

Avdelningen för hållbar energianvändning  
Enheten för energi och samhälle  
Anna Fridén  
016-544 2336  
anna.friden@energimyndigheten

Regeringskansliet  
Näringsdepartementet  
103 33 Stockholm

**Uppdrag 23 i RB *Energisystemets sårbarhet*, delrapport**

Härmed överlämnas en delrapport avseende uppdrag 23, enligt Energimyndighetens regleringsbrev för år 2008, där myndigheten senast den 1 oktober 2008 skall delrapportera uppdraget *Energisystemets sårbarhet*. Delrapporten syftar till att utifrån befintligt underlag översiktligt redovisa energisystemets påverkan av ett framtida förändrat klimat samt en plan för det fortsatta arbetet för att uppfylla uppdraget till den sista november 2009.

Beslut i detta ärende har fattats av generaldirektören Tomas Kåberger. Vid den slutliga handläggningen har därutöver deltagit avdelningscheferna Andres Muld, Anne Norstedt, Susan Linton Royen, Zofia Lublin och Anneli Eriksson, st.f. avdelningschef Anders Lewald, t.f. avdelningschef Mathias Fock, enhetscheferna Carin Karlsson och Maria Malmkvist samt handläggaren Anna Fridén, den sistnämnde föredragande.

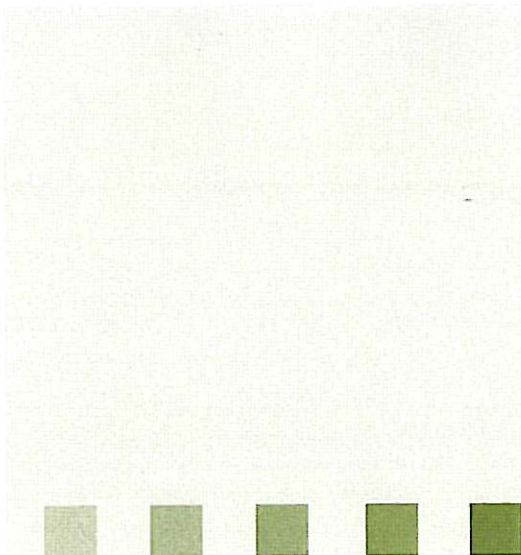


Tomas Kåberger



Anna Fridén





# **Energisystemets sårbarhet inför effekterna av ett förändrat klimat**

Delrapportering av regeringsuppdrag

ER2008:20



Böcker och rapporter utgivna av Statens  
energimyndighet kan beställas från  
Energimyndighetens publikationsservice.  
Orderfax: 016-544 22 59  
e-post: [publikationsservice@energimyndigheten.se](mailto:publikationsservice@energimyndigheten.se)

© Statens energimyndighet  
Upplaga: 200 ex

ER 2008:20

ISSN 1403-1892



## Förord


I oktober 1921 drabbades Västsverige av en våldsam snö- och isstorm som ledde till omfattande förstörelse av infrastruktur. Under rubriken "Avbrott i den elektriska strömmen" gick följande att läsa i Göteborgs Handels och Sjöfartsnytt: "Några särskilda olägenheter vållades icke ... en del luftledningar blåste ned ... man blev utan ljus här och där". Hade samma storm drabbat oss idag hade vi nog fått stå ut med en rad av olägenheter, där bortfall av ljus förmodligen är det minsta problemet. Idag är tillgången på el och annan energi en förutsättning för de flesta av samhällets funktioner. Oavsett om vi framöver kommer att utsättas för fler eller färre störningar av liknande slag är ovanstående citat *ett* exempel som visar hur vårt beroende av energi ökar.

Klimatförändringen innebär att Sverige kommer att utsättas för fler extrema vädersituationer samtidigt som vissa klimatfaktorer påverkar grundförutsättningarna för energisystemet som helhet. Sammantaget kan detta innebära att robustheten i den svenska energiförsörjningen försvagas, vilket utgör skäl till att öka samhällets samlade förmåga att förhindra och/eller hantera förväntade störningar i energiförsörjningen.

Föreliggande rapport utgör en delrapport inom ramen för uppdrag nummer 23 i Energimyndighetens regleringsbrev för 2008. Delrapporten syftar till att utifrån befintligt underlag översiktligt redovisa energisystemets påverkan av ett framtida förändrat klimat samt en plan för det fortsatta arbetet för att uppfylla uppdraget till den sista november 2009.

Arbetet med rapporten har letts av Anna Fridén på Energimyndighetens avdelning för Hållbar energianvändning. I genomförandet har en projektgrupp bestående av Anna Fridén, Anna Andersson, Urban Bergström, Linn Stengård, Erik Hedar, Matti Parikka, Ester Veibäck, Rebecka Bjurle, Towe Lindqwister och Ulf Arvidsson deltagit. De tre sistnämnda från konsultföretaget Combitech AB. Till projektet finns även en extern referensgrupp med deltagare från flera myndigheter och organisationer.

Eskilstuna i september 2008

  
Tomas Kåberger  
Generaldirektör

  
Anna Fridén  
Projektledare



## Innehåll

<b>1</b>	<b>Sammanfattning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Inledning</b>	<b>11</b>
2.1	Bakgrund.....	11
2.2	Syfte.....	11
2.3	Utgångspunkter och avgränsningar .....	13
2.4	Metod.....	13
2.5	Definitioner av begrepp .....	15
<b>3</b>	<b>Översiktlig beskrivning av energisystemet</b>	<b>17</b>
3.1	Dagsläget .....	17
3.2	Kommande förändringar i energisystemets uppbyggnad och energianvändning.....	26
<b>4</b>	<b>Väderrelaterade händelser till följd av klimattförändringen</b>	<b>29</b>
4.1	Temperaturförändringar.....	30
4.2	Nederbörd .....	32
4.3	Vind, stormar .....	35
4.4	Åska .....	36
4.5	Översvämningar och höga flöden.....	37
4.6	Högre havsvattennivå .....	37
4.7	Ras och skred.....	38
4.8	Erosion.....	38
4.9	Nedisning.....	39
<b>5</b>	<b>Energisystemets sårbarhet för extrema väderrelaterade händelser</b>	<b>41</b>
5.1	Befintlig kunskap om sårbarheter .....	42
5.2	Behov av mer kunskap.....	54
<b>6</b>	<b>Övriga konsekvenser för energisystemet</b>	<b>57</b>
6.1	Befintlig kunskap.....	57
6.2	Behov av mer kunskap.....	60
<b>7</b>	<b>Summering och plan för fortsatt arbete</b>	<b>65</b>
7.1	Behov av nya utredningar.....	65
7.2	Utforma åtgärdsförslag.....	72
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>74</b>
8.1	Övrig läst litteratur.....	75
	<b>Bilaga 1 – Översiktlig bild över energisystemets processer och aktörer</b>	<b>76</b>



# 1 Sammanfattning

Ett framtida förändrat klimat kommer att påverka sårbarheten i den svenska energiförsörjningen. Ökad nederbörd och kraftigare skyfall leder till att risken för ras, skred och översvämning ökar. Andra exempel på väderrelaterade hot som eventuellt kan öka är extrema värmeböljor, storm, åska, blötsnö och nedisning. Dessa väderfenomen utgör redan idag hot mot det svenska energisystemet. Med en ökad frekvens och intensitet i dessa hot finns goda skäl till att öka samhällets samlade förmåga att förhindra och hantera störningar i energiförsörjningen.

Tryggheten i energiförsörjningen kan även påverkas av förändringar med avseende på det årliga mönstret för energianvändning, tillrinningsmönster för vattenkraften, högre kylvattentemperaturer och förändringar i biobränslehanteringen. Var för sig utgör inte någon av dessa förändringar en uppenbart större sårbarhet i energiförsörjningen, men i kombination kan de medföra att robustheten i den svenska energiförsörjningen försvagas. Utredningar för att få ökad kunskap och för att kunna göra en analys kring konsekvensernas påverkan på varandra kommer därför vara av stor vikt för Energimyndighetens fortsatta arbete.

Med det förändrade klimatet ökar således sårbarheterna i det svenska energisystemet på flera sätt. Detta kommer att ställa krav på ytterligare åtgärder för att förbättra förmågan att förhindra och hantera energikriser. Eftersom en trygg energiförsörjning berör så många så kommer insatser på nationell, regional och kommunal nivå att behövas. Samtidigt som både privata och offentliga aktörer måste involveras.

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande, "Sverige inför klimatförändringarna" (SOU 2007:60) lämnades förslag om att Energimyndigheten skulle få i uppdrag att analysera energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser. Detta uppdrag skrevs sedan i myndighetens regleringsbrev för 2008:

## **23 Energisektorns sårbarhet**

*Energimyndigheten ska, efter samråd med Svenska Kraftnät, analysera energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser som stormar, översvämningar, ras och skred och föreslå åtgärder att vidta på statlig, kommunal respektive privat nivå. Särskilt bör störningar för tredje man beaktas. Uppdraget ska avrapporteras senast den 30 november 2009 med en delrapportering den 1 oktober 2008.*

Energimyndigheten har utökat regleringsbrevets uppdrag till att omfatta energisystemets sårbarhet till följd av ett förändrat klimat, där extrema väderhändelser utgör en del. Bakgrunden till detta är att myndigheten bedömde att

det saknas tillräckligt underlag för att bedöma hur det svenska energisystemet som helhet kommer att påverkas och förändras till följd av klimatförändringen. Myndighetens studie syftar således till att dels uppfylla regleringsbrevet uppdrag, dels att skapa en mer heltäckande bild avseende energisystemets påverkan av klimatförändringens effekter.

Denna rapport utgör den delrapport som enligt regleringsbrevets uppdrag ska vara inlämnad den 1 oktober 2008. Delrapporten syftar till att utifrån befintligt underlag redovisa klimatförändringens översiktliga påverkan på energisystemet samt en plan för det fortsatta arbetet inom projektet.

Hittills har arbetet inom ramen för projektet fokuserat på att analysera och kritiskt granska befintligt underlag. De dokument som hittills har studerats är:

- Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60)
- Bilagor till Klimat- och sårbarhetsutredningen
- Referenser till Klimat- och sårbarhetsutredningen
- Remissvar gällande Klimat- och sårbarhetsutredningen
- Några övriga dokument som Energimyndigheten bedömde vara av relevans.

Energimyndigheten har vid genomgången av dessa utredningar noterat att vissa delar av energisystemet saknar analys/beskrivning. Samtidigt är andra delar för översiktliga eller förbiser relevanta frågor. Det finns således behov av att genomföra flera delutredningar i syfte att samla ytterligare underlag till den slutrapport som ska levereras i november 2009.

Energimyndigheten har identifierat drygt tio områden där det finns behov av fördjupande studier. Dessa kan delas in i fem kategorier, där de tre första kategorierna i huvudsak är knutna till uppdraget enligt regleringsbrevet och de två sista är mer knutna till Energimyndighetens utvidgning av projektet.

## **1 Klimatdata från andra myndigheter**

Det behövs en sammanställning av underlag avseende den framtida klimatförändringen och kartläggning av områden utsatta för t.ex. ras, skred och översvämning. Underlag finns hos t.ex. SMHI, SGU (Sveriges Geologiska Undersökning) och Räddningsverket men det behöver sammanställas på för att göra underlaget översiktligt och inkludera prognoser för de närmaste 40–50 åren. Sammanställt material kommer att utgöra underlag för övriga utredningar och slutrapporten.

## **2 ”Väderhotade” anläggningar**

Det fordras en övergripande kartläggning kring vilka geografiska områden som ligger inom riskzonen för extrema vädersituationer inom de närmaste 40–50 åren samt vilka anläggningstyper inom energiförsörjningen som är särskilt känsliga för extrema vädersituationer. Därefter kan en bedömning göras om det finns särskilt hotade anläggningar eller anläggningstyper samt om det finns områden som inte

bör bebyggas med nya energianläggningar. Särskilt fokus kommer att läggas på översvämning, ras och skred, eftersom det är inom detta område som myndigheten har identifierat brister i genomgången material. Beroende på resultaten i studierna enligt kategori 1 kan även andra väderfenomen behöva inkluderas.

### **3 Internationella studier och kontakter**

Det krävs utredningar och kontakter med våra grannländer för att kartlägga vad de har gjort inom ramen för energi, klimat och sårbarhet. Även en övergripande analys kring hur omvärldens sårbarhet påverkar Sveriges energiförsörjning är av intresse.

### **4 Framtidens energiförsörjning och behov**

Det behövs analyser kring hur det framtida energisystemet avseende tillförsel, omvandling, distribution och användning av energi kommer att se ut. Denna analys krävs för att kunna göra bedömningar kring hur det framtida energisystemet kommer att påverkas av klimatförändringens effekter.

### **5 Underlag för bedömningar av sårbarheter i ett systemperspektiv**

Det fordras flera mer underlag för att ur ett systemperspektiv kunna bedöma klimatförändringens påverkan på energiförsörjningen. Hit räknas utredningar om t.ex. vattenkraftens ökade potential, biobränslehanteringen och värmekraftens påverkan av höjda kylvattentemperaturer.

Energimyndigheten anser att samtliga ovanstående delutredningar behövs i det fortsatta arbetet med att identifiera sårbarheter kopplade till klimatförändringen och dess påverkan på energiförsörjningen. Arbetet bedöms vara relativt omfattande och myndigheten kommer att behöva genomföra vissa prioriteringar bland delutredningarna. Prioriteringar kommer att ske inom ramen för det av Energimyndigheten utökade uppdraget och framför allt avse när i tiden delutredningarna ska utföras.

Energimyndighetens fortsatta arbete kommer bland annat att omfatta en utredning kring befintliga och nya åtgärder. Resultatet från utredningen om åtgärder kommer, tillsammans med redan framtagna material samt ovanstående delutredningar och analyser, att utgöra underlag för Energimyndighetens slutrapport. Slutrapporten kommer mer djupgående att beskriva energisystemets sårbarheter inför den framtida klimatförändringen samtidigt som den lämnar förslag på åtgärder på statlig, kommunal och privat nivå.





## 2 Inledning

### 2.1 Bakgrund

Den 1 oktober 2007 presenterade Klimat- och sårbarhetsutredningen sitt slutbetänkande "Sverige inför klimatförändringarna" (SOU 2007:60). I slutbetänkandet föreslogs bland annat att Energimyndigheten skulle få i uppdrag att analysera energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser. Remissvar gällande Klimat- och sårbarhetsutredningen skulle vara inlämnat den 21 januari 2008. Vid den tidpunkten hade Energimyndigheten redan erhållit regleringsbrevet för 2008. Av regleringsbrevet framgår följande uppdrag:

#### **23 Energisektorns sårbarhet**

*Energimyndigheten ska, efter samråd med Svenska Kraftnät, analysera energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser som stormar, översvämningar, ras och skred och föreslå åtgärder att vidta på statlig, kommunal respektive privat nivå. Särskilt bör störningar för tredje man beaktas. Uppdraget ska avrapporteras senast den 30 november 2009 med en delrapportering den 1 oktober 2008.*

Uppdraget enligt regleringsbrevet är formulerat i stort sett likadant som Klimat- och sårbarhetsutredningens föreslagna uppdrag. I Energimyndighetens remissvar (dnr 02-07-5396) angående utredningens föreslagna uppdrag till myndigheten framfördes följande:

*Energimyndigheten tillstyrker förslaget. Uppdraget bör dock även omfatta energisystemets sårbarhet till följd av klimatförändringar och inte bara sårbarhet vid extrema väderhändelser. Det saknas idag tillräckligt underlag för att bedöma hur det svenska energisystemet som helhet kommer att behöva förändras till följd av klimatförändringarna. Sett ur ett systemperspektiv kommer flera delar av energisystemet att påverkas. Några exempel är att förbrukningskurvor och tillrinningsmönster, kraftvärmeverkens värmeunderlag och kärnkraftverkens kylvattentemperaturer med stor sannolikhet kommer att påverkas. Även dessa förändringar kräver fortsatt utredning.*

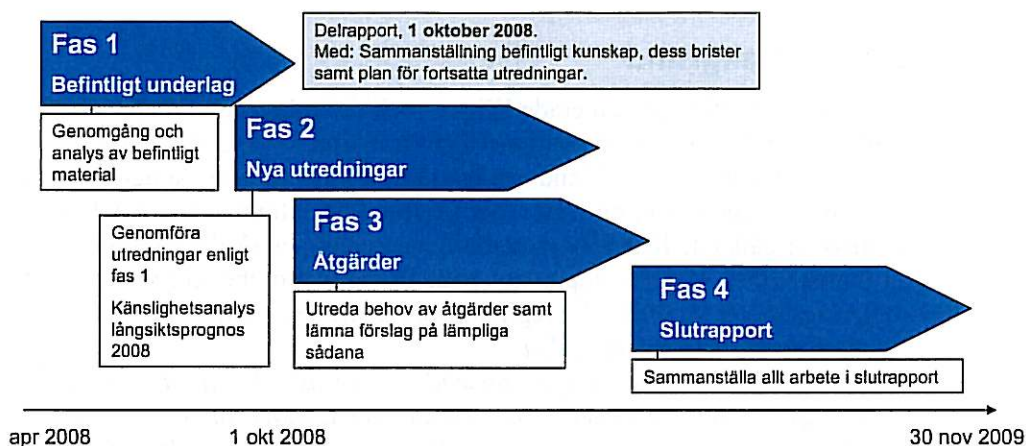
Mot denna bakgrund omfattar Energimyndighetens föreliggande rapport fler frågor än de som formulerats i myndighetens regleringsbrev. Detta för att skapa en helhetsbild när det gäller energisystemets påverkan av klimatförändringens effekter.

