jordbrukspolitik, konsumtionsmönster med mera tillsammans med klimatförändringen påverkar hur lantbruket kommer att utvecklas och påverkas. Att särskilja just klimatförändringar från dessa faktorer kan ge en förenklad bild av påverkan från klimatet. Klimatförändringarnas påverkan på skogsbruket kan inte heller isoleras från andra faktorer som till exempel marknadskrafter, samhällliga och politiska reformer. För en skog tar det 60–100 år från investering till avverkning och återbetalning. Det innebär att klimatanpassning av skogsbruket behöver ha ett mycket långt tidsperspektiv.

### Jordbruk och djurhållning

I Stockholms län finns 83 928 hektar åkerareal (år 2010) vilket motsvarar ungefär 3 procent av Sveriges totala åkerareal. 15 procent av länets åkerareal ligger i träda, och till area räknat odlas mest slätter- och betesvall, 35 760 hektar.

Stockholms läns framtida lantbruk påverkas av en mängd olika faktorer varav klimatet är en viktig del. Tillväxt och kvalitet inom växtodling såväl som animalieproduktion gynnas av lagom mängd solsken och regn. Även koldioxidkoncentrationen i luften har en påverkan på avkastningen i odlingen. Extremväder är som för flera andra sektorer en betydande riskfaktor, till exempel kan det orsaka stora skördevariationer. SMHI:s klimatsammanställning för länet visar att vegetationsperiodens längd kommer att bli 100–140 dagar längre i slutet på seklet och tidigareläggas med 60–80 dagar. Detta innebär att större delen av året då kan komma att utgöra vegetationsperiod.

Inom jordbruket är planeringshorisonten i allmänhet kortare än 25 år. I vissa hänseenden kan den vara längre, till exempel inom vattenhushållnings-, tek-



Figur 55. Invallning, dikningsföretag, bevattning och täckdikning är fyra rapporter från Jordbruksverket.

niska- och byggnadsfrågor. Mer nederbörd, särskilt vintertid, kan ställa större krav på dränering. Långa och mer frekventa perioder av ihållande värme tillsammans med hög avdunstning kan orsaka vattenbrist. De tekniska systemen, som invallning, täckdikning och bevattningsanläggning, är system som ska verka under lång tid, ofta minst 50 år. De måste alltså planeras idag och dimensioneras efter klimatet under seklets andra halva (Jordbruksverket, 2007). Jordbruksverket har tagit fram fyra rapporter om just klimatförändringar och bevattning, dikningsföretag, invallning och täckdikning, se Figur 55.

Djur som dricker kontaminerat ytvatten, orsakat av till exempel en översvämning, kan bli sjuka. Byggnadsmässigt kan stallar, framför allt för grisar och fjäderfån, som är särskilt känsliga för otillfredsställande ventilation, behöva konstrueras för att bättre klara av att skapa ett fullgott inneklimat även vid perioder med långvarig värme.

En förlängd växtsäsong och ändrade nederbörds-mönster kommer att ändra bland annat grödfördelningen och produktionstekniken. Större skördar som bygger på ökad användning av växtskyddsmedel och konstgödsel för att nyttja ökad nederbörd och högre temperatur kommer att stå i kontrast till behovet av energi för att producera dessa insatsmedel och risken för ökad kontaminering på grund av växtskyddsmedel och växtnäring i vattendragen. Ett fuktigare och varmare klimat leder till ökad mineralisering av växtnäring och kraftig nederbörd. Inte minst under vinterhalvåret ökar kraftigt risken för läckage.

Majs, som idag i länet bara odlas i mycket små mängder (62 ha), kan eventuellt väntas öka. Även en ökning av höstsådd spannmål är rimligt att anta (Paulsson, Jordbruksverket, 2011). Maj och juni är generellt torra månader i länet. Efter försommartor-kan brukar det vara mer regnrika månader i juli och augusti. Blir försommaren varmare och nederbörden förskjuts mot höst och vinter kan torka bli ett problem. Det bedöms dock som att detta problem för länet kommer att dröja, men för södra Sverige befaras försommartorka bli ett växande problem (Paulsson, Jordbruksverket, 2011). Den faktor som ytterst bestämmer jordbrukarens val av gröda och användning av jordbruksmark anses dock oftast vara ett önskemål om högsta möjliga lönsamhet för gårdens ekonomi, vilket även hänger ihop med jordbrukspolitiken.

Förskjutna och förlängda årstider kan påverka utbredning och förekomst av ett flertal så kallade vektorburna sjukdomar där smittämnen cirkulerar i naturen hos olika djurarter (gnagare, fåglar, rovdjur, etc.), insekter (mygg, knott, etc.) eller spindeldjur (fästingar). Ett exempel är virussjukdomen blåtung som förs över via knott till djur och som krupit längre norrut i Europa under de senaste åren. Även på växtskyddssidan kan en längre växtsäsong med högre temperatur och fuktighet orsaka skadeangrepp, till exempel svampsjukdomar. (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2008) (SOU 2007:60, Bilaga B 34)

#### Utblick energigrödor

I Sverige används några få procent av den totala åkerarealen för energigrödor. Det som brukar benämnas som energigrödor är en rad olika grödor. Dels de traditionella ettåriga jordbruksgrödorna som vete, raps och andra oljeväxter, sockerbetor och vall, dels fleråriga grödor som salix, rörfilen, hybridasp och poppel. Jordbruksverket arbetar för mer förnybar energi från jordbruket, bland annat genom ökad produktion av energigrödor. Idag bidrar jordbruket med en till två procent av Sveriges bioenergiproduktion. Framförallt kommer man att satsa på fleråriga energigrödor som energiskog och rörfilen under de närmaste åren. Lönsamhetskalkylerna för salix har visat sig vara god. Dock har lantbrukarnas intresse av olika skäl varit svalt. Energigrödor används för olika ändamål. Salix och rörfilen lämpar sig bäst för förbränning medan oljeväxter kan användas till produktion av rapsmetylester till dieselmotorer och vete för etanolproduktion. I Stockholms län odlas idag ungefär 500 hektar energiskog och energigrödor. (Paulsson, Jordbruksverket, 2011), (Jordbruksverkets webbsida, 2011).

#### Skogsbruk

Osäkerheterna om vad klimatförändringarna får för effekter på skogen ökar när man går från global till regional skala. Det beror bland annat på lokala skillnader i jordmån samt flora och fauna som påverkar skogens tillväxt (Mistra-SWECIA, 2010). I Klimat- och sårbarhetsutredningen slog man fast att tillväxten i skogen kommer att öka, men även risken för skador i ett förändrat klimat.

Skogsbruket i Stockholms län är relativt litet. Skogsmarksarealen (produktiv skogsmark) på 292 000 hektar motsvarar drygt en procent av den totala i landet (225 430 00 hektar). Till detta kommer arealen impediment skogsmark, vilket innebär att produktionen är mindre än 1 kubikmeter virke per hektar och år, till exempel myr och berg, på cirka 83 000 hektar i länet (SLU, Skogsdata 2010, tabell 1.1.2). Virkesförrådet är 65,2 miljoner kubikmeter skog (m<sup>3</sup>sk) och utgörs av 37,7 procent tall, 32,7 procent gran och 11,1 procent björk (SLU, Skogsdata 2010, tabell 2.1).

I Sverige kan ett varmare klimat medföra en ökad skogsproduktion, bland annat på grund av längre växtsäsong (Skogsstyrelsen, 2007). I Stockholms län bedöms växtsäsongen öka med cirka 100–140 dagar i slutet av seklet, det vill säga större delen



### Utblick – toppar och grenar

En indirekt påverkan från klimatförändringarna i länet är att mängden avverkningsrester (främst toppar och grenar) från skogsbruket för energiproduktion ökar. Avverkningsresterna kan ersätta fossila bränslen och bidrar därför till minskade utsläpp av koldioxid. Baksidan med uttag av avverkningsrester är att ett intensivt uttag av biomassa från skogen beräknas att i många fall medföra försurning av mark och vatten. En av de åtgärder som Skogsstyrelsen rekommenderar är askåterföring för att motverka försurning och utarmning av skogsmarken (Skogsstyrelsen, 2008)

av året kan då komma att utgöra vegetationsperiod (SMHI, 2011:a). Men klimatförändringarna påverkar även risken för skador på skogen. Ett varmare klimat gynnar många skadegörare, till exempel granbarkborren. Extremt väder, till exempel perioder av torka eller extrema temperaturer, kan i sin tur påverka hur motståndskraftiga träden är för skadeangrepp och stormskador.

Det finns idag inget vetenskapligt underlag som entydigt visar på ändrade risker för kraftiga stormar i länet i framtiden. Däremot förväntas tjälen tränga mindre djupt ner i marken i ett varmare klimat (SMHI, 2011:a). På länets breddgrad, ungefär 59°N, visar en studie inom forskningsprogrammet Mistra-SWECIA<sup>25</sup>, att stormkänslighet och skogsskötsel har ett nära samband. Den mest stormkänsliga skogen, idag och i ett förändrat klimat, är den som drivs genom kontinuitetsskogsbruk där all förnygring sker naturligt vilket resulterar i större andel gran som är mer stormkänslig än andra trädslag (Lagergren, Lunds Universitet, 2011). Den minst stormkänsliga skogsskötselmetoden idag och i ett förändrat klimat är enligt studien förkortad omloppstid. Med förkortad omloppstid avverkar man

25 SWECIA står för Swedish Research Programme on Climate, Impacts and Adaptation och finansieras av Stiftelsen för miljöstrategisk forskning, Mistra.

skogen tidigare och skogen är då generellt lägre och mindre stormkänslig (Lagergren, Jönsson & Smith, presentation, 2011).

Förändringen av skogsbrandrisken (april till september) väntas öka i länet i ett framtida klimat, mätt som antalet brandriskdagar. Forskningsresultatet bör ännu tolkas försiktigt då det kommer från en pågående studie (SMHI, 2011:a). Åtgärder för att minska brandrisken skulle således vara en typ av möjlig anpassningsåtgärd.

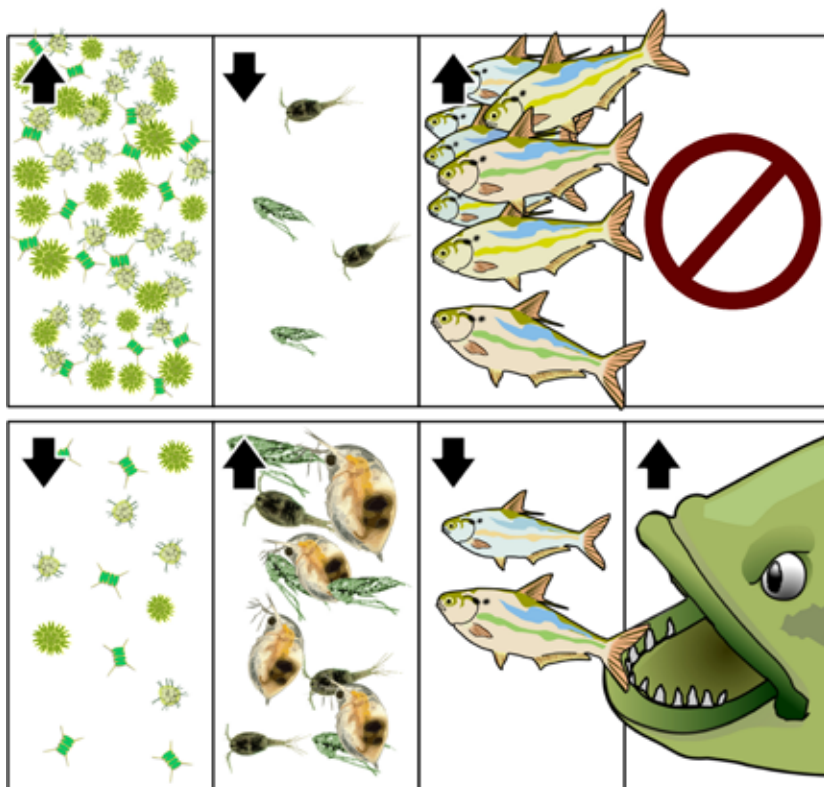
Varmare vintrar med mer nederbörd, vilket länet väntas få, ökar risken för körskadorna. Körskadorna kan ge skador på den biologiska mångfalden då sediment, organiskt material, kvicksilver eller stora näringsmängder transporteras ut i avrinnande vatten. Varmare vintrar betyder även att mer vilt överlever. Dock kommer inte säkert tillgången på foder att bli bättre, vilket kan resultera i ökade viltskadorna på skogen då klövvilt betar (Skogsstyrelsen, 2007). Detta beror även på om mängden vilt tillåts öka.

### Fiske

Länet har cirka 1000 mil kust och 220 000 hektar enskilda vatten. Fiskemöjligheterna i länet är stora med runt 50 olika fiskarter, varav 30 är sötvattensarter. Näringsrikedomen i sjöarna och den unika miljön där Saltsjön och Mälaren möts präglar fiskesamhällets artsammansättning. I Mälaren fiskas främst gös, ål, siklöja, gädda och abborre. I Saltsjön finns dels dessa sötvattensarter, men även fiskar som mer hör hemma i havet som exempelvis strömming, lax, havsöring, sik och till och med torsk och plattfisk. I de mindre insjöarna utan kontakt med Mälaren dominerar så kallad vitfisk (mört- och karpfiskar).

Balansen mellan rovfiskar och mörtfiskar är viktig för ett fungerande ekosystem i en sjö, såväl som i en havsvik, se Figur 56.

Fiskar är växelvarma, vilket betyder att deras temperatur anpassas till den omgivande vattentemperaturen (till skillnad mot människor som är mer eller mindre jämnvarma). Aktiviteten hos fisken är kopplad till temperaturen. De fiskar som trivs i varmvatten, som mört, abborre och gädda, kommer gynnas av ett varmare klimat. Kallvattenar-



Figur 56. Överfiske av rovfiskar i en sjö kan resultera i ökning av små fiskar, som i sin tur äter upp djurplanktonbeståndet, vilket i sin tur ökar alg tillväxten (övre raden). Figur från Anthony Thorpe, Lakes of Missouri Volunteer Program.

terna, som lake, nors, och öring kommer däremot att missgynnas av ett varmare klimat. Många fiskar går på våren upp i grunda vikar och leker. Med fler vår-, och försommaröversvämningar gynnas leken, med färre så missgynnas den. De klimatscenarier som SMHI tagit fram för länet visar att den idag tydliga årstidskaraktärstiken med låga vinterflöden och en tydlig vårfloed mot slutet av seklet ersätts av ett mönster med högre flöden under höst och vinter och en mindre och tidigare vårfloed. På sommaren minskar medelvattenföringen, vilket kan innebära att åsträckor torrläggs, något som skulle vara negativt för fisken.

De stora strömmande vattendragen i länet är begränsade i antal. Stockholms ström och Norrtäljeån är två populära platser för fiske i strömmande vatten. I båda vattendragen utplanteras årligen fisk. (Henrik C Andersson, Länsfiskekonsulent Länsstyrelsen i Stockholms län).

Salthalten i Östersjön kommer att förändras med förändrad avrinning och vindmönster. Hur stora konsekvenserna blir beror på hur stor minskningen av salthalten blir. SMHI:s klimatsammanställning

för länet innehåller inte någon analys av förändrad salthalt i Östersjön, eftersom osäkerheterna är stora kring förändringens omfattning. De flesta modellberäkningarna tyder dock på en minskning (SMHI, 2011:a).

### Åtgärder och möjligheter

Ett hållbart och försiktigt fiske i Östersjön kan stärka fiskbeståndet. Restaurering av landskap, sjöar och vattendrag skapar förbättrade möjligheter till fiskens naturliga habitat. Våtmarker och minskat utsläpp av dagvatten och orenat avloppsvatten till kusten minskar problematiken med övergödning.

### Turism och friluftsliv

Turistdelegationens definition av turism (1995) lyder på följande sätt:

”Turism omfattar människors aktiviteter när de reser till och vistas på platser utanför sin vanliga omgivning för kortare tid än ett år för fritid, affärer eller andra syften.”



Figur 57. Stillsamt fiske i försommarskog. Foto: Markus Brolin.

I Sverige var exportvärdet år 2009, mätt som utländska besökares konsumtion i Sverige, 93,6 miljarder svenska kronor. Det är mer än det samlade exportvärdet för järn och stål och svenska personbilar tillsammans. Branschen är också viktig för sysselsättningen och år 2009 var 160 000 sysselsatta, räknat som helårsverken, i Sverige. Turistomsättningen omsatte år 2010 i Stockholms län 22 miljarder svenska kronor, där shopping och restaurangbesök är den största delen (Stockholm Visitors Board, 2010).

Att bedöma hur turismen i länet påverkas av klimatförändringarna är mycket komplext. Det är svårt att mäta turism, då det definieras utifrån vem som gör något och inte vad som konsumeras. Inkvarteringsstatistik används ofta för att mäta turism. Stockholm Visitors Board för statistik över antalet övernattningar i Stockholms län. År 2010 steg antalet övernattningar till strax över 10 miljoner, om man räknar hotell, vandrarhem, camping och stugor. Det kan jämföras med Köpenhamn (huvudstadsregionen) som år 2010 hade drygt 7,2 miljoner övernattningar. (Stockholm Visitors Board, 2010).

Under 2010 var antalet turistbesökare och antalet affärsbesökare som övernattade i Stockholms län

ungefär lika stor. I Sverige är Stockholm det största turistmålet. Globalt sett anses Sverige dock fortfarande ganska oupptäckt som turistmål. Två av tre övernattningar i Stockholms län görs av svenska besökare, med dominans från Västra Götaland och Skåne län. De som reser till Sverige från andra länder är i första hand resenärer från Tyskland och Storbritannien, de övriga nordiska länderna och därefter övriga världen, främst från USA. Resenärer från Europa är resvana och har betat av de mer traditionella resmålen och då vinner Sverige på att vara unikt och oupptäckt. Detta är enligt Peter Terpstra på Tillväxtverket en förklaring till att turismen i landet växer (Terpstra, Tillväxtverket, 2011).

Flyg är det dominerande transportmedlet om man kommer som inkommande turist till Sverige. Svenskar reser hit med bil följt av tåg. Antalet som kommer med färja har sedan 2000 ökat med 21 procent, främst på grund av den ökade trafiken mellan Östersjönationerna.

Resemönstret har förändrats de senaste åren. Generellt planerar vi fler små semestrar, till exempel en långhelg i en storstad, i stället för att spendera flera veckor på resande fot. En medelturist i Stockholm





Figur 58. Tyresta nationalpark en vårdag lockar många besökare. På bilden syns några glada friluftare som tar sig an urskogsstigen. Foto: Lovisa Lagerblad

stannar i snitt 2,4 nätter. Den största klimatpåverkan när det kommer till turism är transporten till turistmålet.

Klimat- och sårbarhetsutredningen diskuterade huruvida varmare klimat i södra Europa förflyttar turister norrut. Detta resonemang är inte helt orealistiskt, men troligtvis kommer andra omvärldsfaktorer vara mer avgörande och påverka vårt resande mer. Till exempel kanske Centraleuropa lägger semesteren på hösten i stället för att undvika den värsta sommarvärmerna på hemmaplan.

Sverige lockar med ett miljötänk, en ren natur och friskt vatten. Lokalt kan till exempel algblooming försämra förutsättningarna för turismen. Det fortsatta underhållet av dessa resurser är därför prioriterat och viktigt för både turismen och friluftslivet.

Skyddade områden, som naturreservat och nationalparker, ansvarar enligt miljöbalken Länsstyrelsen för att vårda och förvalta.

Ett varmare klimat innebär att det vi uppfattar som sommarsäsong förlängs och kommer på så sätt den typen av turism tillgodo. Vinterturismen kommer däremot att drabbas negativt i länet om snö- och is-säsongen blir kortare. SMHI har beräknat att länet i slutet på seklet har både ett betydligt mindre (cirka 70 procent mindre) så kallat snömax (varje års maximala snötäcke) och 65 till 100 färre snödaggar.

## BIOLOGISK MÅNGFALD OCH MILJÖMÅL

Biologisk mångfald och effekterna av klimatförändringar är ett komplext område. Effekterna av andra omgivningsfaktorer, som människans nyttjande och hushållning av natur och naturresurser, behöver också bedömas i relation till klimatförändringarna för att få en helhetsbild. Klimatförändringar kan påverka arter både negativt och positivt. Utöver påverkan på individuella arter kan det leda till effekter på ekosystemnivå och vidare på arter som inte direkt påverkas av klimatförändringar. (SMHI, 2011:g)

Ett förändrat klimat påverkar förutsättningarna för att uppnå många av de 16 miljö kvalitetsmålen. Miljö kvalitetsmålen ska ha uppnåtts till år 2020 (med undantag för målet Begränsad klimatpåverkan, år 2050). Om målen uppnås eller inte till år 2020 kommer troligtvis inte klimatförändringarna att vara den avgörande faktorn för. Alltefter klimatet förändras kommer dock effekter som mer nederbörd eller högre temperatur i allt högre grad att påverka möjligheten att nå dagens eller framtida miljö kvalitetsmål.

Vår anpassning till det förändrade klimatet, som till exempel nya grödor i jordbruket, kommer med stor sannolikhet att påverka till exempel den biologiska mångfalden ibland mer än vad själva klimatförändringen i sig gör (SLU, 2007). Den indirekta effekten blir alltså den största påverkan. Detta är ett resonemang som går igen inom flera system. Till exempel inom skogsbruk kan kortare omloppstid komma att stå i konflikt med miljö kvalitetsmålet Levande skogar. Mängden hård död ved ska som ett mål öka, men hur står det i relation till att ett varmare kli-



Figur 59. En solig vinterdag är bilparkeringen på Lida friluftsgård i Tullinge full. Men varmare vintrar mot slutet på seklet kommer att påverka möjligheten till vintersporter. Just i Lida planerar man dock för en vindkraftsdriven skidtunnel, som kanske möjliggör skidåkning året runt även i ett varmare klimat.  
Foto: Filippa Lagerblad

mat som gynnar många skadegörare, till exempel granbarkborren, trivs i död ved? Nedan ges några exempel på synergier och målkonflikter mellan miljö kvalitetsmål och klimatförändringar. Det är inte en heltäckande kartläggning och alla tänkbara effekter eller alla 16 miljö kvalitetsmål beskrivs inte. I stället tas de miljö kvalitetsmål översiktligt upp som har en direkt koppling till natur- och vattenmiljö och där en tydlig påverkan av klimatförändringarna kan ses.

Informationen om miljömålen i länet har hämtats från rapporterna *Saldo 2010 – uppföljning av miljömål i Stockholms län* (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2011:e) och *Klimatförändringarnas effekter på svensk miljömålarbete* (SMHI, 2010:c).

**Begränsad klimatpåverkan** – är ett prioriterat miljö kvalitetsmål för länet. Miljö kvalitetsmålet handlar om att minska utsläpp av växthusgaser. Hur snabbt klimatförändringarna kommer och med vilken intensitet beror förstås på i vilken omfattning miljö kvalitetsmålet Begränsad klimatpåverkan uppnås.

**Frisk luft** – är ett prioriterat miljö kvalitetsmål för länet. Största boven är vägtrafikens utsläpp av partiklar och kvävedioxid. En bättre luftmiljö kan uppnås genom fler gröna ytor och träd, något som ur klimatanpassningssynpunkt även kan sänka temperaturen i sommarstaden samt minska flödestoppar i samband med intensiv nederbörd. Varmare vintrar med kortare perioder av is och snö minskar behovet av dubbdäck, vilket är positivt för partikelhalten.

**Bara naturlig försurning** – är ett mål som bör kunna nås i Stockholms län. Nedfallet av försurande ämnen behöver dock fortsätta minska för att den positiva trenden ska bibehållas. Ett eventuellt hot mot målet är om den ökade nederbörden i länet medför ökad mängd deposition av försurande nedfall.