### 2.2 Syfte

Energimyndighetens studie syftar till att dels genomföra uppdraget som finns formulerat i Energimyndighetens regleringsbrev, dels skapa en helhetsbild avseende energisystemets påverkan av klimatförändringens effekter.

### 2.2.1 Tidplan

Studien genomförs i fyra faser enligt följande figur.



Figur 1. Översiktlig tidplan för Energimyndighetens studie.

#### *Fas 1, Befintligt underlag*

I fas 1 sker en genomgång av befintliga underlag och utredningar. Det befintliga underlaget sammanställs och granskas kritiskt för att skapa en bild av det aktuella kunskapsläget samt för att göra en plan för vad som behöver utredas ytterligare. Fas 1 resulterar i en delrapport (föreliggande rapport), som utgör delrapportering till Näringsdepartementet enligt regleringsbrevet.

#### *Fas 2, Nya utredningar*

I fas 2 ska de utredningar som föreslås i fas 1 genomföras. Fas 2 resulterar i ett antal delrapporter som ska utgöra underlag för slutrapporten.

#### *Fas 3, Utforma åtgärdsförslag*

I fas 3 kartläggs befintliga förslag och behov av åtgärder på statlig, kommunal och privat nivå. Detta kräver utredning kring:

- befintliga åtgärder för att hantera dagens vädersituationer och framtida konsekvenser av klimatförändringens påverkan på energisystemet
- vilka effekter som kan kräva särskilda åtgärder för energisektorn
- tänkbara förslag till åtgärder.

Fas 3 resulterar i en underlagsrapport till slutrapporten.

#### *Fas 4, Slutrapportering*

I fas 4 sammanställs allt arbete i en slutrapport. Rapporten utgör slutredovisning till Näringsdepartementet.

## **2.3 Utgångspunkter och avgränsningar**

Studiens faktainsamling och analyser avser år 2050. Detta tidsperspektiv är valt med hänsyn till att energianläggningars livscyklar är 30–70 år, vilket innebär att en relativt stor del av de anläggningar som finns i dag även kommer att finnas år 2050. Dessutom beror klimatförändringen under de närmaste 30–40 åren på historiska utsläpp, vilket innebär att klimatförändringen inte går att påverka i det valda tidsperspektivet. Tidsperioden från nu fram till år 2050 är också intressant att studera avseende klimatförändringens effekter på energiförsörjningen, men detta har inte gjorts inom ramen för denna inledande studie.

Studien behandlar sårbarheter ur ett svenskt perspektiv.

När det gäller dammsäkerhet behandlar studien området utifrån aspekten ”möjligheten att producera el i vattenkraftverk”. Således förs det i rapporten inte något resonemang kring dammsäkerhet, eftersom det huvudsakligen ligger på andra myndigheter att beakta klimatförändringens effekter på dammsäkerheten och utveckla det området ytterligare. Motsvarande utgångspunkt gäller för kärnkraften.

## **2.4 Metod**

Faktainsamling har främst skett genom litteraturstudier enligt följande gruppering:

- Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60)
- Bilagor till Klimat- och sårbarhetsutredningen
- Dokument som Klimat- och sårbarhetsutredningen refererar till
- Remissvar gällande Klimat- och sårbarhetsutredningen
- Övriga dokument som bedömdes vara relevanta.

Av kapitel 8 framgår vilka dokument som utgör referenslitteratur till rapportens innehåll och vilken litteratur som i övrigt har beaktats i denna fas av studien.

### **2.4.1 Forum för externt samråd**

För att skaffa kunskap, föra diskussioner och genomföra samråd med berörda aktörer har en referensgrupp med representanter från andra myndigheter, kommuner, länsstyrelser och branschorganisationer skapats.

Kontaktpersoner och deltagare i referensgruppen är:

Svenska Kraftnät	Sture Larsson
Strålsäkerhetsmyndigheten	Lars Skånberg
Krisberedskapsmyndigheten	Anna Nyman
Energimarknadsinspektionen	Remy Kolessar
Länsstyrelsen Västra Götalands län	Lennart Olofsson
Sveriges Kommuner och Landsting	Bo Ruthberg
Svensk Energi	Gun Åhrling-Rundström
Svensk fjärrvärme	Charlotta Abrahamsson
Svenska Gasföreningen	Hans Åkesson
Svenska Bioenergiföreningen	Kjell Andersson
Svenska Petroleum Institutet	Göran Lindell
Teknikföretagen	Maria Sandqvist

Skogsstyrelsen har, efter inbjudan att delta i referensgruppen, låtit meddela att de vill fortsätta följa projektet och ska inom kort ge besked om huruvida de kan bemanna referensgruppen.

Av uppdragsbeskrivningen i regleringsbrevet framgår att analysen ska ske efter samråd med Svenska Kraftnät. Detta genomförs inom ramen för den externa referensgruppen.

## 2.5 Definitioner av begrepp

I följande tabell är några av rapportens termer och begrepp definierade.

Begrepp	Förklaring	Källa
<i>Klimat- och väderrelaterade begrepp</i>		
Erosion	Nötning och skulptering av berggrund och jordtäcke genom rinnande vatten, vind, vågor eller glaciäris.	NE (Internet, 2008-06-05)
Extrem väderhändelse	Väderrelaterad händelse som medför mycket stora störningar i energiförsörjningen och därmed sätter samhällets förmåga att hantera den uppkomna situationen på svåra prov.	Definierat inom denna studie.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC is a scientific intergovernmental body set up by the World Meteorological Organization (WMO) and by the United Nations Environment Programme (UNEP).  På svenska kallas denna panel ofta för FN:s klimatpanel.	<a href="http://www.ipcc.se">www.ipcc.se</a>
Jordskred	Snabb massrörelse i jordtäcket över en eller flera glidytor. Kända exempel i Sverige är de s.k. rotationsskreden i Götaälv-dalen vid Surte (1950), Göta (1957) och Tuve (1977). De hade skålformade glidytor på flera meters djup i lera och vållade förluster av hus och människoliv. Små, ytliga jordskred i fjällen utlöses av stark genomdränkning av vatten. De når ca 1 m djupt, är ca 3–20 m breda och övergår till snabbt flytande slamströmmar. Stora lerskred kan dämna älvar och bilda flodvågor som dränker hus och människor.  Ras är till skillnad från skred massrörelser av sten eller jord som faller i luftfärd utför en bergvägg eller rasbrant.	NE (Internet, 2008-06-05)
Klimat	Genomsnittliga väderleksförhållanden inom ett större område. (NE Ordbok)  De meteorologiska elementens statistiska egenskaper, såsom medelvärden, standardavvikelser, högsta och lägsta uppmätta värden m.m. De viktigaste klimatelementen är nederbörd och lufttemperatur samt luftfuktighet, lufttryck och vind. Molnigheten och förekomsten av dimma, frost, åska och stormar räknas också till klimatet, liksom temperaturen på olika djup i marken. Ibland räknas även atmosfärkemiska variabler, t.ex. halten av stoft och luftföroreningar, som klimatelement. (NE)	NE (Internet, 2008-09-04)
Skred	Släntrörelse huvudsakligen i silt- och lerjordar men även i annat jord- och bergmaterial där rörelsen sker utefter ett eller flera glidplan inne i slutningen. Se jordskred och lavin. En rörelse av material i fritt fall kallas ras.	NE (Internet, 2008-06-05)

Begrepp	Förklaring	Källa
Väder	Rådande tillstånd i fråga om vind, nederbörd, temperatur och liknande naturföreteelser i den närmast omgivande atmosfären; på viss plats, vid visst tillfälle el. under viss tidrymd. (NE Ordbok)  Atmosfärens tillstånd vad gäller förekomsten av vatten i olika former, t.ex. ånga, moln och nederbörd, samt luftens fysiska egenskaper som tryck, temperatur och rörelse, t.ex. vind. Vädret förändras ständigt på ett sätt som är delvis regelbundet, delvis oregelbundet; ordet väder används därför även om växlingarna i atmosfärens tillstånd. (NE)	NE (Internet, 2008-09-04)
Nedisning	Det finns olika typer av atmosfärisk nedisning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Molnnedisning uppkommer då luftens vattenånga övergår till iskristaller vid temperaturer under 0 °C.</li> <li>• Nederbördsnedisning uppkommer då nederbördsdroppar fryser fast vid kollision med en konstruktion.</li> </ul> Både moln- och nederbördsnedisning kan ge upphov till s.k. isbark och blankis. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isbark växer till under torra förhållanden: allt vatten fryser vid sammanstötning med t.ex. kraftledningen.</li> <li>• Blankis växer under våta förhållanden (endast en del av det tillgängliga vattnet fryser till direkt).</li> </ul>	Elforsk 2007a
<i>Energisystemrelaterade begrepp</i>		
Salix	Salix är det vetenskapliga namnet på ett släkte videväxter med ca 300 arter lövfällande träd (uppemot 30 m höga), buskar och låga, ibland krypande ris, mest i norra halvklotets kalla och tempererade regioner. Vissa arter odlas som energiskog. Till släktet förs pilar, viden och sälgar.	NE (Internet, 2008-09-09)
HBV-modell	SMHI:s HBV-modell används vid prognostisering av tillrinningen till vattenkraftssystemens regleringsmagasin och vid varningar för översvämning. Vidare kan modellen nyttjas för dimensionsberäkningar åt vattenkraftindustrin, beräkning av vattenföring på platser där mätningar saknas samt för konsekvensanalys av effekter av miljöförstörande verksamhet i vattendrag.	<a href="http://www.smhi.se">www.smhi.se</a>
<i>Övriga begrepp</i>		
Krisberedskap	Förmågan att genom utbildning, övning och andra åtgärder samt genom den organisation och de strukturer som skapas före, under och efter en kris förebygga, motstå och hantera krissituationer.	Prop. 2007/08:92.
Trygg energiförsörjning	Energisystemets kapacitet, flexibilitet och robusthet att leverera energi i önskad omfattning i tid och rum enligt användarnas behov och till en accepterad kostnad samt marknadens, offentlig sektors och användarnas samlade krishanteringsförmåga.	Energimyndigheten 2008a

### 3 Översiktlig beskrivning av energisystemet

De tekniska systemen för energiförsörjningen levererar tjänster (el, värme, drivmedel) som är helt nödvändiga för att samhället ska fungera. Om systemens förmåga att leverera dessa tjänster reduceras eller helt upphör, äventyras såväl den enskildes liv och hälsa som möjligheterna att upprätthålla nödvändiga samhällsfunktioner. Det är därför viktigt att delarna i energisystemet klarar att motstå olika störningar.

Energimyndigheten ger årligen ut publikationerna Energiläget och Energiindikationer. De publikationerna samt dokumentet "Trygg energiförsörjning 2007 – En översiktlig analys av risker och sårbarheter i energiförsörjningen" ligger till grund för beskrivningarna i kapitel 3.1.

Den läsare som är förtrogen med energisystemets utformning kan direkt börja läsa kapitel 3.2.

#### 3.1 Dagsläget

Energisystemet, som illustreras i bilaga 1, är komplext och rymmer många processer och aktörer med olika roller.

- Bränslen (kol, olja, naturgas, uran, biobränslen m.m.) utvinns och/eller magasineras (vatten).
- Bränslen förädlas (drivmedel, stadsgas, kärnbränsle, biobränsle m.m.) i raffinaderier eller bränslefabriker.
- Bränslen omvandlas till el och värme i kraftverk eller i industrier.
- Energibärarna distribueras i olika former av ledningsnät (el, fjärrvärme, gas m.m.) eller till tankstationer (drivmedel).
- Energin används t.ex. för uppvärmning och kylning av bostäder och lokaler, transporter, samt som insatsvara i industrin.

De följande kapitlen beskriver vardera en av tre "processdelar" i energiförsörjningen: *Energins ursprung och omvandling*, *Leverans av energi till slutanvändarna* samt *Slutanvändning av energi*. I respektive kapitel fördelas beskrivningarna sedan på respektive energibärare/nyttområde.

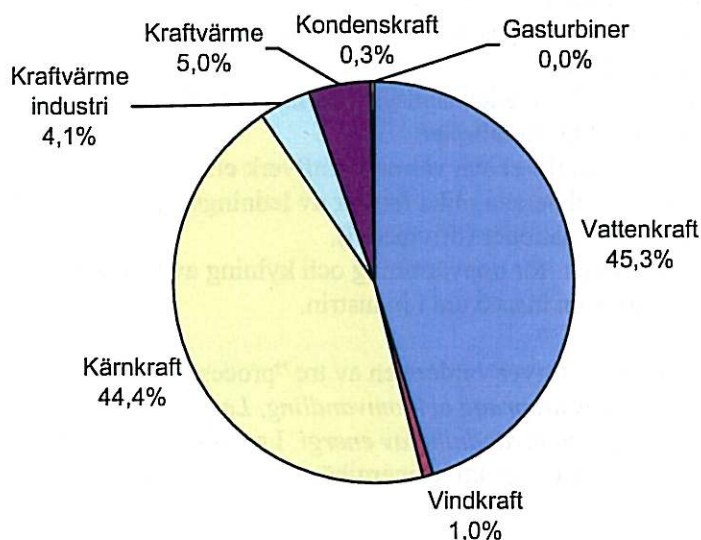


### 3.1.1 Energins ursprung och omvandling

#### El

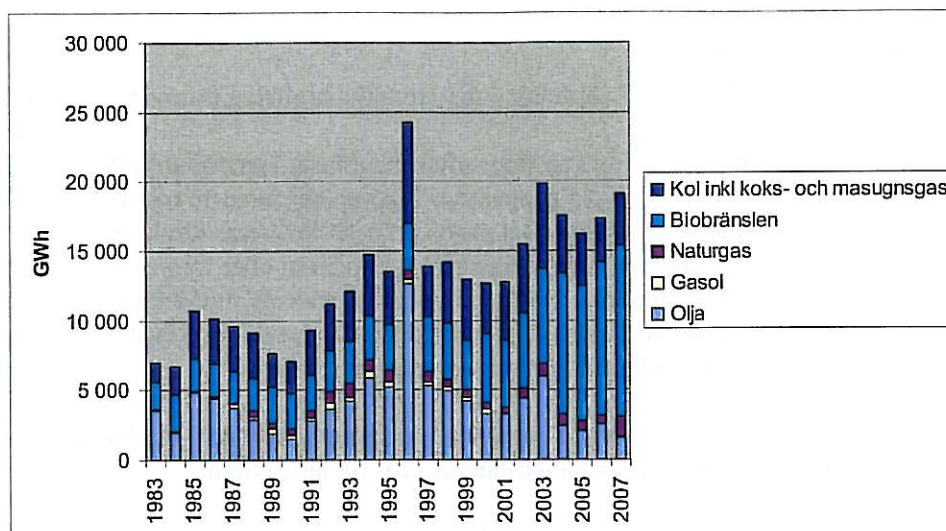
Elförsörjning intar en särställning inom energisystemet eftersom el oftast är en förutsättning för i stort sett all annan energiförsörjning. Elförsörjningen i Sverige kan anses vara ett robust system med få stora störningar dvs. drabbar stora delar av landet. Störningar kan dock ske och ett särskilt problem är att elen produceras i samma ögonblick som den konsumeras, dvs. produktion och förbrukning måste hållas i balans (effektbalans). Elförsörjningen är inte nationell utan Sverige är elektriskt sammankopplat med bland annat övriga nordiska länder. Detta är en styrka genom att många produktionsanläggningar är sammankopplade och gör systemet mer stabilt. Det kan dock vara en svaghet när det uppstår stora produktionsbortfall och/eller störningar i elnäten. Konsekvenserna är oftast omedelbara och drabbar områden i varierande storlek. I normal drift och i övervägande delen av tiden (ca 99 procent) fungerar detta system.