Havsförsurningen är en direkt följd av ökande koldioxidutsläpp till atmosfären. De sammanlagda effekterna av havsförsurning, högre temperatur och ökande syrebrist är mycket dåligt kända. Men en minskning av den marina biologiska mångfalden ter sig som mycket tänkbar. (SMHI, 2011:g)

**Gifrfri miljö** – innebär att miljön ska vara fri från ämnen och metaller som skapats i eller utvunnits av samhället och som kan hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Att identifiera nya ämnen som kan komma att bli morgondagens problem är viktigt. Ett varmare klimat kan påverka behovet av nya eller mer bekämpningsmedel inom jord- och skogsbruk. Ökade risker för översvämningar, dagvatten och bräddningar samt ändrade grundvattennivåer, ras, skred och erosion i förorenade områden kan ha en negativ påverkan på miljömålet.

**Ingen övergödning** – övergödning av kust, sjöar och vattendrag är ett stort problem i länet och är därför ett prioriterat miljömål. Utsläppen av fosfor till kustvattnet kommer huvudsakligen från Mälaren och dess avrinningsområde och från länets stora reningsverk. Mälarens totala 100-årstillrinning beräknas öka vilket skulle kunna orsaka ett större tillskott av fosfor till kusten. Utsläpp genom bräddningar av orenat avloppsvatten bidrar lokalt till betydande utsläpp av kväve och fosfor. Bräddningar kan orsakas av kapacitetsbrist (hydraulisk överbelastning) i pumpstationer och ledningsnät vilket med ökad mängd nederbörd och extrem nederbörd därmed skulle kunna öka. Även kväveläckage från jordbruksmark och annan öppen mark påverkar övergödningen. Blågröna alger (cyanobakterier) växer till i varmt och näringsrikt vatten och kan förvärra övergödningen samt vara giftiga.

**Levande sjöar och vattendrag** – I länet är nära hälften av Mälarens stränder påverkade av antingen båt- eller bebyggelserelaterad exploatering och cirka 20 procent av stränderna är kraftigt påverkade. Naturmiljön påverkas mest av övergödning och fysiska ingrepp, men även invallningar, vattenståndsvariationer, föroreningar, exploatering med mera sätter stress på ekosystemen. Klimatförändringarna innebär då en ytterligare stressfaktor.

**Hav i balans samt levande kust och skärgård** – är ett prioriterat miljökvalitetsmål. I länet finns 25 procent av Sveriges Östersjökust, och de närmare 30 000 öarna i skärgården ger en unik miljö. Stranderosion, från båt- och fartygstrafik, är idag ett synligt problem i skärgården (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010:b) som med havsnivåhöjningen kommer att breda ut sig ytterligare. Strand-

zonernas naturtyper är ofta mycket artrika och innehåller en stor och viktig del av den biologiska mångfalden. Saltvatteninträngning i brunnar är ett problem, som även kan förvärras med ett stigande hav. Fiskebeståndet påverkas dels av fisket, men även av tillgången till nyckelhabitat, klimatförändringar med mera.

**Levande skogar** – Många skogar i länet har mycket höga naturvärden. Av de totalt cirka 292 000 hektar produktiv skogsmark i länet är omkring 4,5 procent formellt skyddad. Det är jämfört med andra län en stor andel, men otillräckligt för att uppnå miljökvalitetsmålet. Produktionen av biomassa och den biologiska mångfalden i skogen påverkas av klimatförändringar, skogsbrukets metoder, samt i viss mån av luftföroreningar samt försurande och gödande ämnen. Ökat biomassauttag kan bidra till att ge förutsättningar för minskad användning av fossila bränslen, vilket gynnar miljömålet Begränsad klimatpåverkan. Ett varmare klimat ger en längre växtsäsong och ökad tillväxt, men samtidigt förväntas riskerna för skador av svamp- och insektsangrepp och stormfällning öka. Ett mål i Levande skogar är skydd för kulturmiljövärden. I länet finns runt 100 000 fasta fornlämningar vilka kan utsättas för extra nedbrytning med mer nederbörd, ökad moss- och alg tillväxt med mera. Dessutom ligger ett 100-tal i riskområden för ras, skred, erosion eller översvämning.

**Ett rikt växt- och djurliv** – är ett prioriterat miljökvalitetsmål och i länet pågår en långsam men kontinuerlig förlust av biologisk mångfald och målet Ett rikt växt- och djurliv bedöms som mycket svårt att nå. År 2009 fanns i länet 418 kända arter som klassas som hotade på rödlistan. Åtgärdsprogram pågår för ett flertal, men resultaten kommer sällan med en gång. Klimatförändringarna kan utgöra en ytterligare stress på den biologiska mångfalden, där vissa arter kommer att gynnas och andra missgynnas. Detta är ett område som det pågår och återstår mycket forskning inom.

Läsa mer:

Future Forests – Sustainable strategies under uncertainty and risk  
[www.futureforests.se](http://www.futureforests.se)





Foto: Jamie Senewiratne

Figur 60. Klimatförändring och Mälaren – ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv och saldo 2010, båda publicerade av Länsstyrelsen i Stockholms län.







# Stockholm – varmare, blötare

## DISKUSSION

Denna analys har översiktligt redovisat de konsekvenser och sårbarheter som klimatförändringarna kan komma att medföra för Stockholms län i tidsperspektivet hundra år. Till viss del framgår även positiva konsekvenser, möjligheter och åtgärder. Analysen är en del i Länsstyrelsens regeringsuppdrag att samordna arbetet på regional nivå med anpassning till ett förändrat klimat.

Efter Klimat- och sårbarhetsutredningen fick ett stort antal sektorsmyndigheter regeringsuppdrag avseende klimatanpassning. Den här analysen baseras i stor grad på regeringsuppdrag och annat arbete som genomförts efter att Klimat- och sårbarhetsutredningen avrapporterats. Dessa uppdrag, som till exempel SMHI:s informationsuppdrag och Boverkets uppdrag om Klimatanpassning i planering och byggande har aktualiserat och ökat kunskapen om klimatanpassning. Uppdragen har utförts sektorsvis, men i klimatanpassningsarbetet är det också viktigt att arbeta sektorsövergripande och tvärsektorielt, exempelvis inom kommuner och länsstyrelser. Detta är särskilt viktigt eftersom det finns gynnsamma synergier, men även målkonflikter, som kan suboptimera arbetet. Det är till exempel svårt att utreda dricksvattenfrågan särskild från översvämningsfrågor då de hänger tätt ihop. Likaså att beakta dagvattenhantering utan att diskutera den fysiska planeringen. Olika sektorsmyndigheter och branschorganisationer har varit olika framgångsrika och aktiva inom klimatanpassningsarbetet. Det återspeglas i den tillgängliga informationen och således även i denna analys.

Trots att tidsperspektivet är långt och att osäkerheter om klimatförändringar finns, pekar den här analysen på ett antal områden som redan idag behöver anpassas till ett nytt klimat på både kort och lång sikt. Klimatet förändras här och nu, inte enbart i framtiden. De områden som för länets del identifierats som extra viktiga är: bebyggelsen, transportinfrastrukturen, hälsan, dricksvattnet och dagvatten-

hanteringen. Bakgrunden till detta handlar till viss del om länets karaktär som huvudstadsregion med en stor inflyttning av människor och många verksamheter av nationell betydelse. De klimatfaktorer som påverkar länet mest är ökad nederbörd och ökad temperatur samt den globala havsnivåhöjningen under seklets andra halva.

Analysen är en översiktlig konsekvensanalys för länet som helhet. Genomförandet av anpassningsåtgärder ligger till stor del på länets kommuner. Det är därför angeläget att kommunerna utreder anpassningsfrågan mer detaljerat för sitt eget område. Detta kan lämpligen göras i en kommunal klimat- och sårbarhetsanalys. En kommunövergripande klimat- och sårbarhetsanalys utgör tillsammans med förslag om åtgärder, kostnader och ansvar för olika åtgärder en klimatanpassningsplan. En sådan plan är en viktig del i kommunens övriga planerings- och analysarbete där de föreslagna klimatanpassningsåtgärderna ska beaktas i ett helhetsgrepp och på så sätt ingå i en större process. Klimatanpassningsplanen behöver regelbundet uppdateras i en iterativ process. Utvärdering och uppföljning av genomförda åtgärder är på sikt ingångsvärdet för att vidare förbättra planen.

Analysen av översvämningsrisker bör uppdateras med ny information från Mälaruppdraget (Fö2010/560/SSK) när denna blir tillgänglig. Uppdraget baseras på den nya nationella höjdmodellen (NNH) som tas fram av Lantmäteriet och ska ge en mer detaljerad bild av översvämningsituationen, se bilaga 5. Samtliga kommuner och länsstyrelser kommer genom Mälaruppdraget att få tillgång till detaljerade karteringar för översvämningskartering av Mälaren på var 10:e centimeter vilket ger goda förutsättningar för såväl analys som hänsynstagande vid planering.

Med den nya nationella höjdmodellen behöver även översvämningskarteringar för havet tas fram. Detta är särskilt viktigt då havets höjning är en av de känsliga klimateffekterna för länet och då exploate-





Figur 61. Glassbil som fastnat i en översvämning.  
Foto: Styrhytten

ringstrycket längs kusten är stort. Hur stor den globala havsnivåhöjningen blir är fortfarande behäftat med stora osäkerheter. Dessa osäkerheter gör det extra viktigt att skapa marginaler vid planeringen. Mer detaljerade höjddata möjliggör också för kommuner och andra aktörer att skapa sig en medvetenhet om vilka förutsättningar som faktiskt gäller och vilken nivå man bygger och borde bygga på. När nya höjddata finns för hela Sveriges kust planerar Myndigheten för samhällsskydd och beredskap att utföra detaljerade översvämningskarteringar för havet. Denna kartering ska rapporteras till EU inom arbetet med översvämningsdirektivet (2007/60/EG). (Näslund-Landemark, 2011)

Den nya höjdmodellen möjliggör även mer detaljerade översvämningskarteringar för länets vattendrag. För dessa väntas dock inte översvämningsriskerna öka som för havet.

Inom dagvattenhantering är det vanligt att tala om 2-årsregn eller 10-årsregn vid dimensionering av avlopp och dammar. Man bör i stället gå över till att diskutera extrema händelser för att klara framtidens nederbörds mängder. Detta kräver att frågan

hanteras såväl ovan som under mark och genom ett tvärspektoriellt arbetssätt som leder till nya och konstruktiva lösningar. Till exempel bör vattnets vägar och landskapets lågpunkter identifieras på kommunnivå alternativt för ett ännu större område. Ser man enbart till en begränsad detaljplan kan vattenvägar utanför planområdet missas och flera detaljplaner kan tillsammans bidra till en för stor belastning på en avloppsledning eller en damm. Öppna dagvattenlösningar bidrar till minskad belastning på länets avloppssystem, minskade översvämningsrisker och minskad påverkan på recipienten.

Den här analysen har inte gjort några kostnadsberäkningar av vare sig anpassningsåtgärder eller klimatkonsekvenser. För att få tyngd i beslut är denna kunskap viktig. Kunskap om för- och nackdelar med olika åtgärder kan utvecklas för att motivera genomförandet av åtgärder. Viss oro finns till exempel för ökad förekomst av fukt och pollen vid anläggning av gröna tak, trots att nytta finns vad gäller dagvatten, buller, luftföroreningar, rekreativa värden samt värme- och kylbehov. Monetär värdering av naturolyckor kan ofta vara svår att göra då konsekvenserna kan vara intangibla (ogripbara), så-

som ekologiska förluster och hälsoeffekter. I länet finns idag en rad genomförda typer av anpassningsåtgärder i såväl ny som befintlig bebyggelse, till exempel gröna tak, öppna dagvattenlösningar, erosionsskydd, översvämningsskydd och riktad insatsplanering i vården vid värmebölja. Beskrivningar, erfarenheter och effekter från dessa projekt, såväl positiva som negativa, bör sammanställas för att motivera och förenkla utveckling och användande av anpassningsåtgärder framöver.

Det är inte bara kommunerna som har en viktig roll i den lokala klimatanpassningen, även näringslivets motivation och innovationskraft är viktig. Byggherren har en viktig roll vad gäller klimatanpassning i byggnadsfrågor. Kommunerna kan också ställa större krav på byggherrarna vid upphandling vad gäller hållbar och klimatanpassad byggnation, men de är även beroende av att byggherrarna genomför anpassningsåtgärder.

Det finns idag inget vetenskapligt underlag som entydigt visar på ändrade risker för kraftiga stormar i framtiden i Stockholms län. Man bör vara beredd på att nya resultat från forskningen kan komma att ändra denna slutsats. Stormar i sin tur kan påverka översvämningsskador genom tillfälligt höga vattennivåer. Stormar kan även bidra till snedställning av regn, så kallat slagregn, som idag är förekommande på bland annat västkusten, och därmed orsaka skador i fasader. Stormfällning av skog, luftledning, sjöfart och en rad andra system är känsliga för intensiteten och varaktigheten av stormar. Därför bör klimatfaktorn vind inte försummas, särskilt i kombination med andra klimatfaktorer.

Klimatanpassning är en levande iterativ process och denna analys behöver uppdateras och utvecklas allt eftersom ny forskning och information om klimatförändringar och anpassningsåtgärder aktualiseras. Klimatscenerierna blir allt noggrannare för varje år men det är viktigt att ha i åtanke att trenderna länge pekat åt samma håll. Det kommer att bli varmare, det kommer att regna mer och havets nivå kommer att stiga även om de exakta temperaturerna och nivåerna ändras genom nya och mer detaljerade scenarier och mer lokala modeller samtidigt som nytt forskningsunderlag produceras. Fokus bör därför

ligga på möjligheten att bygga ett robust samhälle med flexibla anpassningsåtgärder för att kunna hantera osäkerheter.

Analysen har inte utgått från andra framtidsscenerier än avseende klimatet. Till exempel är framtidens lantbruk och markanvändning beroende av flera huvudfaktorer: befolkningstillväxt, ekonomisk utveckling, resurstillgång, jordbrukspolitik, klimatförändringar med mera. Att identifiera framtidsutmaningar för de olika sektorerna kräver forskning och kunskap inom flera områden där klimatförändringar utgör en viktig pusselbit. Ansatsen att utföra en konsekvensanalys utifrån nuvarande samhälle utgör en god bas för vidare diskussioner om framtida utvecklingar och konsekvenser för dessa av klimatets förändring.

## BEHOV AV UNDERLAG OCH DJUPARE STUDIER

Nedan ges exempel på områden där ytterligare behov av underlag och djupare studier har identifierats.

- Klimatanpassningsplaner på kommunnivå.
- Översvämningsskartering längs länets kust.
- Nya skarteringar längs Mälaren och vattendragen med nya höjddata.
- Klimatets påverkan på livsmedelsförsörjning och livsmedelsproduktion i länet.
- Identifiering, behov och förändringar av invallning, täckdikning och dikningsföretag.
- Förändringar av bevattnings- respektive markavvattningsbehov för exempelvis kommunala parker, golfbanor och åkermark. Vattenhushållning är en framgent viktig fråga.
- Påverkan på slathalten i Saltsjön av ett förändrat nederbördsmonster, tillrinning, vindförändringar, samt konsekvenser av detta.
- Utförligare analys över hur miljö kvalitetsmålen påverkas av klimatförändringarna. Möjligheter att optimera miljömålsarbete med klimatarbete.

# Referenser

## RAPPORTER:

Bergström, Sten. 2010. *Analys av översvämningsrisker i Mälarens vattensystem*. Rapport nr 2010-21. SMHI, Norrköping.

Bilaga B1 underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. 2007. *Vägverkets rapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen – Gruppen transporter*.

Bilaga B5 underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. 2007. *Elektronisk kommunikation – Tele- och datakommunikationssystem. Möjlig påverkan av förändrade klimat- och väderbetingelser i ett längre perspektiv*.

Bilaga B11 underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. 2007. *Analys av värme- och kylbehov för bygg- och fastighetssektorn i Sverige*.

Bilaga B14 underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. 2007. *Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämnning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat*.

Bilaga B 34 underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. 2007. *Hälsoeffekter av en klimatförändring i Sverige. En nationell utvärdering av hälsokonsekvenser hos människa och djur. Risker, anpassningsbehov och kostnader*.

Botkyrka kommun. 2011. *Beredskap vid värmeböljor – Beskrivning av processen i ett projekt och förslag till fortsatt arbete. Samhällsbyggnadsförvaltningen*.

Boverket. 2007. *Byggnader i förändrat klimat: bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan* : [en rapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen], 1. uppl., Karlskrona.

Boverket 2009:a. *Bygg för morgondagens klimat – Anpassning av planering och byggande*.

Boverket 2009:b. *Så mår våra hus: redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.*. 1. uppl. Karlskrona: Tillgänglig på Internet: [http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/sa\\_mar\\_vara\\_hus.pdf](http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/sa_mar_vara_hus.pdf)

Boverket 2010:a *Klimatanpassning i planering och byggande – analys åtgärder och exempel*. (2010) Karlskrona: Boverket. Tillgänglig på: <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2011/Klimatanpassning-i-planering-och-byggande/>

Boverket 2010:b. *Låt staden grönska: klimatanpassning genom grönstruktur*. (2010). Karlskrona: Boverket. Tillgänglig på: <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2010/Lat-staden-gronska/>

Boverket. 2011. Boverkets byggregler, BBR 18

Boverket. 2011. Boverkets författningssamling, BFS 2011:6

Calluna AB. 2010. *Projekt Slussen – Ny reglering av Mälaren – Konsekvensbedömning av strandnära naturmiljön*. Calluna AB, Stockholm

Carlsson-Kanyama, Annika & Mossberg Sonnek, Karin, *Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010*, Avdelningen för försvarsanalys, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), Stockholm, 2010

Chow, D & Levermore G. J. 2010. *The effects of future climate change on heating and cooling demands in office buildings in the UK*. In Building services engineering research & technology. Chartered Institution of Building Services, London, 2010-07-29.

Danderyds kommun. 2011. *Översvämningskydd vid Nora Strand, slutrapport*.

Energimyndigheten. 2009. *Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet*. ER 2009:33 ISSN 1403-1892.

Gill,SE. Handley, J.F. Ennos, A.R & Pauleit, S. 2007. *Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure*.



- IVL Svenska Miljöinstitutet. 2010. *Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys Botkyrka. För Botkyrka kommun*. Tillgänglig på: <http://www.botkyrka.se/SiteCollectionDocuments/Kommun%20och%20politik/%C3%96versiktlig%20klimat%20och%20s%C3%A5rbarhetsanalys%20Botkyrka.pdf> [2011-05-23]
- Jordbruksverket. 2007. *En meter i timmer – klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige*. Rapport 2007:16. Tillgänglig på: [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra07\\_16.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra07_16.pdf) [2011-05-06]
- Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, Armstrong BG, et al. *The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries*. *Epidemiol Infect* 2004;132(3):443-53.
- Lantmäteriverket. 2010. GSD Terrängkartan 2010.
- Lantmäteriverket. 2010. GSD Fastighetskartan 2010.
- Lantmäteriverket. 2010. GSD Höjddata grid 50+ 2010.
- Lidingö stad & Tyréns. 2010. *Lidingö – Analys av översvämningskartering*.
- Livsmedelsverket. 2011. *Nationellt samordningsansvar för dricksvatten. Ett nytt nätverk för dricksvatten ser dagens ljus*. Avrapportering till regeringen 2011-03-01.
- Lobell, D.B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. *Climate Trends and Global Crop Production Since 1980*. *Science*. 2011-05-05
- Luftfartsstyrelsen. 2008. *Sårbarhetsanalys av rullbanors förändrade bärighet och renoveringsbehov av flygplatsers dagvattensystem*. Upprättad av Per Wickenberg. September 2008.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2004. *Promemoria - Säkerhet i Stockholms läns fjärrvärmenät*.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2005. *Vandringshinder för djur i vattendrag – vägtrummor och dammar i 14 vattendrag i Stockholms län*. Rapport 2005:22.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010:b *Båtars vågor väcker frågor – stranderosion i Stockholms mellanskärgård*. Rapport 2010:22. [http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2010/r2010-22-batars-va-gor-stranderosion\\_webb.pdf](http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2010/r2010-22-batars-va-gor-stranderosion_webb.pdf) [2011-06-27]
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010:c. *Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden 2011*. Rapport 2010:17.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010:d. *Regional klimatsammanställning Stockholms län – Kortversion*.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010:e. *Systemtyper och klimatfaktorer – Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser*. ISBN: 978-91-7281-397-7
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010:f. *Konsekvens och sårbarhetsanalys – Metodbeskrivning*. ISBN: 978-91-7281-398-4
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010:g. *Läget i länet på bostadsmarknaden*. Tillgänglig på: <http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2010/rapport-2010-9.pdf> [2011-06-21]
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2011:a. *Är våra kommuner klimatanpassade? Ansvar, riktlinjer och åtgärder*. Rapport 2011:15.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2011:b. *Kartläggning av riskerna för översvämnings i tunnelsystemen i Stockholms län*. Rapport 2011:24.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2011:c. *Regional klimatsammanställning Stockholms län – Kortversion*.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2011:d. *Riskområden för skred, ras, erosion och översvämnings i Stockholms län i dagens och framtidens klimat – Kortversion*.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. 2011:e. *Saldo 2010 - Uppföljning av miljömål i Stockholms län*. Tillgänglig på: [http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2011/Saldo\\_2010.pdf](http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2011/Saldo_2010.pdf) [2011-09-20]

Länsstyrelserna; med samordning av Kronobergs län. 2011. *Händelsescenario för Risk- och sårbarhetsanalys. Värmebölja i nutid och framtid*. Tillgänglig på: [http://www.lansstyrelsen.se/kronoberg/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/klimatanpassning/Stöd%20kommuner/RSA\\_scenario\\_värmebölja\\_Glan.pdf](http://www.lansstyrelsen.se/kronoberg/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/klimatanpassning/Stöd%20kommuner/RSA_scenario_värmebölja_Glan.pdf) [2011-08-23]

Mistra-SWECIA. 2011. *Årsrapport 2010*. Tillgänglig på: <http://www.mistra-swecia.se/download/18.57a5b5b812e52e4174680003196/%C3%85rsrapport+2010.pdf> [2011-06-14].

Naturvårdsverket. 2006. *Branden i Tyresta 1999. Dokumentation av effekterna*. Naturvårdsverkets Rapport 5604. ISSN 0282-7298. Stockholm.

PIANC. 2010. *Climate change and navigation*. Magazine number 139, April 2010.

Regionplanekontoret m.fl.. 2009. *Stockholmsregionens energiframtid 2010-2050. Vägen till minskad klimatpåverkan*. Slutrapport energistudien för Stockholmsregionen.

Regionplanenämnden, Stockholms läns landsting. 2010. *Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen: RUFSS 2010 : så blir vi Europas mest attraktiva storstadsregion*. Antagen av landstingsfullmäktige 2010. Stockholm.

Riksantikvaren, 2010. *Effekter av klimaendringar på kulturminnen og kulturmiljø, delrapport 3*. Tillgänglig på: <http://www.riksantikvaren.no/klima-prosjektet/>

Riksantikvarieämbetet, 2007. *Hur mår kulturmiljön? – Riksantikvarieämbetets kulturmiljöbokslut 2007*.

Rocklöv, J. Forsberg, B. 2008. *The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998-2003: a study of lag structures and heatwave effects*. Scandinavian Journal of Public Health. 2008; 36:516-23

Skogsstyrelsen. 2007. *Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar*. Rapport 8 – 2007. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Skogsstyrelsen. 2008. *Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring*. Rapport 2 – 2008. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Socialstyrelsen. 2011. *Effekter av värmeböljor och behov av beredskapsåtgärder i Sverige*. Redovisning av ett regeringsuppdrag. ISBN: 978-91-86885-00-7

Statens Folkhälsoinstitut. 2010. *Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper: en svensk studie*. Östersund.