Elproduktionens fördelning mellan olika kraftslag framgår av Figur 2. Sveriges elproduktion baseras i huvudsak på kärnkraft och vattenkraft – endast en mindre del utgörs av förbränningsbaserad produktion. Numera är biobränsle det mest dominerande bränslet för den förbränningsbaserade elproduktionen. Av Figur 3 framgår fördelningen av olika bränslen för elproduktion. Oljebaserade bränslen används i begränsad utsträckning som bränsle i kraftvärmeanläggningar och i de elproduktionsanläggningar som nyttjas vid hög elanvändning (effektreserv) och vid allvarliga störningar i det svenska elnätet (s.k. störningsreserv).



Figur 2. Sveriges elproduktion per kraftslag år 2007. Källa: Energimyndigheten 2008e med tillhörande siffermaterial.





**Figur 3. Den bränslebaserade elproduktionen fördelad på olika kraftslag 1983–2007. Källa: Energimyndigheten 2008e med tillhörande siffermaterial.**

*Kortfakta el:*

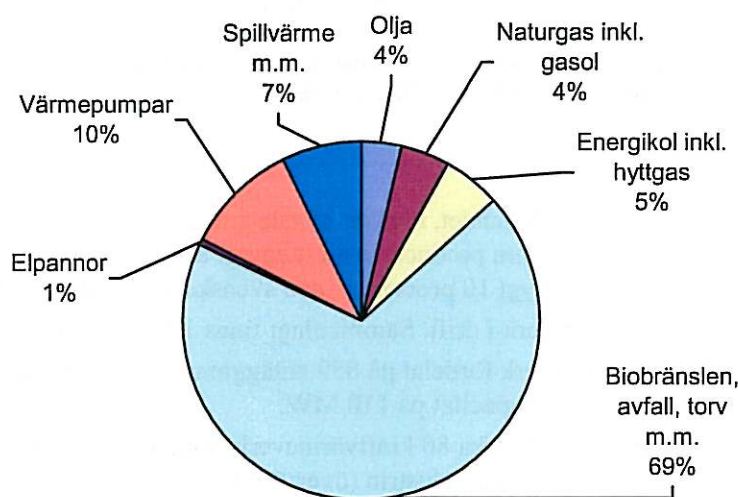
- Vattenkraftverk finns i hela landet, men de största anläggningarna finns i Norrland. Det vattendrag som producerar mest energi är Luleälven, vars totala elproduktion motsvarar drygt 10 procent av den svenska årliga elanvändningen.
- Sverige har tre kärnkraftverk i drift. Sammanlagt finns 10 reaktorer.
- Det finns 1003 vindkraftverk fördelat på 859 anläggningar, varav Lillgrund är störst med en produktionskapacitet på 110 MW.
- Elproduktion sker även vid cirka 80 kraftvärmeverk, som utöver el även producerar fjärrvärme. I övriga industrin (övervägande skogsindustrin) finns ytterligare cirka 50 kraftvärmeverk (mottryck), som utöver el även producerar processånga eller värme. Elproduktionen från kraftvärmeverken har gradvis ökat sedan 1990.
- Kondenskraftverken är oljeeldade och används när det finns risk för brist på elenergi eller eleffekt.
- Gasturbiner används mest som reservaggregat och vid mycket högt elbehov i landet.
- Sverige är direkt sammankopplat med elsystemen i Danmark, Finland, Norge, Tyskland och Polen. Indirekt hänger Sverige dessutom samman med andra länder i Europa genom att de länderna har förbindelser till de uppräknade länderna.
- Den totala överföringskapaciteten i förbindelserna med grannländerna motsvarar drygt en fjärdedel av den totala installerade produktionseffekten inom landet. Nyttjandet av förbindelserna sker enligt strikt marknadsmässiga villkor.

### Fjärrvärme och kyla

Fjärrvärmeproduktionens fördelning mellan olika kraftslag framgår av Figur 4.

Vid produktionsanläggningarna finns oftast begränsat lagringsutrymme av biobränslen, som kräver 3–25 gånger mer lagringsutrymme än olja för motsvarande energiproduktion. Det mesta bränslet levereras direkt till anläggningen från skogen, skogsindustrin, torvmossen eller från ett mellanlager hos leverantören/tillverkaren. Nästan all inhemsk transport av bränsle sker med lastbil, medan importerat bränsle huvudsakligen levereras med fartyg. Uppemot 10 procent av biobränslet till fjärrvärmeverken importeras.<sup>1</sup>

Kyla och värme utvinns även i begränsad omfattning från luft, mark och vatten i produktionsanläggningar och distribueras i rör till användarna.



Figur 4. Fjärrvärmeproduktionen uppdelad på energibärare. Källa: Energimyndigheten 2008e med tillhörande siffermaterial.

#### Kortfakta fjärrvärme och kyla:

- Fjärrvärme svarar för cirka hälften av det totala uppvärmningsbehovet.
- De flesta fjärrvärmeverk kan nyttja flera olika bränslen. Denna flexibilitet har ökat dramatiskt jämfört med 1970-talets ensidiga oljeberoende.
- Biobränslen står för cirka två tredjedelar av bränsletillförseln.
- En stor värmeeffekt finns i oljepannorna, som körs sällan men finns för spetslast och reserv.
- Distributionsnät för fjärrkyla finns på cirka 30 orter.

<sup>1</sup> De undersökningar som gjorts om biobränsleimport pekar på mellan 5 till 9 TWh vilket gör importen till en betydande bränslekälla. Merparten av importen går till fjärrvärmeförsörjningen.

### *Olja och drivmedel*

Sverige importerar i dag råolja huvudsakligen från Nordsjön och Ryssland. Det sker oftast med kort framförhållning per leverans. Importen från Ryssland har ökat markant de senaste åren på grund av logistiska och ekonomiska fördelar. Råoljan kommer till Sverige till hamnarna i Göteborg och i Lysekil.

#### *Kortfakta olja och drivmedel:*

- Det finns tre raffinaderier i Sverige som tillverkar bränsle och eldningsolja: Preem raffinaderi i Lysekil och Göteborg samt Shell raffinaderi i Göteborg.
- Sverige exporterar cirka hälften av de oljeprodukter som produceras vid de svenska raffinaderierna.
- De förnybara drivmedlen utgör cirka tre procent av den totala energianvändningen inom transportsektorn, där etanol står för den största delen.
- Cirka 80 procent av etanolen importeras.

### *Naturgas*

Naturgas importeras och används främst som bränsle i el- och fjärrvärme-produktion samt inom industrin. All naturgas importeras från Danmark i en enda ledning, som i sin tur är förbunden med det europeiska naturgassystemet.

### *Biobränslen*

Huvuddelen av de biobränslen, torv och avfall som används i det svenska energisystemet är inhemskt producerad och utgörs av:

- Trädbränslen, oförädlade (bark, spån, returträ, avverkningsrester och energiskog) och förädlade (briketter och pellets)
- Returlutar och tallbeckolja (mellan- och biprodukter vid kemisk massatillverkning)
- Torv
- Brännbart avfall från industrier, hushåll m.m.
- Etanol: i ren form till industrin och som inblandning i 95 oktanig bensin samt som huvudingrediens i fordonsbränslena E85 och E92.

### 3.1.2 Leverans av energi till slutanvändare

#### *El*

Det svenska elnätet kan principiellt delas in i tre nivåer:

- **Stamnät;** utgörs av ledningar med spänningsnivåerna 220 000 och 400 000 volt. Stamnätet ägs av Svenska Kraftnät.
- **Regionnät;** ansluter till stamnätet och har en lägre spänningsnivå, vanligtvis 40 000–130 000 volt. Regionnäten transporterar el från stamnätet till lokalnäten och i vissa fall direkt till större förbrukare. Cirka fem företag driver regionnät.
- **Lokalnät;** ansluter till regionnäten och transporterar el till hushåll och de flesta industrier. I de lokala näten omvandlas elen bland annat till den normala hushållsspänningen 400/230 volt. Det finns cirka 170 lokalnätsföretag.

Det svenska elnätet omfattar totalt 528 000 km ledning, varav drygt hälften utgörs av jordkabel, dvs. ledningarna är förlagda under markytan. Andelen jordkabel i lokalnäten ökar i takt med att elnätsföretagen "vädersäkrar elnäten". Stamnät och regionnät är normalt "maskade", vilket innebär att det finns inbyggda möjligheter att överföra el andra vägar vid fel på en enstaka ledning.

#### *Fjärrvärme och fjärrkyla*

Både fjärrvärmenät och fjärrkylanät är lokala, dvs. knutna till en ort eller ett fåtal orter.

Ett fjärrvärmenät består av ledningar som i huvudsak är nergrävda i mark. För att cirkulera värmebäraren, t.ex. hetvatten, i fjärrvärmenätet fram till varje kund används pumpar som normalt finns vid produktionsanläggningarna. När ett fjärrvärmenät består av flera produktionsanläggningar eller är av större karaktär krävs det ofta även att det finns pumpstationer ute i fjärrvärmenätet.

#### *Kortfakta leverans av fjärrvärme och kyla:*

- Fjärrvärmenätets storlek kan variera mellan 1 km till över 800 km långa.
- Fjärrvärmenät kan sträcka sig över flera orter och kommungränser.
- Fjärrkylanätets storlek varierar från en kund till över 300 kunder i de cirka 30 fjärrkylanät som finns.

### *Olja och drivmedel*

Färdiga oljeprodukter, vare sig de kommer från ett inhemskt raffinaderi eller från utländska leverantörer, lagras i allmänhet till att börja med i oljedepåer i speciella oljehamnar. Därefter transporteras de med tankbil till bensinstationer, villaägare och andra slutkunder.

#### *Kortfakta leverans av olja och drivmedel:*

- Det finns cirka 27 orter med en eller flera oljedepåer. Merparten av oljedepåerna är belägna längs kusten.
- Transporten till oljedepåerna sker med tankfartyg, järnvägstankvagnar (till Karlstad, Jönköping) eller i mindre omfattning med tankbil till små inlandsdepåer.
- Antalet tankbilar har halverats de senaste åren och det finns nu cirka 650 tankfordon för transporter från depåer till förbrukare/stationer.
- Det finns cirka 3 700 bensinstationer i Sverige, varav knappt 2 000 är obemannade.
- Leveranser av bensin och diesel till stationer i landsbygd sker cirka varannan vecka och till stationer i tätort 2–3 gånger per vecka.

### *Naturgas*

Det svenska naturgassystemet är koncentrerat till västkusten längs det ledningsnät som löper från Trelleborg till Stenungssund, och vidare till Gislaved i Småland. Naturgasnätet sträcker sig för närvarande genom ett trettio-tal kommuner och bidrar till knappt 2 procent av landets totala energiförsörjning. I de regioner där naturgasnätet är utbyggt står gasen för ungefär 20 procent av energianvändningen.

I de s.k. transmissionsledningarna sker de långväga transporterna i rör under högt tryck. Därefter sker tryckreducering i s.k. mät- och reglerstationer innan de lokala distributionsnäten tar vid. Transporten av naturgas till konsumenter sker huvudsakligen i rörledningar som är nedgrävda.

I Sverige finns ett gaslager som klarar cirka tre dygns förbrukning. Vid framförhållning kan ytterligare cirka ett dygns förbrukning förvaras i transmissionsledningarna genom tryckhöjning (s.k. line packing).

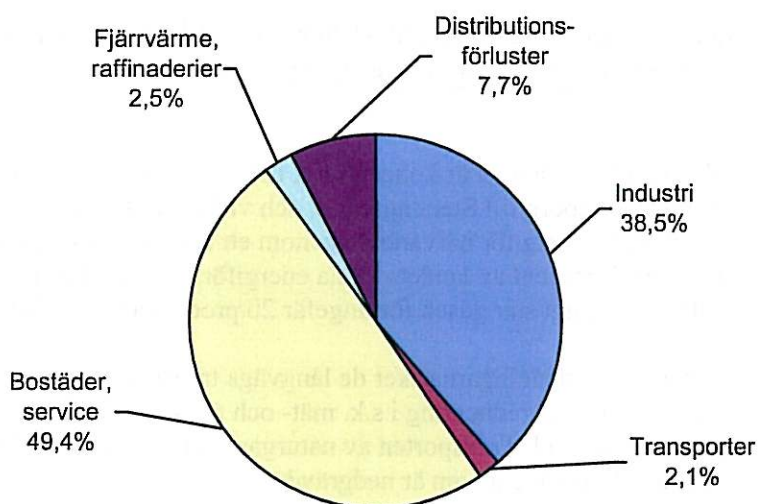


### 3.1.3 Slutanvändning av energi

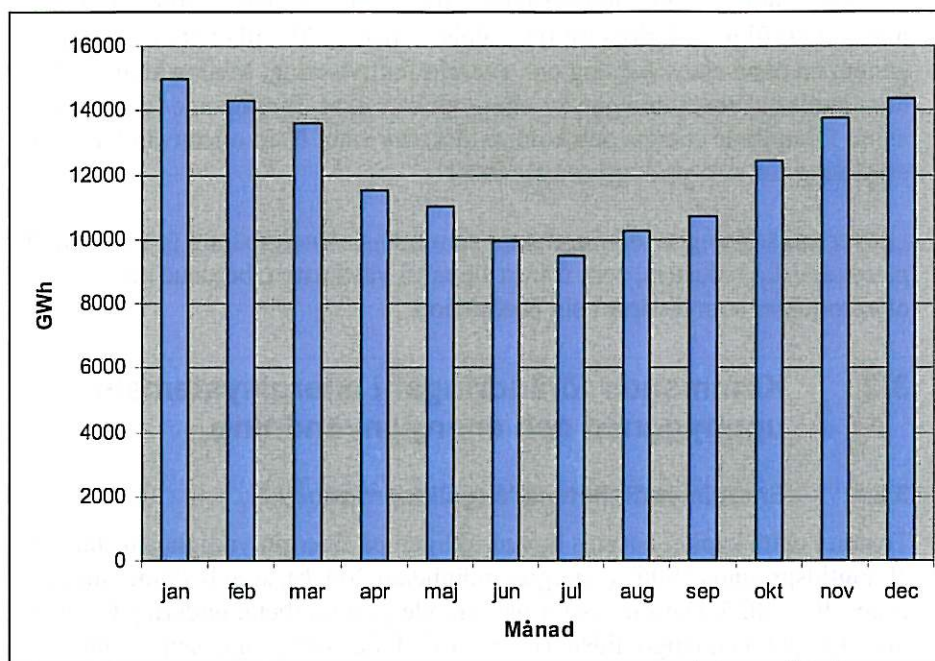
#### El

Det är bara tre länder i världen som har en högre elanvändning per invånare än Sverige. Den höga elanvändningen beror på en stor andel elintensiv industri, ett kallt klimat och en hög andel elvärme – cirka 23 procent av småhusen har enbart el som uppvärmningsform. Sektorn bostäder, service m.m. står för hälften av elanvändningen i Sverige och industrin svarar för knappt 40 procent, se Figur 5.