Statens Geotekniska Institut, SGI 2007. *Varia 577; Förorenings-spridning vid översvämningar – Etapp II*. Ett uppdrag för klimat- och sårbarhetsutredningen.

Statens geotekniska institut, SGI. 2009. *Varia 602:1, Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i vattendrag*. Statens geotekniska institut, Linköping.

Statens geotekniska institut, SGI. 2010. *Varia 543:3, Omfattning av stranderosion i Sverige - Översiktlig kartläggning av erosionsförhållanden*. Statens geotekniska institut, Linköping.

Statens geotekniska institut, SGI. 2011. *Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län - för dagens och framtidens klimat*. Linköping.

Stockholms stad. 2010. *Slussen – Ny reglering av Mälaren, kanaler, kajer med mera preliminär MKB, Tillstånd enligt Miljöbalken*. Samrådshandling Dnr E2010-510-01340.

Stockholm Visitors Board. 2010. *Facts about Stockholm's tourism industry. Statistics for 2010*. Tillgänglig på: [http://www.stockholmtown.com/upload/Facts\\_tourism2010.pdf](http://www.stockholmtown.com/upload/Facts_tourism2010.pdf) [2011-05-12].

Storstockholms lokaltrafik. 2010. *PM Översvämningsrisker i tunnelbanan Kartläggning av platser där vatten kan läcka in i anläggningen*.

Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. 2007. *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Nyutgåva 2007.

- Svensk Fjärrvärme AB. 2008. *Läggningsanvisningar för fjärrvärme- och fjärrkylor*. Tekniska bestämmelser D:211. Mars 2009. ISSN 1401-9264
- Svenska kraftnät. 2009. *Årsrapportering av dammsäkerhet - Hur görs rapporteringen?*
- Svenska kraftnät. 2010. *Sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2007*. Diarienummer: 126/2008/BE90.
- Svenskt Vatten. 2011. *Nederbördsdata och dimensionering av och analys av avloppssystem*. P104.
- Svenskt Vatten. 2011. *Hållbar dag- och dränvattenhantering. Råd vid planering och utformning*. P105. Remissutgåva.
- Sverige. 2006. *Klimat- och sårbarhetsutredningen, Översvämningshot: risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaran och Väneren: delbetänkande*, Fritze, Stockholm.
- Sverige. 2007. *Klimat- och sårbarhetsutredningen, Sverige inför klimatförändringarna: hot och möjligheter: slutbetänkande*, SOU 2007:60. Fritze, Stockholm.
- Sverige. 2010. *Plan- och bygglagen (2010:900)*. Förlagshuset, Vadstena.
- Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU. 2007. *Biologisk mångfald och klimatförändringar. Vad vet vi? Vad behöver vi veta? Vad kan vi göra?* Centrum för Biologisk Mångfald.
- Sveriges Lantbruksuniversitet SLU . 2008. *Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige*. ISSN 1653-5375. Uppsala. Tillgänglig på: <http://www.slu.se/Global/externwebben/nl-fak/vaxtproduktionsekologi/Dok-Publikation/VPEprocent20Report/VPEprocent20reportprocent20Noprocent206.pdf> [2011-05-06]
- Sveriges Lantbruksuniversitet SLU. 2010. *Skogsdata 2010*. Aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen.
- Svenskt Vatten. 2007. *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem: underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*, 1. utg. Stockholm.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI. 2006. *Väderobservationer vid Stockholms observatorium 250 år*. Faktablad nr 27. SMHI, Norrköping.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut SMHI. 2010:c. *Klimatförändringarnas effekter på svensk miljömålarbete*. Klimatologi nr 2/2010. ISSN 1654-2258
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut SMHI. 2010:d. *Förslag på Mälarens framtida reglering – Slutrapport fas3*. Rapport nr 2010-16.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut SMHI. 2011:a. *Regional klimatsammanställning – Stockholms län*. Rapport nr 2010-78. Norrköping.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut SMHI. 2011:d. *Vind och storm i Sverige 1901-2010*. Faktablad nr. 51-2011. SMHI, Norrköping.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut SMHI. 2011:e. *Värmeböljor i Sverige*. Faktablad nr. 49-2011. SMHI, Norrköping.
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut SMHI. 2011:g. *Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter*. Klimatologi nr.4, 2011. Författad av Markku Rummukainen. Daniel, J.A Johansson. Christian, Azar. Joakim Langner. Ralf, Döscher. Henrik Smith. 2011.
- Sweco. 2007. *Utbyggnad av hamn på Stockholm - Nynäshamn, Norvikudden. Teknisk beskrivning*. Sweco VBB, Stockholm.
- Södertälje kommun & WSP. 2010:a. *RAPPORT Översvämningsanalys för Södertälje kommun Slutrapport*.
- Södertälje & WSP. 2010:b. *RAPPORT Dagvattenutredning Dammkärr-Vattubrinken*.
- Totalförsvarets Forskningsinstitut FOI. 2011. *Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010. En medainventering för Skåne och Mälardalen*. ISSN 1650-1942. Stockholm. Totalförsvarets Forskningsinstitut FOI, på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2010. Kartläggning



av historiska händelser och deras effekter på olika samhällssektorer avseende Mälardalen

Turistdelegationen. 1995. Turismens begreppsnyckel. Tillgänglig på: <http://publikationer.tillvaxtverket.se/ProductView.aspx?ID=1006&pageIndex=0> [2011-05-11].

VAS-rådet, Länsstyrelsen i Stockholms län och Kommunförbundet Stockholms län. 2011. *Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län*, Stockholm

Vägverket. 2008. Nya färjeleder i Stockholm. Vägverket Region Stockholm, Solna. Tillgänglig på: [http://www.trafikverket.se/PageFiles/23727/slutrapport\\_farjetrafik\\_juni08.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/23727/slutrapport_farjetrafik_juni08.pdf) [2011-05-11].

Vägverket Publikation 2005:54/55. *Risikanalyser vald vägsträcka*.

Wallin (red.). 2000. Mälaren – miljö tillstånd och utveckling 1965-1998. Sveriges Lantbruksuniversitet. På uppdrag utgiven av Mälarens vattenvårdsförbund.

Weyhenmeyer G. 2005. Automatiska mätningar av löst organiskt material i Mälarens inflöden.

Weyhenmeyer G. 2007. Klimatförändringars påverkan på ytvattenkvalitet Underlagsrapport Bilaga B32 för Klimat- och sårbarhetsutredningen.

## TIDNINGARTIKLAR:

Aftonbladet. 2005 *Krossade lador och takras i regnovädret*. 2005-07-23. Tillgänglig på: <http://www.aftonbladet.se/nyheter/article10634431.ab> [2011-02-23]

Aftonbladet. 2010. *Brandkåren hinner inte med översvämningar – Kraftigt oväder över Sverige*. 2010-07-29. Tillgänglig på: <http://mobil.aftonbladet.se/vader/article7541249.ab>

[2011-05-06]

ATL Lantbrukets Affärstidning, 6 maj 2011. *Klimatförändringar kräver andra metoder*. Tillgänglig på: <http://www.atl.nu/Article.jsp?article=67237> [2011-05-06]

Dagens Nyheter. 2005. *200 stockholmare fortfarande utan telefon*. 2005-07-25. Tillgänglig på: <http://www.dn.se/sthlm/200-stockholmare-fortfarande-utan-telefon>

Dagens Nyheter, 2011. *Krisplan för snöovädret fram*. 2011-02-24. Tillgänglig på: <http://www.dn.se/sthlm/krisplan-for-snoovader-tas-fram> [2011-06-30]

Dagens Nyheter. 2010. *Kraftigt regn orsakade översvämningar*. 2010-07-29. Tillgänglig på: <http://www.dn.se/nyheter/sverige/kraftigt-regn-orsakade-oversvamningar> [2011-07-01]

Länstidningen Södertälje. 2010. *Ösregn skapade kaos i Södertälje*. 2010-07-30. Tillgänglig på: <http://lt.se/nyheter/1.907106-osregn-skapade-kaos-i-sodertalje>. [2011-07-01]

Norrbottnenskuriren. 2005. *Översvämningar i regnovädrets spår*. 2005-07-23. Tillgänglig på: [Http://www.kuriren.nu/arkiv/2005/07/23/Allm%E4nt+inrikes/2028722/%D6versv%E4mningar-i-regnov%E4drets-sp%E5r.aspx](http://www.kuriren.nu/arkiv/2005/07/23/Allm%E4nt+inrikes/2028722/%D6versv%E4mningar-i-regnov%E4drets-sp%E5r.aspx) [2011-07-01]

Svenska Dagbladet, 2011. *Snöstorm lamslog trafiken*. 2011-02-11. Tillgänglig på [http://www.svd.se/nyheter/inrikes/snostormen-lamslog-trafiken\\_5930341.svd#after-ad](http://www.svd.se/nyheter/inrikes/snostormen-lamslog-trafiken_5930341.svd#after-ad) [2011-04-15]

## HEMSIDOR:

Climate for Culture. Tillgänglig på: <http://www.climateforculture.eu/> [2011-09-16]

Energimyndigheten. 2011. Tillgänglig på: <http://energimyndigheten.se/styrel> [2011-09-20]

IPPC Intergovernmental Panel on Climate Change. 2011. Tillgänglig på <http://www.ipcc.ch/index.htm> [2011-04-05]

Klimatilpasning Danmark. Fugt i bygninger. Sökväg: Forside; Byggeri; Fugt i bygninger. Tillgänglig på: <http://klimatilpasning.dk/DA-DK/BYGGERI/FUGTIBYGNINGER/Sider/Forside.aspx> [2011-09-15]

Länsstyrelsen i Stockholms län. 2011:e. Samhällsplanering och kulturmiljö; Arkeologi och fornlämnningar; Guide till lagstiftningen. Tillgänglig på:

- <http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/sv/samhallspanering-och-kulturmiljo/arkeologi-och-fornlamningar/guide-lagstiftning/Pages/default.aspx?keyword=fornl%c3%a4mningar> [2011-07-01]
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2011:a. Naturolycksdatabasen, *Skredet i Jordbro*. Tillgänglig på <http://ndb.msb.se/ViewCase.aspx?id=9&l=SV&xMax=699700.4327999996&xMin=659700.4327999996&yMax=6579099.8555&yMin=6539099.8555> [2011-05-03]
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. 2011:b. Regeringsuppdrag: Konsekvenser av översvämning av Mälaren. Tillgänglig på: <https://www.msb.se/sv/Om-MSB/Organisation-och-uppdrag-/Regeringsuppdrag/> [2011-07-01]
- Post- och telestyrelsen PTS. 2011. <http://www.pts.se/main.aspx?epslanguage=SV> [2011-09-15]
- Riksantikvaren. 2011. Sökväg: Klima og kulturarv, Effekter land for land, Sverige. Tillgänglig på: [http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Prosjekter/Klima\\_og\\_kulturarv/Effekter\\_land\\_for\\_land/Sverige/](http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Prosjekter/Klima_og_kulturarv/Effekter_land_for_land/Sverige/) [2011-06-17]
- Riksantikvarieämbetet. 2011:a. Sökväg: Kulturarv, Byggnader, Byggnadsminnen. Tillgänglig på: <http://www.raa.se/cms/extern/kulturarv/byggnader/byggnadsminnen.html> [2011-06-17]
- Riksantikvarieämbetet. 2011:b. Bebyggelseregistret. Sökväg: Dataexport. Tillgänglig på: <http://www.bebyggelseregistret.raa.se/cocoon/bbr/welcome.html> [2011-06-17]
- Riksantikvarieämbetet. 2011:c. Sökväg: Kulturarv. Tillgänglig på: <http://www.raa.se/cms/extern/kulturarv.html> [2011-06-17]
- Riksantikvarieämbetet 2011:d. Fynd och miljö - alarmerande nedbrytning av vårt äldsta kulturarv. Tillgänglig på: [http://www.raa.se/cms/extern/utveckling/vard\\_och\\_bevarande/fynd\\_och\\_miljo.html](http://www.raa.se/cms/extern/utveckling/vard_och_bevarande/fynd_och_miljo.html) [2011-09-20]
- Smittskyddsinstitutet. 2011. Sökväg: Sjukdomar, B, Sjukdomsinformation om badsårsfeber. Tillgänglig på: <http://smittskyddsinstitutet.se/sjukdomar/badsarsfeber> [2011-08-23]
- Smittskyddsinstitutet. 2011. *Badplatsen*. Tillgänglig på: <http://badplatsen.smittskyddsinstitutet.se/> [2011-09-16].
- Statens geotekniska institut, SGI. Sökväg: Skreddatabas, Haninge. Tillgänglig på: <http://gis.swedgeo.se/skred/> [2011-05-09]
- Statistiska Centralbyrån. 2010. *Rikets fastigheter 2010*. Tillgänglig på: [http://www.scb.se/Pages/PublishingCalendarViewInfo\\_\\_\\_259923.aspx?PublObjId=12252](http://www.scb.se/Pages/PublishingCalendarViewInfo___259923.aspx?PublObjId=12252) [2011-06-21]
- Stockholms Hamnar. 2010. *Därför renoveras kajen*. Tillgänglig på: <http://www.stockholmshamnar.se/sv/Vara-hamnar/Stockholm1/Innerstadskajerna/Stromkajen/Darfor-renoveras-kajen/> Senast uppdaterad: 2010-05-24. [2011-06-08]
- Stockholms Ström. Svenska kraftnät, Vattenfall och Fortum. 2011. <http://www.stockholmsstrom.net/> [2011-06-20]
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI. Senast uppdaterad 2009-09-17. *Klimatförändringar*. Tillgänglig på <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatforandringar-1.7206> [2011-04-15]
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI. 2010a. *Stockholms temperaturserie*. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/1.2847> [2011-04-27]
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI. 2010:b. Sökväg: Klimatdata > Temperatur > Daglig temperaturavvikelse 2010 > Juli. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur> [2011-04-27]
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI. 2011:b. Sökväg: Klimatdata > Vintersäsongen 2009-2010 eller 2010-2011. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/vintersasongen-2009-2010-i-siffror-1.9643> och <http://www.smhi.se/klimatdata/vintern-2010-2011-i-siffror-1.15194> [2011-04-15].
- Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI 2011:c. Sökväg: Kunskapsbanken > Meteorologi > Extrem nederbörd. Tillgänglig på: <http://>

www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/ex-trem-nederbord-1.6153 [2011-05-10]

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI 2011:f. Årets medelvattenstånd. Sökväg: Kunskapsbanken; Medelvattenstånd. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceano-grafi/arets-medelvattenstand-1.10047> [2011-09-14]

Sveriges Radio, P4. 2011-09-15. *Ökade mögelpro-blem*. <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?prog-ramid=94&artikel=4695461> [2011-09-16]

Svensk Fjärrvärme. 2010. *Om fjärrvärme*. Tillgäng- lig på: <http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/> Senast uppdaterad: 2010-02-26 [2011-06-09]

Svenskt Vatten. 2009. Svenskt Vattens driftstatistik 2009, ledningslängder i Stockholms län.

Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI. 2011. Be- redskap Värmeböljor. Tillgänglig via: [http://www.foi.se/FOI/templates/Page\\_\\_\\_8995.aspx](http://www.foi.se/FOI/templates/Page___8995.aspx) [2011-06-21]

Trafikverket. Senast uppdaterad 2011-03-23. *Tjäl- skadade vägar*. Tillgänglig på <http://www.trafikver- ket.se/Aktuellt/Redaktionella-sidor/Tjalskadade- vagar/> [2011-04-08]

Vegtech 2011. Veg Tech Teknik, *Erosionsskydd*. Tillgänglig via: <http://www.vegtech.se/sv/veg-tech- park-och-landskap/products/vaxter-till-vatten-och- strander/strandmatta/uid-114/categoryinformation. aspx> [2011-06-21]

## **PERSONLIG KONTAKT, TELEFON OCH MEJL:**

### ***Inträffade extremer***

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut, SMHI, Kundtjänst, telefonkontakt: 2011-04-19.

### ***Byggnadskonstruktioner***

Olle Åberg, Boverket, telefonkontakt: 2011-05-02

### ***Elproduktion och distribution***

Margareta Olsson, projektkommunikatör Stock- holms Ström, 2011-06-20

Gun Åhrling-Rundström, enhet produktion/ansva- rig vattenkraft, Svensk Energi, mejl- och telefon- kontakt, juni 2011

### ***Fjärrvärme***

Mikael Gustafsson, Svensk fjärrvärme, mejlkon- versation, juni 2011

### ***Dammar***

Per Berglund, Länsstyrelsen i Stockholms län, träff 2011-05-31

Maria Bartsch, Svenska kraftnät, telefonkontakt 2011-06-14

### ***Dagvatten – och avloppssystem***

Anette Björlin, Länsstyrelsen i Stockholms län, träff 2011-05-10

Majlis Bergqvist, Länsstyrelsen i Stockholms län, telefonkontakt 2011-06-28

Hans Bäckman, Svenskt vatten AB, möte 2011-03-23, telefonkontakt 2011-06-29

### ***Vägar***

Lennart Roos, Trafikverket, möte och mejlkontakt maj-juni 2011

Karin Jansson, Anders Eriksson, Henric Nilsson, Anders Ala-Häivälä och Anna Norlander, Vectura, möte och mejlkontakt maj-juni 2011

Martin Larsson, Ekolog Trafikverket, mejlkontakt april 2011

Trafikverket, 2011:a. Information om ROSA-pro- jektet.

### ***Järnvägar***

Anna Kryhl, Handläggare Trafikverket, mejlkon- takt 2011-07-08

### ***Sjöfart***

Mattias Sandell, Stockholms Hamnar, mejlkontakt juni 2011

### ***Jordbruk***

Robert Paulsson, Jordbruksverket, mejlkontakt 2011-05-16



### **Kulturmiljö**

Camilla Altahr-Cederberg, Riksantikvarieämbetet, mejlkontakt 2011-09-20

### **Skogsbruk**

Fredrik Lagergren, Forskningsingenjör Lund Universitet, Institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys, telefonkontakt 2011-06-10

Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen, telefonkontakt 2011-06-10

### **Turism och friluftsliv**

Peter Terpstra, Turismanalytiker Tillväxtverket, telefonkontakt 2011-05-11

### **Översvämning**

Barbro Näslund-Landemark, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, telefonkontakt: 2011-09-16.

## **PRESENTATIONER:**

Maria Bartsch och Sten Bergström, Svenska Kraftnät respektive SMHI, presentation 2011-04-14, Karlstad. [http://www.swedgeo.se/upload/Kurser/pdf/klimatseminarium\\_2011/Maria%20Bartsch.pdf](http://www.swedgeo.se/upload/Kurser/pdf/klimatseminarium_2011/Maria%20Bartsch.pdf)

Ann- Christine Hågeryd & Bengt Rydell, Statens Geotekniska Institut, presentation 2011-02-01. *Riskområden för skred, ras och erosion i Stockholms län*. Presentation vid seminariet: Nytt klimatunderlag för länet och redovisning av riskområden för naturolyckor. Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm.

Fredrik Lagergren, Anna Maria Jönsson och Ben Smith. 2011-05-06. Lunds Universitet. *Modellutveckling baserat på input från fokusgrupperna*. Presentation vid seminariet: Tillväxt, risk för skador, ekonomi och anpassningsutrymme – hur påverkar ett förändrat klimat den svenska skogen? 2011-05-06, Lunds universitet.

Erika Lind. 2011-04-14. *Klimatanpassning och dricksvatten: Samarbete och aktiviteter inom nationellt nätverk för dricksvatten*. Presentation 2011-04-14, Karlstad.

Elisabet, Lindgren. Karolinska Institutet. 2011-05-04. *Klimatförändringars inverkan på smittspridning – Vektorburna sjukdomar*. Presentation vid seminariet Klimatförändringarnas konsekvenser för hälsan, Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm.

Aime, Must. IVL. 2011-05-04 *Klimatförändringarnas inverkan på hälsa – fukt och mögel*. Vid seminariet Klimatförändringarnas påverkan på hälsa, Länsstyrelsen i Stockholms län.

Caroline, Schönning. Smittskyddsinstitutet. 2011-05-04. *Smittskyddsinstitutets arbete med smittsamma sjukdomar och Klimatpåverkan*. Presentation vid seminariet: Klimatförändringarnas konsekvenser för hälsan. Länsstyrelsen i Stockholms län, Stockholm.

Mats, Wallin. Sveriges Lantbruksuniversitet SLU. 2011-08-23. *Mälarens vattenkvalitet – status och behov*. Presentation vid Mälarkonferensen, Västerås.

## **ANVÄNDBARA LÄNKAR OCH RAPPORTER:**

Jordbruksverket – klimatförändringar och täckdikningen, bevattning, dikningsföretagen och invallningen. Tillgänglig via: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoochklimat/begransadklimatpaverkan/klimatanpassningavjordbruket/klimatforandringarpaverkarjordbruket.4.e01569712f24e2ca09800012513.html> [2011-06-21]

SMHI:s enkla och illustrativa klimatinformation finns här: <http://www.smhi.se/k-data/klimatpresentation/smhi4.swf>

Danmarks klimatanpassningsstrategi: <http://klimatilpasning.dk/da-DK/Sider/forside.aspx> [2011-09-14]

Norges klimatanpassningsstrategi: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2.html?id=539980> [2011-09-14]

# Bilagor

## BILAGA 1. ANALYSFRÅGOR

Hämtade från Bilaga A4: Analysfrågor som stöd vid bedömningen av systemens/områdenas sårbarhet, Klimat och sårbarhetsutredningen (SOU 2006:70).

### Dagens situation

#### *System/områdesaspekter*

- Vad är systemets/områdets uppgift? Vem/vilka ansvarar för detta och har uppgifter inom området?
- Vilka typer/delar/samband m.m. bedöms utsatta/känsliga inom systemet/området med avseende på klimatpåverkan?
- Framträder skillnader beroende på vilken nivå man betraktar systemet/området (nationell, regional, lokal eller annat)? Hur?
- Har den geografiska aspekten stor betydelse?
- Hur ser systemets/områdets olika typer/delar/samband ut vad gäller livslängd och omställningstid?
- I vilken mån är systemet/området redundant/flexibelt i sin helhet eller i olika delar? Gäller det oavsett påfrestning?
- I vilken mån finns beroenden mellan olika system/områden som kan påverka konsekvenser och åtgärder?

#### *Konsekvensaspekter*

- Vilka konsekvenser – positiva (nytta) eller negativa (skada) – har uppkommit hittills inom olika anläggningstyper/delar/samband i respektive system/område på grund av extremhändelser/olika klimatfaktorer i dag?
- Beskriv typ av konsekvens – direkta klimatkonsekvenser (t.ex. översvämning, skred, torka), direkta system/områdeskonsekvenser (t.ex. raserade broar, nätskador, stormfällning, sjukdomsutbrott) samt indirekta sam-

hällskonsekvenser (t.ex. störd drift på grund av utebliven elförsörjning och kommunikationer).

- Hur allvarlig har konsekvensen blivit? Hän-syn bör tas till tid, geografisk utbredning, konsekvensens intensitet.

#### *Skadeavhjälpande, återuppbyggande och förebyggande åtgärder.*

- Vilka åtgärder har vidtagits för att återställa systemen/områdena vid skada? De skadeavhjälpande åtgärder som har koppling till klimataspekter i ett längre tidsperspektiv bör framförallt beaktas.
- Vilka förebyggande åtgärder har vidtagits redan idag för att minska eller motverka befarad konsekvens? I detta ingår även forskningsinsatser.
- Finns några hinder i dag som omöjliggör förebyggande åtgärder (kan röra ansvar, organisation, författningar)?