Elanvändningen varierar med utomhustemperaturen, industrikonjunkturen och semesterperioder. Under t.ex. juli används cirka 40 procent mindre el än under januari, se Figur 6. Perioden oktober–mars står normalt för cirka 60 procent av den totala årsanvändningen av el. Belastningstoppen under året inträffar normalt sett när det är mycket kallt väder i befolkningstäta delar av landet samtidigt som industrins elanvändning är stor.



Figur 5. Sveriges elanvändning per sektor år 2007. Källa: Energimyndigheten 2008e med tillhörande sifferunderlag.



Figur 6. Månadsvis elanvändning i Sverige år 2007. Källa: SCB.

#### *Värme och kyla*

Fjärrvärme är den dominerande uppvärmningsformen på centralorten i 247 av landets 290 kommuner och finns i ytterligare 23 kommuner. För närvarande är cirka 76 procent av arean i flerbostadshus och cirka 59 procent av lokalarean (kontor, butiker, hotell, vård, undervisning, fritidsaktiviteter, kultur m.m.) fjärrvärmd. De lokaler som använder el som enda uppvärmningssätt utgör endast 7 procent av lokalarean.

Ungefär hälften av landets invånare (cirka 55 procent) bor i småhus. Småhusen har i allt högre grad kombipannor eller flera uppvärmningssätt och är på så sätt tåligare mot störningar i energitillförseln än tidigare. De är dock oftast beroende av el för att värmecirkulation och bränslematning ska fungera. Andelen småhus med el eller fjärrvärme som enda uppvärmningskälla är 23 (minskar) respektive 7 procent (ökar).

I de fall lokalerna inte är anslutna till fjärrkylanät sker kylproduktionen med el hos användarna.

#### *Drivmedel och övrig användning av oljeprodukter*

Transportsektorn är i stort sett helt beroende av oljebaserade bränslen, främst bensin och diesel. Energianvändningen inom transportsektorn motsvarar cirka 25 procent av landets totala slutliga energianvändning. Bensin och diesel svarar för cirka 90 procent av energianvändningen inom den svenska transportsektorn.

Oljeanvändningen inom industrin har, trots en ökande industriproduktion, minskat kraftigt med cirka tre fjärdedelar sedan 1970, vilket har möjliggjorts genom en ökad elanvändning och energieffektivisering. Mellan åren 1992–2006 har emellertid användningen av oljeprodukter ökat. Bidragande faktorer har bland annat förändrade energi- och koldioxidskatter samt ökad oljeanvändning som ersättning för avkopplingsbara elpannor.

Utöver användning av oljeprodukter som bränsle/energibärare är den omfattande petrokemiska industrin, som främst finns på västkusten, beroende av oljeprodukter som råvaror i sin produktion.

## **3.2 Kommande förändringar i energisystemets uppbyggnad och energianvändning**

### **3.2.1 Energimyndighetens långsiktsprognos**

Texten i detta kapitel baseras huvudsakligen på Energimyndighetens rapport "Långtidsprognos 2006" (Energimyndigheten 2007b), som bedömer utvecklingen fram till år 2025. Det saknas för närvarande genomarbetat underlag för att bedöma utvecklingen i en längre tidshorisont än så. I långsiktsprognoserna har inte några avvägningar eller känslighetsanalyser genomförts avseende klimatrelaterade effekter.

#### *Elproduktion*

Då det idag inte finns några politiska beslut fattade om avveckling av kärnkraften bedöms de kvarvarande kärnkraftsreaktorerna drivas så länge de är ekonomiskt lönsamma. Det innebär att inga kärnkraftsreaktorer kommer att avvecklas under perioden fram till år 2025. Troligtvis kommer effekthöjningar motsvarande drygt 1000 MW att kunna göras relativt år 2004.

Elcertifikatsystemet som infördes år 2003 är förlängt till år 2030. Elcertifikatsystemet förväntas leda till kraftig expansion av elproduktion. Tillsammans med effekthöjningar i kärnkraften samtidigt som elanvändningen förväntas öka i beskedlig takt, förväntas nettoexporten öka från 2 TWh år 2004 till 16 TWh år 2025 – ökningen sker mestadels till år 2015.

Den framtida elproduktionen år 2025 bedöms enligt följande.

- Vattenkraftproduktionen 68 TWh, jämfört med cirka 65 TWh i dagsläget.<sup>2</sup>
- Elproduktionen i kärnkraftverk var 72,4 TWh. Denna siffra inkluderar planerade effekthöjningar och med en genomsnittlig nyttjandegrad.
- Kraftvärme i industrin ökar från 4,6 TWh år 2004 till drygt 7 TWh, främst fram till år 2015.

<sup>2</sup> Ökningen beror till största delen på ett nytt sätt att räkna genomsnittsproduktion. Den faktiska ökningen i vattenkraftproduktionen beräknas till 0,5 TWh.



- Kraftvärme i fjärrvärmesystem kommer att öka sin produktion från 8,2 TWh år 2004 till 18,9 TWh år 2025, främst fram till år 2015. De planerade/byggda gaskraftvärmeanläggningarna i Malmö och Göteborg gör att det är naturgas som står för den största ökningen i kraftvärmeverken. Med elcertifikatsystemet ökar mängden träddränslen och avlutar i samma omfattning som naturgas. Även brännbart avfall kommer att stå för en stor del av ökningen.
- Vindkraft kommer att öka sin produktion av el från knappt 1 TWh år 2004 till knappt 7 TWh, främst fram till år 2015.

#### *Fjärrvärmeproduktion*

Prognosen visar att såväl biobränsle, brännbart avfall och torv som naturgasanvändning ökar som insatt bränsle till värmeproduktion under perioden 2004–2015. År 2015–2025 bedöms biobränslet fortsätta att öka i omfattning. Som en följd av stigande priser på naturgas samt via ökad konkurrens från biobränslekraftvärme kommer mängden insatt naturgas att minska. Prognosen spår en ökning av fjärrvärmeförseln från 55 TWh år 2004 till knappt 60 TWh år 2025, främst fram till år 2015.

#### *Framtida energianvändning*

Enligt långsiktsprognoisen förväntas den totala energianvändningen öka från 655 TWh år 2004 till 763 TWh år 2025. Den ökade energianvändningen drivs av utvecklingen inom industri- och transportsektorn.

Industrisektorn förväntas öka sin energianvändning från 159 TWh år 2004 till 196 TWh år 2025. Denna trend ses hos såväl energiintensiva som icke energiintensiva industribranscher.

Övergången från olja till värmepumpar och fjärrvärme samt en övergång från elvärme till olika typer av värmepumpar bedöms minska energianvändningen inom bostads- och servicesektorn med ca 2 TWh under åren 2004–2015. Under perioden 2015–2025 väntas energianvändning för uppvärmning och varmvatten att minska, samt att olje användningen minskar till fördel för fjärrvärme och el. Minskningen av elvärme motverkas av en ökning av hushållsel och driftel.

Under perioden 2004–2025 bedöms energianvändningen i transportsektorn att öka från 121 TWh till 166 TWh. För inrikestransporter bedöms bensin användningen att minska under hela prognosperioden. Detta beror på det stigande bensinpriset och en allt större andel dieseldrivna personbilar. Till detta kommer en allt högre andel nya lätta diesellastbilar. Ökad industriproduktion samt fler dieselfordon leder till en kraftig ökning av dieselanvändningen.

### **3.2.2 Andra iakttagelser avseende det framtida energisystemet**

#### *Elproduktion*

Politiska beslut med incitament för att hålla nere en viss energiproduktion till fördel för en annan, spelar en stor roll. En slutsats i Klimat- och

sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60, bilaga B8) är att en förändring av elkraftssystemet i sig, med en ökning av förnybara kraftslag som biobränsleeldade kraftvärmeverk och vindkraft, kommer att påverka produktionen av vattenkraftsbaserad el i högre grad än klimateffekterna.

Beroende på nya tillrinningsmönster i samband med den framtida klimatförändringen kan vattenkraften komma att påverkas. Beroende på scenario ses olika stora öknings- eller förändringar i tillrinningsmönstren. För att tillvarata mer vatten kommer det att i de flesta fall krävas en utbyggnad av vattenverken och produktionen kan i dessa fall då komma att öka med några procent (SOU 2007:60, bilaga B8).

I Norden 2007a konstateras att teknikutvecklingen påverkar vindkraftsutvecklingen mer än vad den förväntade klimatförändringen gör.

#### *Transmission och distribution*

I Elforsk 2007a bedöms att den klimatförändringen som förväntas ske fram till en period på 20–25 år endast påverkar elnätet i mindre omfattning. Denna slutsats dras med tanke på att det pågår en omfattande ombyggnad i elnäten med hänsyn till Ellagens krav på att inga elavbrott får vara längre än 24 timmar efter den 1 januari 2011 (Ellagen 1997:857, 3 kap).

Det kan framöver finnas ett behov av förändringar för att i framtiden möta en annan produktions- och elanvändningsstruktur. Ett exempel är den storskaliga utbyggnaden av vindkraft, vilket Svenska Kraftnät har redovisat (Svenska Kraftnät 2008a).

Det finns ambitioner inom EU och Norden på att öka elöverföringskapaciteten mellan länderna.

#### *Energibeteende*

Det finns tecken som tyder på att klimatdebatten har påverkat företags och individers vanor vad gäller energianvändning. Hur länge det håller i sig och hur stark denna beteendeförändring kommer att vara framöver är oklart.

Elanvändningen inom bostads- och servicesektorn påverkas av motsatta trender. Elanvändningen för uppvärmning bedöms minska, medan hushållsel och driftel bedöms öka. Även den framtida utvecklingen av antalet boende i varje hushåll påverkar energianvändningen. Hushållens livsstil och vanor, t.ex. antalet energikrävande apparater och inomhustemperatur, påverkar energianvändningen.

Vilka förändringar som kommer att ske inom området "energibeteende" under de närmaste 40 åren är mycket svårt att förutse. Kommer hushållen att vilja ha det svalt och bekvämt under sommaren eller är inte höjningen av lufttemperaturen högre än att de avstår från att skaffa kylaggregat?

## **4 Väderrelaterade händelser till följd av klimatförändringen**

Energimyndigheten har i detta projekt valt att utreda förändringar som påverkar energisystemet inom tidsperspektivet 40 år, dvs. med fokus på år 2050. De väderrelaterade aspekter som redovisas i denna delrapport är valda med tanke på att översiktligt studera sådana förhållanden som kan påverka energiförsörjningen. Studien avser dels extrema väderhändelser, dels annan påverkan på energisystemet.

Med utgångspunkt från det valda tidsperspektivet och de valda väderaspekterna har relevanta prognoser för klimatets utveckling sökts. Så långt som möjligt har Energimyndigheten valt samma grundförutsättningar som Klimat- och sårbarhetsutredningen avseende global- och regional klimatmodell, se SOU 2007:60. I Klimat- och sårbarhetsutredningen har IPCC:s utsläppsscenarier A2 och B2 använts, vilket också är utgångspunkt för föreliggande studie. Med tidsperspektivet 2050 är dock inte skillnaden mellan dessa scenarier särskilt stor. I denna rapport redovisas därför av tydlighetsskäl prognoskartor endast med ett utsläppsscenario. För denna rapport har utsläppsscenario A1B valts, vilket är ett scenario som ligger mellan A2 och B2.

Prognoskartorna som redovisas i detta kapitel ligger till grund för de översiktliga analyserna i kapitel 5 och 6. De prognoskartor som Energimyndigheten har funnit är inte heltäckande, framför allt inte avseende tiden runt år 2050. Underlaget har inte diskuterats med de berörda expertmyndigheterna.

## 4.1 Temperaturförändringar

### 4.1.1 Lufttemperatur

Temperaturförändringarna förväntas vara som störst under vintern, något mindre under höst och vår, och som minst under sommaren. En anledning till de kraftiga temperaturhöjningarna vintertid är den "återkoppling" som sker när snötäckets tjocklek och varaktighet minskar. Generellt är temperaturökningarna som störst längs med kusterna, särskilt runt och över Östersjön, se Figur 7. (SOU 2007:60, s. 159 f)

Tabell 1. Förväntad genomsnittlig ökning av medeltemperaturen i Sverige. Källa: SOU 2007:60.

År 2041–2070	Temperaturökning [°C]
<i>Vinter</i>	
Scenarie A2	3–4
Scenarie B2	2–3
<i>Sommar</i>	
Scenarie A2	1–3
Scenarie B2	1–3

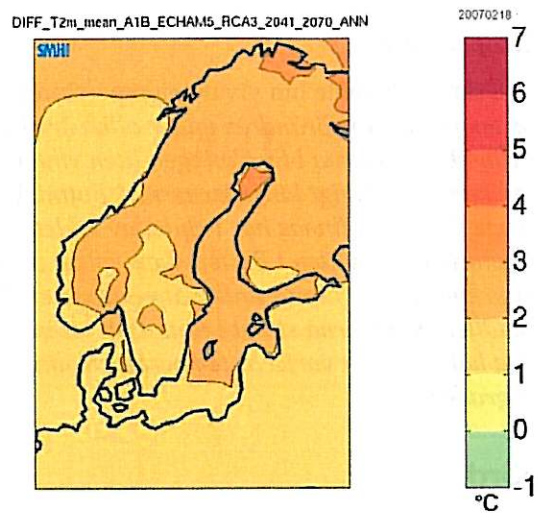
Temperaturökningen är olika stor under året, se följande tabell.

Tabell 2. Genomsnittlig temperaturökning under året utifrån olika klimatmodeller Källa: SOU 2007:60.

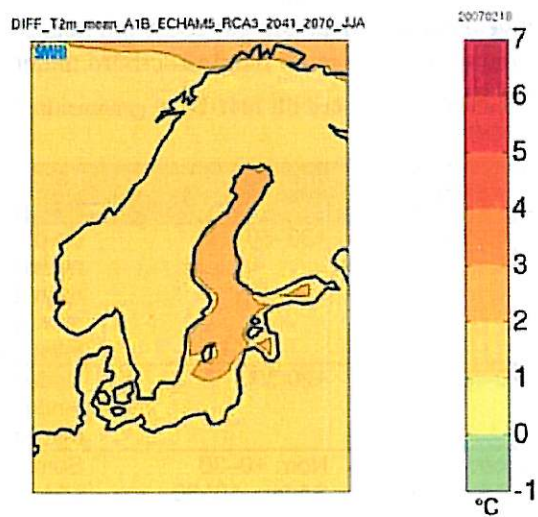
Årstid	Temperaturförändring till 2041–2070 [°C]	Kommentar
december–februari	3–4	Ökar mest i norra Sverige
mars–maj	2–3,5	Tidigare vår
juni–augusti	1–3	Ökar mest längs kuster
september–november	2,5–3	Senare höst

Antalet varma dagar kommer att öka. I södra delarna av landet (ungefär Götaland och Svealand) kommer antalet varma dagar med högsta temperatur över 20 grader bli betydligt fler. Till år 2050 kan de öka med omkring 20–25 dagar i Skåne, på östkusten (söder om Uppland) och i Mälardalen. Småland och västkusten värms upp något långsammare.

Uppvärmningen för med sig att vegetationsperioden blir längre i hela landet. Vegetationsperioden startar definitionsmässigt vid vårens första fyradagarsperiod med medeltemperatur över fem grader, och slutar vid höstens sista sådan period. I sydöstra delen av landet kan vegetationsperioden bli hela 70 dagar längre än den är nu.