### År 2100

#### *System/sektorsaspekter*

- Hur bedöms systemets/områdets olika typer/delar/samband förändras till de olika tidsperspektiven? Har användningen/behoven av systemen/områdena förändrats? Beakta typer/delar/samband som har planerats i dag och som kommer att finnas inom dessa tidsperioder.
- Vilka anläggningstyper/delar/samband bedöms utsatta/känsliga? Det är viktigt att ta hänsyn till geografin.
- Bedöms en anpassning till klimatförändringar ske successivt? Hur ser denna ut, och mot vilka klimatfaktorer? Kan det finnas geografiska skillnader? Kräver en successiv anpassning styrning?
- Kan man se behov av nya system/områden eller delar av sådana? Uppstår nya beroenden som man bör beakta?
- Har någon förändring skett vad gäller beroenden av andra system?

### *Konsekvensaspekter*

- Vilka konsekvenser – positiva eller negativa – bedöms uppstå av olika klimatfaktor inom olika typer/delar/samband i systemen/ områdena om inga förebyggande åtgärder vidtagits eller ingen successiv anpassning skett?
- Beskriv typ av konsekvens – direkta klimatkonsekvenser, direkta system/områdeskonsekvenser, indirekta samhällskonsekvenser.
- Hur allvarlig/positiv blir konsekvensen? Hänsyn bör tas till tid, geografi, intensitet, frekvens.
- Finns det konsekvenser som är acceptabla på grund av förändringar i klimatet? Detta kan tolkas som att man tar skadan när den kommer och åtgärdar den då, i stället för att förebygga.
- Kan man se ”brytpunkter” på grund av specifika klimatfaktorer när olika delar/typer/samband inom olika system/områden måste förändras – ett osäkerhetsresonemang framförallt på mycket lång sikt?

### *Skadeavhjälpande, återuppbyggande och förebyggande åtgärder*

- Vilka åtgärder måste vidtas för att återställa systemen/områdena efter en skada?
- Vilka förebyggande åtgärder – anpassningsåtgärder – kan vidtas för att minska eller motverka befarad konsekvens?
- Vad kostar dessa anpassningsåtgärder? Om man vidtagit förebyggande åtgärder tidigare, i vilken mån behövs nya kompletterande åtgärder?
- Krävs åtgärder angående ansvar, författningar, finansiering m.m.?
- Vilka studier/forskning behövs?

## **BILAGA 2. METODBESKRIVNING FÖR KONSEKVENSPANALYS AV ÖVERSVÄMNING, RAS, SKRED OCH EROSION**

### **Metod för bedömning av översvämningsrisk**

För att bedöma konsekvensen av översvämningar krävs uppgifter om 100-års- och dimensionerande flöde för vattendragen och Mälaren samt 100-årsvattenstånd för havet. I nuläget finns det för länet översiktliga översvämningskarteringar framtagna av MSB för tre vattendrag samt för Mälaren, men inte för havet. Karteringarna gäller för dagens klimat. Karteringar för ett framtida klimat saknas.

Konsekvenser av översvämningar beskrivs som översvämmade byggnadsytor uppdelade efter markslagsklasser. För detta används Terrängkartan och Fastighetskartan. Markslagsklasser som används är: hög bebyggelse, sluten bebyggelse, låg bebyggelse, fritidsbebyggelse och industrier. De byggnader som inte faller inom någon av Terrängkartans markslagsklasser indelas i klassen övrigt.

Den nationella höjddatan som karteringarna grundar sig på har brister. Den grundar sig på Lantmäteriets GSD-Höjddata med 50 meters upplösning som har ett medelfel på  $\pm 2$  meter. Den nya höjddatan för hela Stockholms län kommer förmodligen inte att levereras förrän under våren 2012. Kring Mälaren kan höjddata och karteringar finnas tillgängliga redan under hösten 2011 .

### **Vattendragen**

Översiktliga översvämningskarteringar finns framtagna för Tyresån, Oxundaån och Norrtäljeån. De är framtagna för 100-årsflöden och dimensionerande flöden och gäller för dagens klimat. För framtida klimat saknas karteringar. Det saknas även beräkningar av dimensionerande flöden och dimensionerande vattennivåer i ett framtida klimat.

Som grund för analysen används:

- Befintliga översvämningskarteringar för dagens klimat



- Regionalt klimatunderlag i framtiden för länet av totala 100-årsflöden för de tre vattendragen respektive den lokala 100-årstillrinningen för hela länet.

Byggnadsytor sammanställs för de karterade vattendragen uppdelade efter markslagsklasser för 100-årsflöden i dagens klimat. Ett resonemang förs kring de procentuella förändringarna av det totala 100-årsflödets storlek i ett framtida klimat för vattendragen och hur denna förändring bedöms kunna påverka de översvämmade ytornas storlek.

### Metod för bedömning av översvämningsrisk - Havet

Då detaljerade höjddata och inte heller någon översvämningskartering för hela länets kust finns tillgänglig behandlas havets höjning i likhet med den metod som användes i Klimat- och sårbarhetsutredningen. Detta blir en relativt grov uppskattning, men kan ge en indikation om ungefär hur stor del av respektive system och systemtyp, exempelvis bebyggelse och infrastruktur som kan ställas under vatten vid en framtida havsnivåhöjning.

Höjdkurvan på + 2 meter från Lantmäteriets GSD-höjddata grid 50+ används för analysen. Som grund för analysen används även:

- Detaljerade översvämningskarteringar inom fyra av länets kommuner - Nynäshamn, Tyresö, Österåker och Nacka - beräknade för ett framtida klimat.
- Bebyggelseuppgifter lägre än höjdkurvan på +2 meter.
- Regionalt klimatunderlag för länet av 100-årsvattenstånd för havet i framtiden.

Byggnadsytor lägre än höjdkurvan + 2 meter sammanställs med hjälp av höjddatan, Terrängkartan och Fastighetskartan för länets samtliga kustkommuner uppdelat efter de valda markslagsklasserna.

Uppgifter samlas in om översvämmade byggnadsytor inom de fyra referenskommunerna för nivåer som motsvarar havets 100-årsvattenstånd i ett framtida klimat. För Nynäshamn och Nacka är hela kusten karterad medan det för Tyresö och Österåker

är vissa delar. Ytorna uppdelas efter Terrängkartans olika markslagsklasser. Karteringarna är genomförda för nivåer som överensstämmer väl med de nivåer som den regionala klimatsammanställningen från SMHI har redovisat och är därför ett relevant material att utgå från. Av tabellen nedan framgår de karterade nivåerna från kommunanalyserna respektive SMHI:s sammanställning för ett framtida klimat angivet i höjdsystemet RH2000.

Karterade vattennivåer (RH2000)		
Kommuner	Kommunanalyser	SMHI:s beräknade 100-årsvattenstånd (år 2100)
Nynäshamn	182 cm	180 cm
Tyresö	166 cm	175 cm
Österåker	166 cm	175 cm
Nacka	185 cm	175 cm

De översvämmade byggnadsytorna inom de fyra referenskommunerna jämförs med de framtagna byggnadsytorna lägre än höjdkurvan + 2 meter och andelen översvämmade ytor per markslag beräknas för dessa fyra kommuner. De framräknade andelarna används som schablon för resterande kustkommuner och ställs i relation till bebyggelseytorna lägre än + 2 meter.

### Metod för bedömning av översvämningsrisk - Mälaren

För Mälaren finns översiktliga översvämningskarteringar finns i dagens klimat för 100-årsflöden och dimensionerande flöden, utan ombyggnad av Slussen och med normalt vattenstånd i Saltsjön. För ett framtida klimat finns inga karteringar gjorda.

Som grund för översvämningsanalysen för slutet av seklet används:

Befintliga översvämningskarteringar för dagens klimat, 100-års flöde, utan ombyggd sluss och normalt vattenstånd i Saltsjön.

Regionalt klimatunderlag för länet i framtiden: dimensionerande nivå för Mälaren, global havsnivå-

höjning på + 1 m, högt vattenstånd i Saltsjön och en ombyggd sluss.

Följande förutsättningar gäller alltså för analysen (år 2100), vilka bedöms rimliga:

- En ombyggd Slussen
- En permanent höjning av Saltsjön med +50 cm (global havsnivåhöjning +1m)
- Högt vattenstånd i Saltsjön (+50 cm; motsvarar +4,58 m i Mälarens höjdsystem).

Den framtida dimensionerande nivån jämförs med dagens 100-årsvattenstånd, för vilken karteringar finns framtagna. Följande nivåer gäller:

Nivåer	Mälarens höjdsystem	RH00
Dim. nivå år 2100 (ombyggd sluss)	4,83 m	0,99 m
100-års vattenstånd idag (ej ombyggd sluss)	4,80 m	0,96 m

De befintliga översvämningsskarteringarna för dagens 100-årsvattenstånd utan en ombyggd sluss kan alltså användas som ett rimligt underlag för översvämningssanalysen av de framtida förhållandena vid en dimensionerande nivå då vattennivåerna stämmer väl överens. Byggnadsytor sammanställs för det karterade området uppdelat efter markslagsklasser likt ovanstående analyser.

### Metod för bedömning av risker för ras, skred och erosion

För att bedöma konsekvenser av ras, skred och erosion används MSB:s översiktliga stabilitetskarteringar och SGI:s inventeringar av förutsättning för erosion längs kust, sjöar och vattendrag. De översiktliga stabilitetskarteringarna är gjorda för bebyggda områden i länet och gäller för dagens klimat. Då riskerna för ras och skred väntas öka i de områden som redan i dagens klimat har bristande stabilitet används MSB:s karteringar för att bedöma hur stora arealer eller vilka delar av ett system som ligger inom mark som hotas av ras och skred.

Konsekvenser av ras, skred och erosion beskrivs som antal fastigheter inom respektive markslagsklass belägna inom riskområden enligt befintliga karteringar. Vidare förs ett resonemang kring klimatförändringarnas påverkan på stabiliteten samt om risker för ras och skred i potentiella utbyggnadsområden. Mer information finns i SGI:s rapport Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län för dagens och framtidens klimat. (SGI, 2011)

Som grund för analysen rörande stabilitet för slutet av seklet används:

- Befintliga översiktliga stabilitetskarteringar i bebyggda områden för dagens klimat.
- SGI:s bedömning av stabiliteten i potentiella utbyggnadsområden inom 20 av länets 26 kommuner.
- Regionalt klimatunderlag för länet år 2100.

Som grund för analysen rörande erosion i slutet av seklet används:

- SGI:s kartering av förutsättning för erosion längs hav, sjöar och vattendrag. Med tillägg längs havet med hänsyn till klimatförändringarna.
- Regionalt klimatunderlag för länet år 2100.

### **BILAGA 3. BEBYGGELSE - BESKRIVNING AV MARKSLAGSKLASSER OCH BEBYGGELSETYPER**

Hämtat från Bilaga B14 s. 200-201, Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60). Giltighet kontrollerad genom telefonkontakt med Inger Persson, Lantmäteriet i Gävle, 2011-04-19.

#### **GSD Fastighetskartan 2010, bebyggelse**

**Hus** – Yta för bostadsändamål och fritidshus, ofentlig byggnad eller byggnad som innehåller handel, kontor eller liknande.

**Hus övrigt** – Yta som inte är bostad eller fritidshus, offentlig byggnad eller byggnad som innehåller handel, kontor eller liknande.

**Kyrka** – Kyrka.

#### **GSD Terrängkartan 2010 – Markslagsklasser**

**Sluten bebyggelse** – ”Sluten sammanhängande kvartersbebyggelse med flera våningar. Lägre byggnader kan ingå. Bebyggelsen kan på enstaka ställen vara öppen för att medge transporter till och från kvarterets inre. Tre sidor av kvarteret bör i det närmaste vara slutna, All tillhörande mark såsom vägar, parkeringsplatser och kontorsbyggnader ingår.”

- **Hög bebyggelse** – ”Friliggande hög bebyggelse med flerfamiljshus som har tre våningar eller fler. Lägre byggnader kan förekomma. All tillhörande mark såsom vägar, parkeringsplatser och kontorsbyggnader ingår.”
- **Låg bebyggelse** – ”Tät låg bebyggelse, som utgörs av planmässig kvartersbildning med friliggande en- och tvåfamiljshus, radhus, kedjehus eller flerfamiljshus med högst två våningar. Enstaka högre byggnader kan ingå. All tillhörande mark såsom vägar, parkeringsplatser och kontorsbyggnader ingår.”
- **Fritidsbebyggelse** – ”Identitetspunkt för bebyggelseområde med byggnader huvudsakligen avsedda för fritidsändamål (fritidshus, stugbyar) med tillhörande byggnader för af-

färs- och serviceändamål samt koloniområde med byggnader av beboelig typ (i regel minst 20 kvm).”

- **Industriområde** – ”Markområde på vilken huvudsakligen industriaktiviteter bedrivs.”
- **Byggnader, Hus m.m.** – ”Mittpunkt för bostadshus, militärförläggning, kontor, verkstad, ekonomibyggnad, kyrkobyggnad, byggnad för offentlig service och industribyggnad.”
- **Åker** – ”Mark som lagts under plog med odlingar av spannmål, oljeväxter, rotfrukter och köksväxter men inte frukt och bär. I begreppet ingår också betesvallar som då och då plöjs upp och besås, åkerliknande beten som ingår i växtföljden, obebyggda koloniområden samt mark som utnyttjas för odling av energiskog, slätterängar och trädgårdar i anslutning till boningshus ingår inte.”
- **Fruktodling** – ”Mark som används för odling av frukt och bär på träd i kommersiell skala.”
- **Hygge** – ”Mark med avverkad skog som utgör kalhygge eller föryngringsyta. Kvarlämnade så kallade miljöträd samt gles ”restskog” kan förekomma liksom fröträdsställning. Uppväxande plantor kan vara upp till cirka 1,5 m höga.”
- **Lövskog** – ”Trädbevuxen mark där krontaket utgörs av i huvudsak oblandad lövskog i ett sammanhängande område. Trädhöjden ska vara minst ca 1,5 m och krontäckningen minst 90–95 %.”
- **Barr- och blandskog** – ”Mark med barrträd eller med blandade barr- och lövträd inkl. trädbevuxen parkmark. Alla typer av träd och buskar kan ingå. Trädhöjden ska vara minst cirka 1,5 m.”

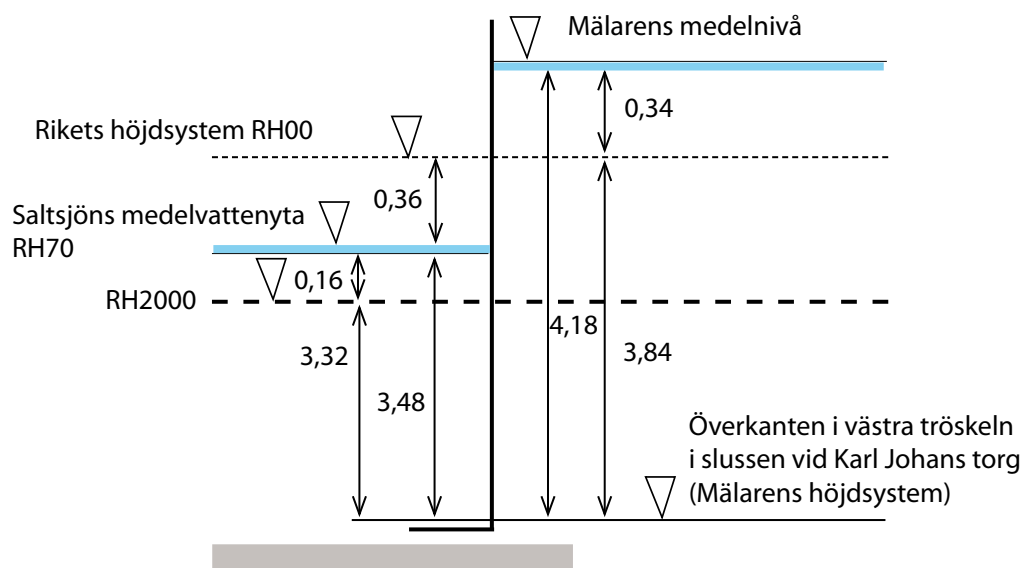


## BILAGA 4. HÖJDSYSTEM I LÄNET

I Sverige har det under det senaste århundradet funnits tre olika höjdsystem; *RH00*, *RH70* och *RH2000*. I dagsläget är det *RH2000* som är det officiella nationella höjdsystemet. *RH00* skapades i slutet på 1800-talet och nollnivån ( $RH = 0$ ) valdes som medelvattenytan i Stockholm år 1900. I nationella sammanhang har *RH00* spelat ut sin roll, men på lokal och regional nivå finns fortfarande tillämpningar, och speciellt i Stockholm används systemet ibland. *RH00* tog ej hänsyn till landhöjningen och systemet skiljer sig därför mot både *RH70* och *RH2000*. Det var just på grund av landhöjningen som behovet med ett nytt höjdsystem blev aktuellt och man skapade då *RH70*. *RH70* har nollnivån definierad av *Normaal Amsterdams Peil (NAP)* vilket

är en nollpunkt i Amsterdam som används i flera europeiska länder. *RH 2000* blev officiellt 2005 och är Sveriges nya nationella höjdsystem. Det är mer detaljerat än sina föregångare och har med sina 50 000 fixpunkter en mycket bättre nationell täckning. *RH2000* har samma nollnivå som *RH70* (Lantmäteriet, 2010).

För att komplicera det ytterligare har Mälaren ett eget höjdsystem *Mälarens höjdsystem*. I domen från 1966 anges alla höjder i förhållande till överkanten i västra tröskeln i slussen vid Karl Johans torg. Nollpunkten vid Karl Johans torg är belägen 3,84 m under nollpunkten i *RH00* och 3,48 m under nollpunkten i *RH70* och *RH2000*. (SOU 2006:94) Relationen mellan *Mälarens höjdsystem*, *RH00*, *RH70* och *RH2000* ges i figuren nedan.



Figur. Förhållandet mellan Mälarens nivå, Saltsjöns nivå och höjdsystemen *RH00*, *RH70*, *RH2000* och *Mälarens höjdsystem* i Stockholm. Alla mått är angivna i meter. (Originalfigur från Stockholms hamnar AB, november 2000)

## BILAGA 5. NYA HÖJDDATA

Baserat på det förslag Klimat- och sårbarhetsutredningen gav avseende behov av noggrannare höjddata har Regeringen gett Lantmäteriet i uppdrag att ta fram en ny nationell höjdmodell (NNH) med högre kvalitet och upplösning.

Dagens höjddata; GSD - *Höjddata 50* + med 50 meters upplösning har ett beräknat medelfel på  $\pm 2$  meter. Detta kan ge en relativt stor felmarginal och för att hantera till exempel översvämningsrisker krävs mer detaljerade höjddata.

Den nya nationella höjdmodellen kommer att ha en upplösning på 2 meter och ett medelfel som är bättre än  $\pm 0,5$  meter. Med den nya GSD – *Höjddata 2* + fås därför en högre noggrannhet och kvalitet. Den nya höjdmodellen bygger på laserskanning. (Lantmäteriet 2011: [http://www.lantmateriet.se/templates/LMV\\_Page.aspx?id=18115](http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=18115)) För Stockholms län beräknas den nya höjdmodellen vara färdig någon gång under 2012.

För att utnyttja den nya höjdmodellen fullt ut bör man enligt Lantmäteriet ha tillgång till plansystemet SWEREF 99 och höjdsystemet RH2000 då höjdmodellen är uppbyggd i de systemen. Ett alternativ under ett övergångsskede är att transformera NNH, men detta riskerar att försämra noggrannheten. I *Infoblad N:O 16 Höjdsystem för NNH, Enhetligt Geodetiskt Referenssystem* informerar Lantmäteriet om höjdsystemen och den nya nationella höjdmodellen.

# LÄNSSTYRELSENS RAPPORTSERIE

## Utkomna rapporter under 2011

1. Nya bostäder i Stockholms skärgård – aktuella bostadsprojekt 2011, avdelningen för social utveckling
2. Klimatförändringar och Mälaren ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv, avdelningen för samhällsskydd och beredskap
3. På rätt väg? – Regional strategi för jämställdhet i Stockholms län 2008-2013, avdelningen för tillväxt
4. Tillsyn av bostadsstiftelser – granskning av 41 bostadsstiftelser 2010-2011, avdelningen för rättsliga frågor
5. Landsbygden i Stockholms län – en sammanställning i siffror, avdelningen för landsbygd
6. Skyddat boende för våldsutsatta personer – delrapport av en nationell kartläggning, avdelningen för social utveckling
7. SOL-projektet – resultat och effekter – en översikt, avdelningen för tillväxt
8. Länsstyrelsens medverkan i rullande översiktsplanering, avdelningen för planfrågor
9. Riktlinjer för bostadsförsörjning med koppling till rullande översiktsplanering, avdelningen för social utveckling
10. En dörr in – flera vägar ut – en studie av ungdomsarbetslösheten i Stockholmsregionen, avdelningen för tillväxt
11. Bottenfauna i Stockholms län 2010 – en undersökning av åtta lokaler i rinnande vatten och fyra lokaler i sjölitoral, avdelningen för miljö
12. Kiselalger i vattendrag i Norra Östersjöns vattendistrikt 2010, avdelningen för miljö
13. Bostadsmarknadsenkäten Stockholms län 2011, avdelningen för social utveckling
14. Övervakning av strandexploatering längs sötvattenstränder – metodutveckling 2010, avdelningen för miljö
15. Är våra kommuner klimatanpassade? – Ansvar, riktlinjer och åtgärder, avdelningen för samhällsskydd och beredskap
16. Entrepreneur Sthlm – effekter på det regionala rådgivningssystemet?, avdelningen för tillväxt
17. Tillgång till tobak – en undersökning om anskaffning och attityder bland gymnasieelever under 18 år i Stockholms län, avdelningen för social utveckling
18. Tema Nyanlända – slutrapport. Etablering utifrån ett helhetsperspektiv, avdelningen för tillväxt
19. Metaller och miljögifter i sediment – miljökvalitet och trender inom Stockholms stad och Stockholms län 2007, avdelningen för miljö
20. Flykting i Stockholms län – så gick det sedan ..., avdelningen för tillväxt
21. Läget i länet – bostadsmarknaden i Stockholms län 2011, avdelningen för social utveckling
22. Förvaltningsplan för stora rovdjur i Stockholms län – förvaltningsperioden 2011–2015, avdelningen för miljö
23. Hur kan vi få fler landsbygdsföretag att satsa på biogasproduktion i Uppsala och Stockholms län? – kartläggning, ekonomisk analys och handlingsplan, avdelningen för landsbygd
24. Kartläggning av riskerna för översvämning i tunnelsystemen i Stockholms län, avdelningen för samhällsskydd och beredskap
25. Klimat- och energistrategi för Stockholms län, avdelningen för miljö
26. Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden, avdelningen för samhällsskydd och beredskap
27. Talanger, spetskompetens och investeringar – en studie av tre internationella regioner, avdelningen för tillväxt
28. Stockholm – varmare, blötare. Klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län, avdelningen för samhällsskydd och beredskap







*För mer information kontakta  
avdelningen för samhällsskydd och beredskap  
Tfn: 08- 785 40 00 (vxl)  
e-post: [beredskap.stockholm@lansstyrelsen.se](mailto:beredskap.stockholm@lansstyrelsen.se)*

*Adress  
Länsstyrelsen i Stockholms län  
Hantverkargatan 29  
Box 22 067  
104 22 Stockholm  
Tfn: 08- 785 40 00 (vxl)  
[www.lansstyrelsen.se/stockholm](http://www.lansstyrelsen.se/stockholm)*