**Figur 7. Årsmedelvärde på temperaturförändringen till 2041–2070. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenarie A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.**



**Figur 8. Temperaturförändring under sommarmånaderna juni–augusti till 2041–2070. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenarie A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.**

#### 4.1.2 Ytvattentemperaturer

I SOU 2007:60, s. 180, skrivs följande om ytvattentemperaturer i Östersjön<sup>3</sup>:

*Ser man till hur temperaturen förändras under olika årstider enligt ett genomsnitt av klimatscenarierna blir ökningen liten vintertid i norra delen av Bottenviken och i övrigt längs kusterna i Bottniska viken, då istäcke fortfarande förväntas finnas här i slutet av seklet. Även under våren är temperaturökningen liten i Bottenviken, vilket också kan förklaras av att is kommer att finnas under åtminstone en del av tiden. Sommartid är istället ökningarna störst i Bottniska viken, med mer än 4 grader på flera håll. I övrigt varierar temperaturökningarna mellan drygt 2 och 3,5 grader.*

#### 4.2 Nederbörd

Nederbörden förväntas totalt sett att öka, främst under vinterhalvåret. Klimatscenarierna för sommarvädret är mer svårtolkade. I norra delen av landet förväntas nederbörden öka även under sommaren, medan det under somrarna kan bli torrare i södra Sverige. Olika modeller ger olika resultat avseende var gränsen mellan sommartorka och fuktigare sommar går. Vissa modeller antyder att gränsen går genom Svealand, andra att den går söder om hela Sverige. Det senare skulle innebära att även södra Sverige får ökad nederbörd under sommaren.

Tabell 3. Förväntad förändring i nederbörd till 2041-2070; genomsnitt från olika klimatmodeller. Källa: SOU 2007:60.

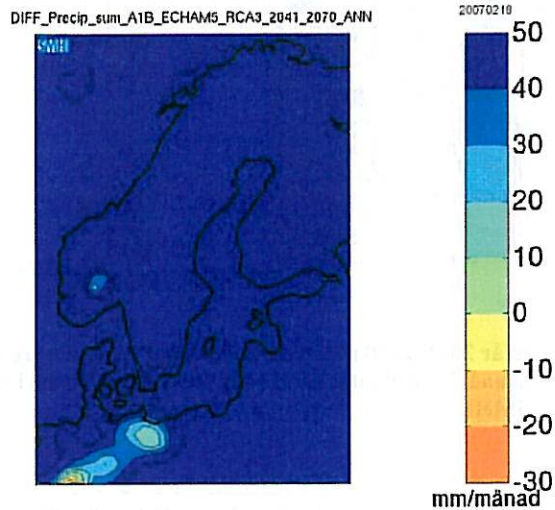
Årstid	Nederbördsförändring [mm/månad]		Kommentar
	Scenarie A2	Scenarie B2	
december-februari	+40-50	+30-50	En ökande del av nederbörden faller som regn. Snömängden ökar i norr. Mindre nederbörd faller i öst.
mars-maj	+0-40	+20-50	Nederbörden ökar i hela landet, men viss minskning i öster.
juni-augusti	Norr: -10/+10 Söder: -20/-30	Norr: +0-30 Söder: -10/-30	Sommartid förväntas södra Sverige bli torrare, norra blötare, men det är osäkert exakt var gränsen går.
september-november	+30-50	+20-50	Torr sensommar, ökning av nederbörd senare under hösten.

Allt större andel av vinternederbörden kommer att falla som regn, vilket kan komma att påverka tillrinning, vårflod m.m. Medelnederbörden väntas öka i hela landet, se Figur 9. I SOU 2007:60 konstateras att lokala häftiga regn och skyfall

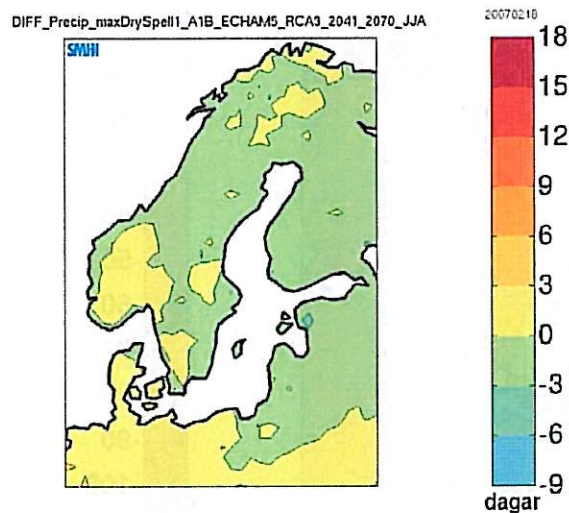
<sup>3</sup> Med begreppet Östersjön avsågs även Öresund och havet norrut till cirka Hallands-Bohuslänsgränsen.



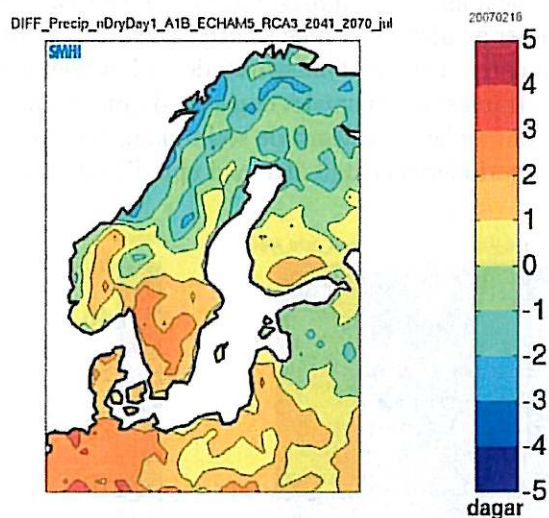
ökar i intensitet över hela landet, men mest i de västra delarna av landet. Under höst och vinter kommer antalet dagar med kraftig nederbörd att öka, liksom längden på regnperioderna. Under sommarmånaderna kommer antalet dagar med mer än 10 mm regn att minska och antalet dagar med mindre än 1 mm regn att öka, se Figur 11. I delar av landet (främst de södra) kan, beroende på utsläppsscenario, torrperiodernas längd öka med upp till tre dagar per månad, se Figur 10.



**Figur 9.** Förändring i månadsnederbörd (årsgenomsnitt) år 2041–2070 jämfört med referensperioden 1961–1990. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.



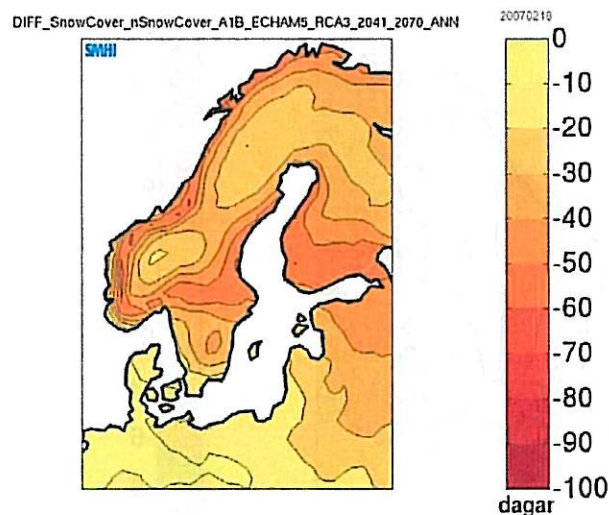
**Figur 10.** Förändring till år 2041–2070 avseende längsta sammanhängande period med mindre än 1 mm nederbörd per dag. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.



Figur 11. Förändring till år 2041–2070 avseende antal dagar med mindre än 1 mm nederbörd under juli månad. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.

#### 4.2.1 Snö

Klimat- och sårbarhetsutredningen redovisar inga siffror för 2050-perspektivet. Till år 2100 uppges att snötäcket i södra Sverige kan minska med upp till 60 procent (årligt medel av maximalt snötäcke). Nederbörd i form av snö ökar i norra delen av landet.



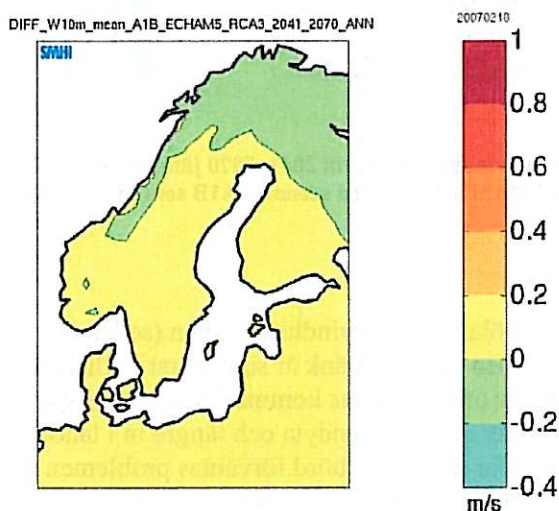
Figur 12. Förändring av antalet dagar med snötäcke 2041–2070 jämfört med referensperioden (1961–1990). Modelldata: ECHAM4/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.



## 4.3 Vind, stormar

### 4.3.1 Medelvind

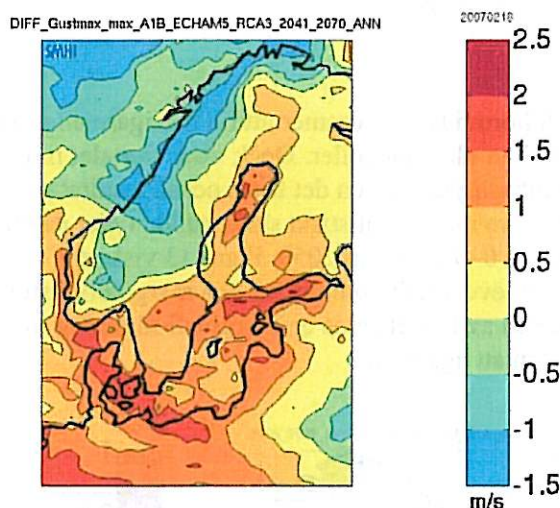
Det är inte fastställt huruvida det kommer att bli blåsigare eller inte eftersom resultaten skiftar mellan olika modeller. Dock visar flertalet modeller på tendenser till ökade medelvindhastigheter, men det finns också resultat som visar på motsatsen. Resultat som inte är statistiskt säkerställda tyder på en ökad medelvindhastighet på 0–0,4 m/s till 2050. Figur 13 visar att medelvindhastigheten eventuellt kommer att öka marginellt i stora delar av landet. I den nordligaste delen av landet antas en marginell sänkning av medelvindhastigheten att äga rum.



Figur 13. Förändring i medelvindhastighet till 2041–2070 jämfört med referensperioden 1961–1990. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.

### 4.3.2 Vindbyar

En viss ökning av byvindhastigheten förväntas i större delen av landet. Högsta genomsnittliga byvindhastigheten förväntas öka med 1–2 m/s. Den kraftigaste ökningen kommer att ske i södra Sverige och längs kuster, medan det kan ske en minskning av byvindhastigheter i fjälltrakterna, se Figur 14.



Figur 14. Förändring av vindbystyrkan till 2041–2070 jämfört med referensperioden (1961–1990). Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.

#### 4.3.3 Saltstorm

En eventuell framtida ökning av byvindhastigheten (se kapitel 4.1) längs Sveriges västkust – där problemen med saltstänk är som störst – tillsammans med att vindriktningen allt mer ofta förväntas komma ifrån havet i sydväst innebär att salt kommer att spridas över en större landyta och längre in i landet. I de fall då kraftiga stormar inträffar utan nederbörd förväntas problemen med överslag på grund av saltstänk öka jämfört med idag, medan stormar i kombination med regn kan innebära att saltet spolats bort av regnet innan möjliga överslag uppstår. (Elforsk 2007a)

### 4.4 Åska

Hur åskbilden kommer att se ut i framtiden är svårt att förutse. Inga modeller eller scenarier finns för att analysera frekvens eller intensitet för åska. I Elforsk 2007a förs ett generellt resonemang som bygger på andra klimatfaktorer, för att försöka förutse vilken utveckling som kan förväntas avseende framtida åskväder.

*Resonemanget innebär att åskintensiteten i dagens klimat är störst under varma månader och att denna situation sannolikt även fortsättningsvis kommer att kvarstå. Generellt gäller även att ökad medeltemperatur i atmosfären troligtvis även ökar strömamplituden i åskan, vilket innebär att åsknedslagen i medeltal skulle bli kraftigare. Förändring i åskintensitet är också mycket svårt att förutsäga. Under ett åskoväder kan antalet åsknedslag möjligtvis komma att öka då energimängden i åskovädet med en ökad medeltemperatur troligtvis kommer att vara högre och då också ge ifrån sig mer energi.*

*Sammanfattningsvis skulle möjligen följande två fenomen uppstå i ett förändrat klimat.*

- *Antalet nedslag per ytenhet ökar från dagens 0,1–0,6 nedslag/km<sup>2</sup> och år. Uppgifter om hur stor ökningen förväntas bli finns inte.*
- *Fördelningen av strömamplituden kan ändras vilket betyder att fler kraftiga blixnar kan förekomma.*

Svenska Kraftnät för ett liknande resonemang i bilaga B7 till SOU 2007:60.

## 4.5 Översvämningar och höga flöden

Scenarier över lokal avrinning och extrema flöden finns inte att tillgå för tidsperspektivet 2050. Dock visar scenarier för slutet av seklet att avrinningen kommer att öka i hela landet, men mest i de norra och västra delarna av landet.

Extrema flöden kan uppskattas i så kallade 100-årsflöden. Ett 100-årsflöde innebär att sannolikheten för ett sådant flöde är 1 på 100 för varje enskilt år. Den ackumulerade risken blir avsevärt högre; risken att drabbas av ett 100-årsflöde under en 100-årsperiod är 63 procent. (SMHI 2007a)

En markant ökning av lokala 100-årsflöden förväntas i västra Götaland, sydvästra Svealand och nordvästra Norrland. Dagens 100-årsflöde väntas i dessa områden vid slutet av seklet att ha en återkomsttid på mellan 20 och 80 år<sup>4</sup>. I övriga delar av landet kan återkomsttiden i stället bli längre. Höga flöden i nordvästra Norrland kan dock fortplanta sig längs med vattendragen och orsaka översvämningar nedströms.

## 4.6 Högre havsvattennivå

En global ökning av havsvattenståndet är att förvänta (SOU 2007:60, s.183), vilket också leder till ett högre vattenstånd i Östersjön. Ökningen motverkas av landhöjning, men förstärks av att frekvensen av västvindar förväntas öka. Spridningen av modellresultaten är stora: i slutet av seklet förväntas medelvattenståndet ha ökat med allt från några centimeter till 80 cm. I studerat underlagsmaterial finns ingen information om situationen vid 2050, som är denna studies "målår".

Den havsnivåhöjning som kommer att ske på grund av klimatförändringen väntas fortsätta under flera hundra år, nästan oavsett framtida begränsningar av växthusgasutsläppen. Orsaken till detta är havens inneboende tröghet (SOU 2007:60, s.185).

---

<sup>4</sup> Om frekvensen av 100-årsflödet ändras så att det istället blir ett 20-årsflöde innebär det att sannolikheten för ett sådant flöde under en 100-årsperiod ändras från 63 procent till 99 procent (SMHI 2007a)

I övrigt väntas klimatförändringen få följande effekter på havsvattnet:

- Nivån på extrema högvatten förväntas öka mer än medelvattenståndet.
- Havsisen i Östersjön förväntas minska kraftigt.
- Salthalten minskar.

#### 4.7 Ras och skred

Kraftig nederbörd och ökade flöden i vattendrag liksom höjda och varierande grundvattennivåer ökar risken för ras och skred. De ökade riskerna uppstår framför allt i områden där risken är hög redan idag. Det gäller Vänerlandskapen, Göta älvdalen, östra Svealand och nästan hela ostkusten. (SOU 2007:60)

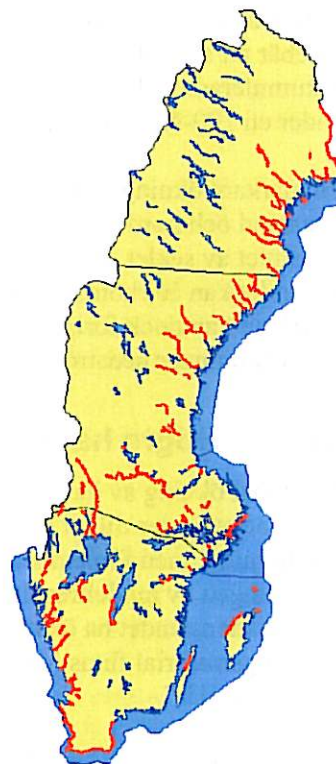
#### 4.8 Erosion

Stranderosion förekommer såväl längs kuster som längs sjöar och vattendrag, se Figur 15.

Klimatscenarierna pekar på en ökad nederbörd i Sverige, med undantag för sydöstra delarna av landet. Om ett intensivt regn faller över en intorkad jordyta blir ytvattenavrinningen stor och de eroderande krafterna på jordpartiklarna stora, vilket leder till ökad erosion (SGI 2006a).

Kusterosion drabbar områden som består av lättrörlig jord eller sand. De mest utsatta kuststräckorna finns i Skåne, Blekinge samt på Öland och Gotland. (SOU 2007:60)

Höga flöden i vattendrag, t.ex. vid stora nederbördsmängder, vid tappning av exempelvis dammar eller dämningsskatastrofer kan orsaka erosion. De förväntade ökande nederbördsmängderna och intensiteten i dem, kan komma att förvärra problemen.



Figur 15. Områden med risk för erosion. Källa: SGI 2006a, som hänvisar till SGU-dokument med dnr 08-1389/2002.



## 4.9 Nedisning

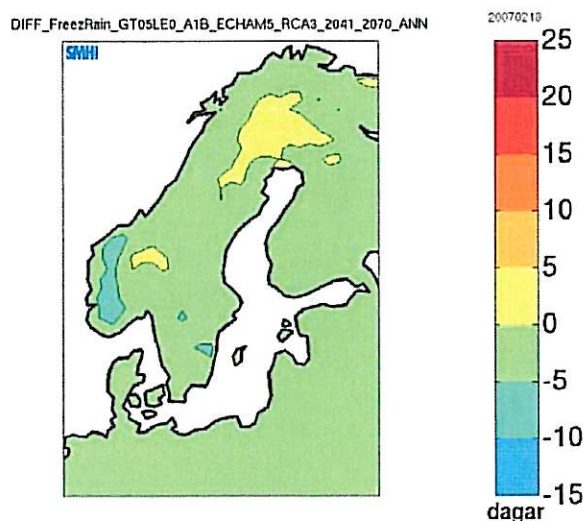
Nedisning och blötsnö (se kapitel 4.2.1) är svårbedömda fenomen. Enligt Elforsk 2007a förväntas mängden blötsnö att öka, medan nedisningen minskar.

Det finns olika typer av atmosfärisk nedisning, molnnedisning och nederbördsnedisning (se kapitel 2.5 definitioner av begrepp). Både moln- och nederbördsnedisning kan ge upphov till s.k. isbark och blankis.

I Elforsk 2007a konstateras att det är mycket svårt att bedöma förekomst av nedisning i ett framtida klimat. I den rapporten förs dock ett resonemang kring nederbördsnedisning utifrån faktorer i de klimatscenarier som tagits från Rossby Centre, SMHI. Resultaten för samtliga typer av nedisning sammanfattades enligt följande.

- *Regnnederbörden vintertid förväntas öka i norra Sverige, vilket indikerar ökad förekomst av nederbördsnedisning.*
- *Extremnederbörden (uttryckt som mängden nederbörd under ett dygn) förväntas öka, vilket möjligtvis medför snabbare och mer svårhanterliga nedisningsförlopp.*
- *Vintertemperaturen förväntas öka, vilket kan ge problem med nederbördsnedisning och blötsnö på andra platser än idag.*
- *Förekomst av molnnedisning förefaller minska i hela Skandinavien och i framtiden verkar det osannolikt att nedisning skall uppkomma utefter Östersjöns kuster.*

Kartan i Figur 16 tyder på oförändrat läge, eller en minskning av underkyllt regn i nästan hela landet. Vissa delar i Norrland förväntas få fler dagar med underkyllt regn.



Figur 16. Förändring i antal dagar per år med underkyllt regn 2041–2070 jämfört med referensperioden 1961–1990. Modelldata: ECHAM5/RCA3 med scenario A1B som drivare. Källa: Rossby Centre, SMHI.

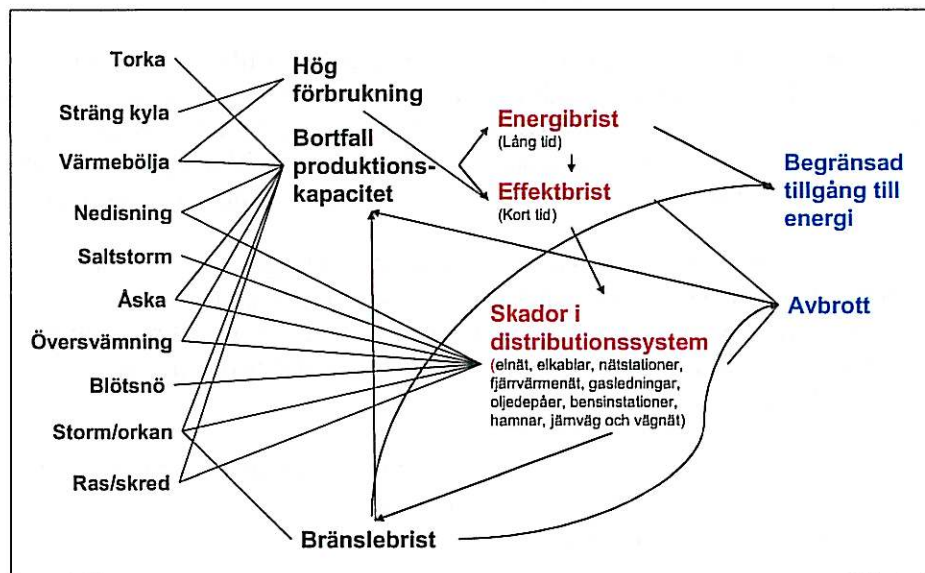


## 5 Energisystemets sårbarhet för extrema väderrelaterade händelser

Flera olika väderrelaterade händelser kan leda till samma principiella konsekvens för slutanvändaren, nämligen begränsad tillgång till energi eller avbrott i energiförsörjningen. Hur många användare som drabbas och hur länge ett avbrott eller störning varar beror bland annat på vilken typ av händelse som har inträffat, var och när den inträffar och vilken krisberedskap som energiföretag, samhället och individer har.

De flesta olyckor och haverier i energisystemet leder endast till marginella störningar. Vissa händelser är emellertid mer allvarliga och påverkar, eller hade under andra betingelser kunnat påverka, hela eller stora delar av nationen. Figur 17 visar hur olika väderrelaterade händelser principiellt kan påverka energiförsörjningen.

I detta kapitel beskrivs hur energisystemets olika delar påverkas av extrema vädersituationer. Beskrivningen utgår ifrån de väderrelaterade händelser som presenteras i kapitel 4.



Figur 17. Exempel på väderrelaterade hot och hur de kan störa energiförsörjningen.

## 5.1 Befintlig kunskap om sårbarheter

Innehållet i detta kapitel baseras på information dels från dokument enligt kapitel 8, dels från en övergripande analys inom Energimyndighetens projektgrupp. Sannolikheten för att den beskrivna sårbarheten/risken ska inträffa är i de flesta fall troligen mycket liten. Syftet med redovisningen i kapitlet är att beskriva vad som *skulle kunna* inträffa vid extrema väderhändelser. Sårbarheterna har sinsemellan inte värderats, men det går intuitivt att ana att vissa händelser är mindre sannolika och/eller ger mindre skador än andra.

### 5.1.1 Elförsörjning

#### *Elproduktion*

En enstaka olycka eller haveri i elproduktionen leder i normalfallet inte till elavbrott eftersom produktionen är fördelad på många anläggningar som sinsemellan använder olika bränslen. Kärnkraften och vattenkraften är emellertid mycket dominerande i den svenska elproduktionen. Det innebär en allvarlig risk för elenergibrist vid samtidiga störningar i de kraftslagen. Ett exempel på detta är att under sensommaren/hösten 2006 var fyllnadsgraden i de svenska (nordiska) magasinen låg samtidigt som flera kärnkraftverk var avstängda. Om situationen hade fortgått under en ännu längre period så hade energisituationen under den följande vintern kunnat bli mycket ansträngd.

Perioder med liten eller ingen nederbörd (torka) minskar tillrinningen till kraftverksdammarna, vilket medför att vattenkraftverken inte kan nyttjas fullt ut. Konsekvenserna av ett ras i kraftverksdamm(ar), t.ex. till följd av höga flöden, i någon av de stora reglerade älvarna blir förödande för befolkningen i området och till följd av översvämningar omöjliggörs viktig elproduktion och eldistribution.

Under perioder med kraftig kyla används det stora mängder energi. För Sveriges och Nordens del kan en situation därmed uppstå att den samlade elproduktionen och överföringen av el till Sverige och Norden inte räcker för att möta efterfrågan. Det finns därmed risk för såväl kortvarig elbrist (effektbrist) som långvarig (elenergibrist).

Åskväder kan leda till kortvariga bortfall av produktionsanläggningar. Åska kan även leda till att nivåreglering vid dammar slutar att fungera och att dämningssgränser därmed kan komma att överskridas.

Sammankopplingen med grannlänternas elsystem kan ha stor betydelse för försörjningstryggheten vid elenergibrist, till exempel orsakad av torrår. Men om det är torrår i Sverige så är det med största sannolikhet också torrår i Norge och Finland, vilket betyder att Sverige inte kan räkna med någon nettoimport från de länderna. Ett avbrott på en överföringsförbindelse till ett grannland tar ofta lång tid att reparera, framför allt när det gäller sjökablar.



### *Eldistribution*

Ett enskilt fel som inträffar i stamnätet för el påverkar normalt inte slutanvändarna. Ett enskilt fel i ett lokalnät utanför tätort ger däremot ofta ett avbrott i elleveransen till slutanvändaren. Ett avbrott på stam- och regionnät kan drabba väldigt många inom och utom landet, men sådana elavbrott är sällsynta. Avbrott på regionnät kan exempelvis orsakas av mycket kraftiga stormar genom trädpåfall – ambitionen hos elnätföretagen är att regionnäten ska vara ”trädsäkrade”<sup>5</sup>. Störningar på de högre systemnivåerna går för närvarande relativt snabbt att återställa alternativt går det att leda elen en annan väg.

Åska kan orsaka elavbrott på grund av automatiska bortkopplingar i elnätet till följd av överspänningar. Blixtnedslag kan även orsaka bränder och andra skador på elinstallationer och kommunikationssystem, vilket kan leda till elavbrott. Åska orsakar idag ungefär lika många avbrott i elförsörjningen som alla andra naturrelaterade störningar tillsammans. Elavbrott till följd av åska är oftast relativt kortvariga. I Elforsk 2007a bedöms att stamnätet är så pass robust och pålitligt att s.k. storstörningar inte väntas öka i omfattning eller frekvens till följd av åskväder. Antalet skador på distributionsnätet kommer dock att öka om inte olika former av tekniska skydd införs. Genom den ökade nedgrävningen av elkablar kan skadorna troligtvis minskas. Antalet kortvariga störningar (s.k. spänningsdippar) kommer att öka om antal åsknedslag ökar (se kapitel 4.4). Sådana störningar bedöms vara bland de mest besvärliga elkvalitetsproblemen, och är mycket kostsamma för processindustrin.

Saltvattendroppar kan orsaka överslag på elledningar och kraftstationer vilket leder till kortslutning och bortkoppling från elnätet. Problemet är idag störst på västkusten, men fenomenet med saltbeläggning på elektriska installationer har observerats även 15 mil från kusten (Elforsk 2007a). Saltvattendroppar orsakade t.ex. att trafiken på Malmbanan i övre Norrland stoppades i februari 1993 och stamnätet var nära ett regionalt sammanbrott i Skåne 1999. (Energimyndigheten 2008a)

Nedisning är främst ett problem för elledningar och stolpar och förekommer i dag i begränsad omfattning. Nedisning tillsammans med mer eller mindre kraftig vind kan medföra att ledningar och stolpar faller omkull eller knäcks, vilket har inträffat flera gånger i Sverige främst i de norra delarna av landet. I extrema fall skulle nedisning på elledningar/-stolpar m.m. kunna orsaka mycket omfattande skador på eldistributionssystem med långvariga elavbrott över stora områden som följd. En nedisning 1921 i västra Sverige fick förödande konsekvenser. Nedisning är ett vanligare problem i Nordamerika än i Europa och en mycket svår nedisning inträffade i Kanada 1998.

Ras, skred och åskväder (blixtnedslag) orsakar normalt endast störningar inom den lokala energidistributionen.

---

<sup>5</sup> Den 1 januari 2008 var enligt Svensk Energi 88 procent av regionnäten trädsäkrade.

Blötsnö som lägger sig på träd som har löven kvar kan orsaka elavbrott i områden med oisolerade luftledningar (blanktråd), dels genom att träden orsakar kortslutning, dels på genom att ledningen kan brista av trädens tyngd.

Vid längre perioder med vattenmättad mark kan t.ex. sättningsskador uppkomma på stolpar vilket kan leda till stolpras (SOU 2007:60, bilaga 7). I kombination med kraftiga vindar kan det uppstå omfattande skadorna i elnäten.

#### *Elanvändning*

Effektbristsituationer kan i princip uppträda när som helst under året beroende på hur produktions- eller överföringskapaciteten är för stunden – i värsta fall kan detta leda till att Svenska Kraftnät tvingas ge order om bortkoppling av elanvändare. Mest kritiskt är ännu så länge vintervädret, inte nödvändigtvis det mest extremt kalla vädret utan kombinationer av hård vind, nederbörd och kyla. Risker ökar för att effektbrist uppstår även på sommarhalvåret på grund av ett ökat kylbehov eftersom detta kan leda till högre elanvändning (beroende på vilken teknik som används för produktion och distribution av kyla).

Den stora ökningen av värmepumpar för uppvärmning av småhus riskerar att bidra till ett ökat eleffektbehov under den kalla delen av året. Värmepumparna är vanligtvis inte dimensionerade för att klara uppvärmning vid riktigt kallt väder, vilket medför att uppvärmningen vid kallt väder kanske i stället sker med el från elnätet. I detta fall förvärras en redan svår situation på elmarknaden.

#### *Sammanställning el*

Följande tabell utgör en sammanställning av befintliga sårbarheter enligt ovan kopplat till de väderhändelser som presenteras i kapitel 4.

**Tabell 4. Elförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
<b>Lufttemperatur</b>	..	..	..	Ev. elbrist vid ansträngd effektbalans.
<b>Ytvatten-temperatur</b>	..	Produktion kan inte ske fullt ut.	..	Ev. elbrist vid ansträngd effektbalans.
<b>Nederbörd</b>	Anläggningar för elimport slås ut.	Enskilda anläggningar slås ut vid skyfall.	Enskilda anläggningar slås ut vid skyfall. Tyngden av blötsnö raserar luftledningar.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Vind, stormar	..	Vindkraftverk kan inte användas.	Elnät raderas.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt elavbrott.
Saltstormar	Anläggningar för elimport slås ut.	..	Kortslutning i elanläggningar.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
Åska	..	Anläggningar kan "falla ur" elsystemet.	Delar av elnät faller ur eller förstörs.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
Översvämningar, höga flöden	Dammar och vattendrag förstörs. Anläggningar för elimport förstörs. Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Produktionsanläggningar förstörs.	Elstolpar och/eller nätstationer raderas.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott. Vid mycket allvarliga händelser i tillförsel- eller produktionsledet uppstår effekt- eller energibrist.
Högre havsvattennivå	Anläggningar för elimport slås ut.	Enskilda anläggningar slås ut.	Enskilda anläggningar slås ut.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott.
Ras, skred	Dammar och vattendrag förstörs. Anläggningar för elimport förstörs. Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Produktionsanläggningar förstörs.	Elstolpar och/eller nätstationer raderas.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt och ev. regionalt elavbrott. Vid mycket allvarliga händelser i tillförsel- eller produktionsledet uppstår effekt- eller energibrist.
Erosion	Dammar och vattendrag förstörs.	Produktionsanläggningar förstörs.	Elstolpar och/eller nätstationer raderas.	Vid händelser i distributionen uppstår lokalt elavbrott.
Nedisning	Anläggningar för elimport förstörs.	Vindkraftverk kan inte användas.	Elstolpar raderas.	Omfattande regionalt elavbrott.

### 5.1.2 Försörjning av värme och kyla

#### *Fjärrvärmeproduktion*

De flesta kraftvärmeanläggningar måste ha kylning genom fjärrvärmenätet för att kunna producera el. Vid elavbrott försvinner ofta möjligheten att distribuera värme i fastigheter vilket gör att kylningsförmågan är för låg för att producera el. Vissa kraftvärmeverk kan dock producera el utan att ha avsättning för den värme som produceras.

Den ökade användningen av bio- och avfallsbränslen har medfört ett ökat beroende av lastbilstransporter, som är beroende av tillgång på diesel, eftersom det är svårt att bygga upp långtidslager av biobränsle. Den ökade användningen av bio- och avfallsbränslen har även medfört att den totala beredskapslagringen av bränsle har minskat i Sverige. Detta är speciellt känsligt för anläggningar med låg bränsleflexibilitet och liten lagringskapacitet. Långvariga elavbrott kan utgöra ett problem för bränsletillförseln, t.ex. genom att sågverk och pelletsfabriker inte fungerar utan eltilförsel.

Intensiva och/eller långvariga snöfall kan orsaka problem att transportera bränslen till kraftverk. Detta kan medföra svåra problem med värmeförsörjningen om inte fjärrvärmeproduktionen kan upprätthållas.

Flertalet fjärrvärmeverk är tekniskt dimensionerade för en veckas ihållande kyla och med reserv för den största produktionsenheten (pannan). Men om en produktionsanläggning drabbas av t.ex. en översvämning som förstör elektriska installationer och styrsystem, kan detta innebära att anläggningen är utslagen i många veckor.

Fjärrvärmeproduktion och värmedistribution (fjärrvärme, luftpumpar, elvärme m.m.) är elberoende, men det finns en viss ”tröghet” i värmesystemen och byggnaderna som gör att värmebehovet inte momentant blir akut.

#### *Fjärrvärmedistribution*

Distributionen av hetvatten i fjärrvärmenäten är rimligt säkrade mot elavbrott, men distributionen inom fastigheterna är sårbar för elavbrott. Skador på stora tunnelförlagda system – t.ex. till följd av översvämning, ras eller skred – kan få stora konsekvenser för fjärrvärmeförsörjningen. Ett långvarigt avbrott kan leda till oerhört svåra påfrestningar i lokalsamhället på grund av behovet av evakueringar och tillgång till värmestugor (servicecenter).

#### *Uppvärmning*

Allt fler blir beroende av centrala värmelösningar (fjärr-/närvärme) i stället för individuella lösningar för varje bostadshus. När störningar i de centrala lösningarna inträffar drabbas många användare samtidigt, vilket kan leda till stora problem i samhället.

Ett väsentligt problem i fjärrvärmesystem är mottagarnas sårbarhet för elavbrott eftersom det krävs el för att distribuera värmen i fastigheterna på ett effektivt sätt. Detta gäller såväl för hushåll/byggnader med fjärrvärme som för de med egna värmesystem. De flesta fastigheter klarar kortare elavbrott innan det blir några problem med inomhustemperaturen. Därför har få fastighetsägare i tätorter uppmärksammat problemet med att värmesystemet är elberoende.

#### *Försörjning av kyla*

Sårbarheterna i försörjningen av fjärrkyla är snarlika de sårbarheter som gäller för fjärrvärmeförsörjningen. Ett stort undantag är att det inte krävs tillförsel (transporter) av bränsle för produktion av kyla.

Användningen av kyla kommer att öka allt eftersom vädret blir varmare. Distribution av fjärrkyla och produktion av kyla i enskilda lokaler/bostäder är beroende av el. Ett elavbrott mitt i sommaren kan därför i framtiden få större konsekvenser än vad det har idag.

#### *Sammanställning fjärrvärme och fjärrkyla*

Följande tabeller utgör en sammanställning över befintliga sårbarheter enligt ovan kopplat till de väderhändelser som presenteras i kapitel 4.

**Tabell 5. Fjärrvärmeförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem. Sammanställningen redovisar inte följdkonsekvenser av elavbrott, som kan uppstå för samtliga väderhändelser.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	..	..	..	..
Ytvatten-temperatur	..	..	..	..
Nederbörd	..	Tillfälligt stopp vid skyfall.	..	Värmeavbrott vid långvariga problem.
Vind, stormar	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	..	..	Värmeavbrott vid långvariga problem.
Saltstormar	..	..	..	..
Åska	..	Anläggning slås ut.	Anläggning slås ut.	Troligen inga stora problem.
Översvämningar, höga flöden	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Anläggning slås ut.	..	Ev. långvarigt värmeavbrott.
Högre havsvattennivå	..	Anläggning slås ut.	..	Ev. långvarigt värmeavbrott.

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Ras, skred	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	Anläggning förstörs.	Nät förstörs.	Långvarigt värmeavbrott.
Erosion	..	..	..	..
Nedisning	Transporter av bränslen till produktionsanläggningar hindras.	..	..	Värmeavbrott vid långvariga problem.

Tabell 6. Fjärrkylförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem. Sammanställningen redovisar inte följdkonsekvenser av elavbrott, som kan uppstå för samtliga väderhändelser.

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	..	..	..	..
Ytvatten-temperatur	..	..	..	..
Nederbörd	..	Tillfälligt stopp vid skyfall.	..	Avbrott i kylförsörjningen vid långvariga problem.
Vind, stormar	..	..	..	..
Saltstormar	..	..	..	..
Åska	..	Anläggning slås ut.	Anläggning slås ut.	Troligen inga stora problem.
Översvämningar, höga flöden	..	Anläggning slås ut.	..	Ev. långvarigt avbrott i kylförsörjningen.
Högre havsvattennivå	..	..	..	..
Ras, skred	..	Anläggning förstörs.	Nät förstörs.	Långvarigt avbrott i kylförsörjningen.
Erosion	..	..	..	..
Nedisning	..	..	..	..



### 5.1.3 Olje- och drivmedelsförsörjningen

#### *Oljetillförsel/-produktion*

Ett elavbrott orsakar avbrott i produktionen av drivmedel m.m. vid raffinaderier. Vid ett långvarigt elavbrott vid kallt väder riskerar vissa vitala delar av anläggningar att frysa sönder vilket medför långvariga stopp och stor risk för haveri/olycka.

För de anläggningar som studerats i Energimyndigheten 2008c verkar det främst vara nedisning (isstorm) som utgör ett allvarligt klimatrelaterat hot<sup>6</sup>. Detta under förutsättning att raffinaderiet inte är i drift för då förhindrar troligen temperaturen i raffinaderiprocessen att nedisning sker.

Ett långvarigt oplanerat stopp (upp till cirka ett år) i ett av de svenska raffinaderierna bedöms inte orsaka allvarliga nationella störningar i försörjningen av oljeprodukter.

Om oljehamnen i Göteborg (stor utskeppnings- och import/depåhamn) blir utslagen är det oklart om det finns tillräcklig transportkapacitet för att kunna möta behovet av alternativa transportvägar.

#### *Olje-/drivmedelsdistribution*

Tankstationerna är ur nationell synvinkel relativt väl spridda över landet. Dessutom finns det i stora delar av landet flera alternativa tankstationer i eller nära användarens hemort. Enskilda tankstationer riskerar att slås ut av olika klimatrelaterade hot. Tankstationer är också helt beroende av el och telekommunikationer för att fungera. Stora problem kan uppstå vid långvariga och geografiskt omfattande elavbrott eller vid stora avbrott i de elektroniska kommunikationerna, t.ex. till följd av klimatrelaterade händelser.

Intensiva och/eller långvariga snöfall kan orsaka problem att transportera bränslen till tankstationer.

#### *Drivmedel och övrig användning av oljeprodukter*

För drivmedelsförsörjningen får ett elavbrott inte några omedelbara följder på nationell nivå eftersom det finns drivmedel i depåer och på tankstationer. Men i de områden där det är elavbrott kan man inte tanka eftersom tankstationens pumpar är beroende av el.

Det finns inget bränsle som på kort sikt kan ersätta eller märkbart komplettera användningen av diesel eller bensin inom transportsektorn.

---

<sup>6</sup> I studien ingick Preemraff Lysekil, Preemraff Göteborg och olje-/drivmedelsdepån i Göteborg. För övriga depåer och Shell raffinaderi kan det även finnas andra klimatrelaterade problem.

### Sammanställning olja

Följande tabell utgör en sammanställning över befintliga sårbarheter enligt ovan kopplat till de väderhändelser som presenteras i kapitel 4.

**Tabell 7. Oljeförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem. Sammanställningen redovisar inte följdkonsekvenser av elavbrott, som kan uppstå för samtliga väderhändelser.**

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	..	..	..	..
Ytvatten-temperatur	..	..	..	..
Nederbörd	..	Tillfälligt stopp i raffinaderi och depå vid skyfall.	Tankstationer slås ut.	..
Vind, stormar	Enstaka råoljeleveranser försenas.	..	..	..
Saltstormar	..	..	..	..
Åska	..	Tillfälligt stopp i raffinaderi och depå.	Tankstationer slås ut.	..
Översvämningar, höga flöden	..	Transporter till depå hindras eller försenas. Depå förstörs.	Transporter till slutanvändare eller tankstationer hindras.	Lokal bränslebrist.
Högre havsvattennivå	..	Depå slås ut.	Tankstation slås ut.	..
Ras, skred	..	Transporter till depå hindras eller försenas. Depå förstörs.	Transporter till slutanvändare eller tankstationer hindras.	Lokal bränslebrist.
Erosion	..	..	..	..
Nedisning	Utrustning för lossning av råolja förstörs och lossningen omöjliggörs.	Raffinaderi förstörs. Depå förstörs.	Transporter till slutanvändare eller tankstationer hindras. Tankstationer förstörs.	Lokal bränslebrist vid förstörda tankstationer.

#### 5.1.4 Naturgasförsörjningen

##### *Tillförsel/produktion*

En omfattande skada på den enda sjöledningen från Danmark till Sverige skulle kunna ta upp till åtta veckor att reparera. En storm på Nordsjön medförde att den danska gasplattformen Tyra (den plattform som förser bland annat Sverige med naturgas) stängdes i ett dygn i november 2007. Detta var den första stängningen av gasplattformen till följd av en annalkande storm. Efter oklarheter i hanteringen av situationen mellan de involverade aktörerna stängdes överföringen till Sverige under åtta timmar. De återkommande orkanerna i Mexikanska golfen brukar medföra att olje- och gasplattformar stängs (Energimyndigheten 2008d). Om stormarna i Nordsjön kommer att bli fler och/eller starkare finns det risk att gasplattformar i Nordsjön behöver stängas fler gånger och sätter därmed uthålligheten i det svenska naturgassystemet på nya prov. Det är värt att notera att olika klimatscenarier ger olika bilder av huruvida vindarnas styrka och frekvens kommer att öka i framtiden.

##### *Distribution*

Något stort oplanerat avbrott i naturgasleveranserna har inte hittills inträffat i Sverige. De avbrott som förekommer på de lokala näten drabbar oftast högst ett tiotal kunder och naturgasdistributionen återställs i de flesta fall inom två timmar.

Naturgasnätets utbredning sammanfaller till viss del med de geografiska områden som är mest utsatta för ras, skred och erosion. Detta innebär att sannolikheten för ett större avbrott i naturgasleveranserna ökar i framtiden.

#### Sammanställning naturgas

Följande tabell utgör en sammanställning över befintliga sårbarheter enligt ovan kopplat till de väderhändelser som presenteras i kapitel 4.

Tabell 8. Naturgasförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem. Sammanställningen redovisar inte följdkonsekvenser av elavbrott, som kan uppstå för samtliga väderhändelser.

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	..	..	..	..
Ytvatten-temperatur	..	..	..	..
Nederbörd	..	..	..	..
Vind, stormar	Stoppad tillförsel från Nordsjön.	..	..	Leveransavbrott vid stopp i mer än enstaka dagar.
Saltstormar	..	..	..	..
Åska	..	..	Utslagna noder.	Leveransavbrott.
Översvämningar, höga flöden	..	..	..	..
Högre havsvattennivå	..	..	..	..
Ras, skred	..	..	Ledningar förstörs.	Leveransavbrott.
Erosion	..	..	..	..
Nedisning	..	..	..	..

#### 5.1.5 Försörjning av fasta bränslen

Fasta bränslen (biobränslen inkl. torv, brännbart avfall, kol m.m.) används dels i värme- och kraftvärmeverk, dels som insatsvara i industrin för produktion av främst värme men även el.

Kol importeras till hamnar och sårbarheten avseende klimatfaktorer är huvudsakligen kopplade till möjligheten att angöra hamn och lossa lasten. Stormar och möjligtvis ras och skred skulle lokalt kunna innebära problem om bränslebehovet är akut (om bränslelagret är litet).

Försörjningen av brännbart avfall är helt beroende av transporter. De klimatfaktorer som kan hindra eller försvåra transporter av brännbart avfall är främst ras-/skred, översvämningar och nedisning.

#### Sammanställning biobränslen

Följande tabell utgör en sammanställning över befintliga sårbarheter inom biobränsleförsörjningen kopplat till den klimatförändring som presenterats i kapitel 4.

Tabell 9. Biobränsleförsörjningens sårbarheter ("i sämsta tänkbara fall") för extrema väderhändelser utifrån dagens energisystem. Sammanställningen redovisar inte följdkonsekvenser av elavbrott, som kan uppstå för samtliga väderhändelser.

	Tillförsel	Produktion	Distribution	Konsekvens för användare
Lufttemperatur	Skogsavverkningen och terrängtransporten hindras vid utebliven tjäle (gäller bestånd som ska avverkas på vintern).	Bränslefabriker stängs p.g.a. råvarubrist.	..	Ev. stopp i värmeproduktion
Ytvatten-temperatur	..	..	..	..
Nederbörd	Skogsavverkningen hindras vid kraftigt och/eller långvarigt regnväder. Även terrängtransporten av råvara försvåras	Bränslefabrik slås ut p.g.a. översvämning	..	..
Vind, stormar	Tillfälligt stopp i import till enskilda hamnar.	..	..	..
Saltstormar	..	..	..	..
Åska	..	Bränslefabrik slås ut.	..	..
Översvämningar, höga flöden	Skogsavverkningen, terrängtransporten och vidaretransporten hindras	Bränslefabrik slås ut.	Transport av bränsle från fabrik stoppas.	Ev. stopp i värmeproduktion
Högre havsvattennivå	..	..	..	..
Ras, skred	Stopp i import till enskild hamn.	Bränslefabrik slås ut.	Transport av bränsle från fabrik stoppas.	..
Erosion	..	..	..	..
Nedisning	..	..	Transport av bränsle från fabrik stoppas.	..

#### 5.1.6 Den enskilde användarens sårbarhet

Sårbarheten i de storskaliga systemen för el-, värme-, kyla-, olje- och drivmedels- samt naturgasförsörjningen finns beskrivna i kapitel 5.1.1–5.1.4. En fundamental sårbarhet för den enskilde är att de allra flesta bostäder och lokaler är beroende av el från elnätet för att producera värme. Detta gäller oavsett om värmen produceras i elradiatorer i fastigheten eller om fastigheten är ansluten till fjärrvärmenät (el

behövs för att sprida värmen) eller om fastigheten får värme genom förbränning i egna pannor, genom jord-/sjö-/bergvärmeanläggningar osv. (el behövs för att mata fram bränsle och/eller för att sprida värmen). Utkylningen av småhus som saknar uppvärmningsmöjlighet är snabb – hälften kyls ut på mindre än ett dygn (inomhustemperaturen sjunker till +5 grader vid en utomhustemperatur på -20 grader).

De sårbarheter i energiförsörjningen som går att koppla till enskilda bostäder, lokaler och industrier har oftast koppling till de tidigare beskrivna storskaliga lösningarna. En teknisk sårbarhet är att den enskilde inte vid behov skulle kunna skaffa/få levererat eldningsolja, pellets, ved eller dylikt på grund av hinder på vägarna (t.ex. till följd av ras/skred). Men detta energiförsörjningsproblem bör rimligtvis helt överskuggas av alla andra praktiska och eventuellt hälsohotande problem som följer på omöjligheten att ta sig till och från fastigheten.

Den främsta sårbarheten när det gäller den enskildes energianvändning är att personen, organisationen eller företaget i fråga har bristfälliga kunskaper om att de själva ansvarar för att kunna hantera konsekvenserna ett avbrott i energileveranserna. Eftersom många tror att ansvaret är någon annans är de dåligt förberedda och vet inte vad de kan göra före och under ett avbrott.

## **5.2 Behov av mer kunskap**

Klimatförändringens betydelse för frekvens och intensitet för vissa väder- och naturföreteelser är i vissa avseende förhållandevis väl beskrivna och relativt entydiga. Detta gäller t.ex. luft- och havstemperatur samt nederbörd. För andra företeelser finns det antingen betydande osäkerheter i de beräkningar som gjorts eller att saknas det helt modeller och data för företeelsen, åtminstone avseende år 2050. I detta kapitel redovisas några naturföreteelser som behöver belysas mer och kopplas till hur de påverkar energiförsörjningen.

### **5.2.1 Åska**

Utifrån det underlag som Energimyndigheten hittills har gått igenom verkar det saknas kunskap och modeller för att förutse hur åskmönstret kommer att förändras i ett förändrat klimat. Detta avseende dels frekvens och intensitet, dels förekomsten i olika delar i landet. Enligt Elforsk 2007a kan antal nedslag per år öka och det kan bli fler kraftiga blixnar, men det antagandet bygger inte på någon vetenskaplig grund. Liknande resonemang förs av Svenska Kraftnät i bilaga B7 till SOU 2007:60.

Som framgår av kapitel 5.1 är åska ett problem inom framför allt elförsörjningen, men även övriga delar av energiförsörjningen kan drabbas av åska – antingen direkt genom blixtnedslag i anläggningar eller indirekt genom att det blir elavbrott eller genom s.k. spänningsdippar.



### **5.2.2 Blötsnö**

Stora mängder blötsnö kan byggas upp mycket snabbt på t.ex. kraftledning (Elforsk 2007a) och då orsaka omfattande haverier i elnätet. Det verkar finnas flera teorier om när blötsnö bildas och det gör det svårt att förutse när blötsnö är att förvänta liksom hur snabbt och hur länge blötsnötillväxten förväntas ske på t.ex. kraftledningar. Se även resonemangen kring nedisning i kapitel 5.2.3 avseende framtida regnnederbörd vintertid.

### **5.2.3 Nedisning**

Nedisning kan orsaka mycket omfattande och långvariga störningar, främst inom elförsörjningen. Ytterst få dokument behandlar nedisningsproblemet med hänsyn till klimatutvecklingen och i de dokument som behandlar nedisning finns inga klara slutsatser.

Elbranschens Elövning 2008, som genomförs i oktober, baseras på ett nedisningsscenarie (isstorm) i nedre Norrland. Den övningen bör kunna bidra med viktiga erfarenheter till att utveckla krisberedskapen för situationer med svår nedisning.

### **5.2.4 Ras, skred och erosion**

I SOU 2007:60 bilaga B14 redovisas ett omfattande arbete kring kartläggning av områden med ökad, oförändrad eller minskad risk för erosion, ras och skred till följd av klimatförändringen. Detta görs med perspektivet år 2071–2100 och inte med tidsperspektivet 2050 som är "målåret" för denna studie.

I det studerade underlagsmaterialet finns inte mycket skrivet om sårbarheter i energiförsörjningen kopplat till de ökade riskerna för ras, skred och erosion. Till exempel beskrivs det generellt om problem i fjärrvärmedistributionen till följd av ras och skred, men det finns ingen redovisning över vilka orter (fjärrvärmenät) som ligger i riskområden.

Ett positivt undantag är Svenska Kraftnät som, avseende stamnätet för el, i bilaga B7 till SOU 2007:60 redovisar en översiktlig inventering och analys för dessa väderrelaterade företeelser. Men Svenska Kraftnät framför ändå att skred och erosion kan utredas mer. För övriga delar av eldistributionen och för naturgasdistributionen saknas det redovisning för denna typ av väder- och naturhändelser. Inget av de studerade dokumenten, utöver Energimyndigheten 2008c, redovisar huruvida det finns energianläggningar i riskområden för klimatförändringens effekter.

### **5.2.5 Översvämningar**

I SOU 2007:60 bilaga B14 presenteras en kartläggning och analys kring hur översvämningar kommer att drabba olika områden till följd av s.k. 100-års flöden i vattendrag och med hänsyn till den förväntade höjningen av havsytan.

I det studerade underlagsmaterial finns inte mycket skrivet om sårbarheter kopplat till de ökade riskerna för översvämningar, åtminstone inget som enkelt går att tolka avseende energiförsörjningens sårbarhet.

England drabbades år 2007 av omfattande översvämningar. Översvämningarna inträffade i områden som inte tidigare hade bedömts som översvämningshotade (Cabinet Office 2007a). Detta visar att det inte går att vara säker på var översvämningar inträffar – speciellt inte som klimatet håller på att förändras.

## 6 Övriga konsekvenser för energisystemet

Ett förändrat klimat medför inte bara fler och mer intensiva oväder. För Sveriges del innebär det även att det blir mildare och regnigare vintrar samt torrare somrar med fler dagar med temperaturer över 20 °C. Detta innebär ett förändrat normalläge för flera parametrar som påverkar energiförsörjningen. Vissa av dessa förändringar kan ses som övervägande positiva för energiförsörjningen medan andra är mer negativa.

Det svenska energisystemet är idag beroende av vädret både när det gäller tillförsel och användning av energi. Till exempel så varierar energianvändningen för uppvärmning bostäder och lokaler mellan årstiderna, samtidigt som vattenkraftens och vindkraftens möjligheter att producera el varierar beroende på nederbördsmängd och vindens energiinnehåll.

Framtidens energisystem kommer att bli allt mer beroende av väder, dels genom att klimatförändringen kommer leda till en förändring av normalläget för t ex temperatur och nederbörd, dels genom att det byggs allt mer väderberoende energislag, t ex sol och vindkraft. Exempelvis kommer varmare temperaturer kommer att påverka energianvändningen samtidigt som högre kylvattentemperaturer påverkar värmekraftens och kraftvärmeverkens förmåga att producera el.

Sammantaget innebär detta att det finns motiv till att utreda hur energisystemet påverkas i ett systemperspektiv och därmed inkludera fler sårbarheter än extrema vädersituationer. I detta kapitel beskrivs vilken kunskap som redan finns dokumenterad i genomgången material när det gäller hur det förändrade normalläget påverkar energitillförseln och användningen. Vidare beskrivs vilka frågor som behöver studeras närmare i det fortsatta arbetet.

### 6.1 Befintlig kunskap

Klimat- och sårbarhetsutredningen framför i sitt slutbetänkande, SOU 2007:60, att energisystemet vinner på klimatförändringen. Till de positiva konsekvenserna räknas en ökad tillrinning, en ökad tillväxt av biomassa samt en minskad energianvändning till följd av milda vintrar. Mer negativa effekter är att ett varmare klimat, utöver en ökad frekvens av vissa extrema väderhändelser, även leder till en ökad användning av energi för att kyla lokaler och bostäder, ökad förekomst av skadeinsekter, svårare att skörda, lagra och transportera biomassa (från jord- och skogsbruk), ökade fuktskador på bostäder och lokaler, ökad medeltemperatur i haven vilket påverkar kylning av svenska kärnkraftverk och kraftvärmeverk samt ett minskat fjärrvärmeunderlag för kraftvärmeverken.

### 6.1.1 Ökad tillrinning

Klimatförändringen kommer att förändra förutsättningarna för vattenkraften. Tillrinningen till vattenkraftdammarna kommer att öka sett över hela året, men den s.k. vårfloden blir inte lika tydlig. Tillrinning kommer även att ske under vintern till följd av snösmältning.

Klimat- och sårbarhetsutredningen skriver:

*Tabell 4.7 Förändring i medeltillrinning i procent för fem testområden, 2011–2040 relativt 1961–1990, framtagen genom linjär interpolation av tabell 4.6, medelvärden för A2- och B2-scenarierna.*

		Suorva	Torpshammar	Trängslet	Vänern	Torsebro
Medel	A2	14,8	7	7	5,2	2,5
Medel	B2	9,8	6,1	6,1	4,3	2,3

Höst- och vintertillrinningarna beräknas öka för samtliga områden fram till 2071–2100 (Andréasson et al, 2006). De norra delarna av landet kommer även i fortsättningen att ha en tydlig vårflod, även om den infaller tidigare och dess maximala flöden minskar på grund av avsmältning vid flera tillfällen och även på grund av nederbörd i form av regn i stället för snö. Mer nederbörd och vid andra tillfällen än i dag kan innebära en större känslighet då magasinen redan är välfyllda. I söder ändras tillrinningsmönstret kraftigt. Dagens vårflod, där snösmältning under kort tid orsakar stora flöden, ersätts av ökade flöden under en längre period vintertid, med maximala tillrinningar som på många håll överstiger dagens. Tillrinningarna under sommarmånaderna kommer att minska betydligt. (Gode et al, 2007) En ökad årsavrinning och vattenföring ger en högre kraftpotential. Störst förväntas ökningen bli för norra Sverige. Simuleringar för Luleälvens avrinningsområde 2071–2100 relativt 1961–1990 visar på en medelökning av vattenkraftpotentialen med omkring 34 procent, en ökad tillrinning framförallt under höst och vinter samt en vårflodstopp cirka en månad tidigare än i dagens klimat (Carlsson et al, 2005). Linjär interpolation ger en ökning med cirka 15 procent redan till tidsperioden 2011–2040. Linjär interpolation ger en ökning med cirka 15 procent redan till tidsperioden 2011–2040.

Om man antar att ovanstående stämmer kommer potentialen i vattenkraftproduktionen att mycket snart öka betydligt, men beräkningar enligt linjär interpolation känns i detta sammanhang lite vanskligt.

### 6.1.2 Ökad medeltemperatur

En högre medeltemperatur under sommaren lär öka användningen av kyla och värmebehovet i bostäder och lokaler under vintern kommer att minska till följd av mildare vintrar. Samtidigt med det minskade behovet av värme under vintertid kommer kraftvärmeverkens möjlighet att producera el att minska till följd av det minskade värmeunderlaget.

### 6.1.3 Varmare hav

Klimatförändringen medför varmare havsvatten. Klimat- och sårbarhetsutredningen skriver i SOU 2007:60, s. 244:

*Kärnkraften är känslig för höga temperaturer i havet. Östersjöns medeltemperatur på årsbasis bedöms öka med mellan två och fyra grader beroende på modell och utsläppsscenario. Ökningen är något större under sommaren.*

Tyvärr nämns inget om tidsperspektivet i anslutning till detta påstående, men texten och figurerna i SOU:ns kapitel 3 (s. 180) avseende 2080-talet kan ha varit underlag för detta påstående.

Högre vattentemperaturer medför att värmekraftanläggningar belägna vid havet eller vid andra vattendrag inte kan nyttjas fullt ut. Kylvattentemperaturens betydelse för kärnkraftsproduktionen beskrivs i SOU 2007:60, s. 249:

*Högre kylvattentemperatur ger lägre verkningsgrad i kärnkraftsanläggningar. Begränsningar finns för hur hög termisk effekt anläggningar får drivas vid, bl.a. beroende på havsvattentemperatur och temperatur i kondensationsbassäng. Varje anläggning är optimerad för en viss specifik kylvattentemperatur. För Forsmark kan sägas att en vattentemperatur på tjugo grader ger ett effektbortfall på cirka 5 procent mot normal drift, ungefär 50 MW per anläggning. Måttliga temperaturhöjningar i storleksordningen två grader bedöms inte kräva några särskilda åtgärder vid anläggningarna. En temperaturhöjning på fyra grader, vilket mycket väl kan ske till slutet av seklet, skulle ge ett något större effektbortfall. Skulle problemet bli av sådan dignitet att investeringar i kylvattenförsörjning krävs, bedöms detta som tekniskt möjligt. Kortare isläggningsstid påverkar inte kylvattenförsörjningen. En högre havsvattennivå bedöms ha en något positiv påverkan, medan en högre alg tillväxt inverkar negativt. (Hartman-Persson, 2007) Vid reinvesteringar i några anläggningar har redan hänsyn tagits till förhöjda vattentemperaturer. En successiv anpassning kan ske, men det bedöms innebära långa ledtider (Gode et al, 2007).*

Under sommaren 2003 kunde kärnkraftreaktorerna Forsmark 3, Oskarshamn 1 och Ringhals 1–4 inte producera för fullt till följd av höga kylvattentemperaturer<sup>7</sup>. I Frankrike fick ett flertal kärnkraftverk stängas helt av samma orsak. Klimatförändringen kan leda till fler och längre värmeböljor, vilket i sin tur leder till höga temperaturer i haven vid kärnkraftverken.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> "Erfarenheter från driften av de svenska kärnkraftverken 2003", Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB.

<sup>8</sup> Idag hämtar kraftverken kylvatten på ca 1 m djup och är dimensionerade för kylvattentemperaturer under 20 °C. Vid uppgraderingen av Oskarshamnsverkets block 3 genomförs åtgärder för att kunna köra reaktorn vid kylvattentemperaturer upp till 25 °C.

#### **6.1.4 Ökad tillväxt av biomassa**

Ökad tillväxt ger oss teoretiskt utökade möjligheter att använda mera biomassa för olika ändamål, men vi kan förvänta oss mera skador i växande skog och grödor på grund av skadeinsekter och svampar osv. Det blir också svårare att skörda biomassa på åker och i skog som följd av ökad nederbörd som påverkar t.ex. markens bärighet. Lagring av skördad biomassa blir också svårare pga. ökad nederbörd.

Trots ökad tillväxt kan effekten av klimatförändringen bli negativ dvs. minskad utbud på biomassa/biobränslen.

### **6.2 Behov av mer kunskap**

Generellt gäller att Klimat- och sårbarhetsutredningens slutsatser i stor utsträckning speglar ett för energiförsörjningen mycket långt tidsperspektiv (2071–2100). För energiförsörjningen är det mer relevant att analysera och dra slutsatser avseende de närmsta 40 åren.

Energiförsörjningen kan påverkas av:

- Förändrade användningsmönster
- Förändrade tillrinningsmönster
- Påverkade möjligheter till elproduktion i kraftvärme och kärnkraftverk till följd av högre kylvattentemperaturer
- Förändrade möjligheter för biobränslehanteringen

Var för sig kommer dessa förändringar inte att innebära någon större sårbarhet för energiförsörjningen. Men kopplar man samman flera av dessa företeelser kan det innebära att den svenska energiförsörjningen försvagas. Mera information om klimateffekters konsekvensers behöver inskaffas, belysas och analyseras i nya utredningar.

I följande underkapitel presenteras kortfattat de områden som ännu inte verkar ha beaktats fullt ut vad avser konsekvenser för energiförsörjningen av klimatförändringens effekter (exklusive risken för extremare vädersituationer som behandlas i kapitel 5).

#### **6.2.1 Förändrade tillrinningsmönster**

Det är inte helt givet att en ökad tillrinning leder till en ökad elproduktion. Rimligtvis ökar möjligheterna till elproduktion i vattenkraftverken. Men det kan behövas förstärkningar och ombyggnationer i anläggningarna, såväl avseende dammarnas som kraftverkens kapacitet. Samtidigt kommer förmodligen dagens vattendomar att begränsa möjligheterna till produktion.

Klimat- och sårbarhetsutredningen föreslår att en utredning bör genomföras för att analysera behovet av omprövningar av vattendomar med tanke på



klimatförändringen (SOU 2007:60, förslag 42). Förslaget i SOU:n bygger på resonemang kring översvämningssrisker och markavvattning. De övriga problemen med att ta tillvara möjligheterna till ökad energiproduktionen i vattenkraftsystemet hanteras mycket översiktligt.

Det är mycket grova antaganden om den ökade potentialen som ligger till grund för bedömningar om den ökade produktionspotentialen. Hänsyn har inte tagits till hur tillrinningsmönstret kommer att förändras under året och hur detta fungerar ihop med befintliga vattendomar och installerad teknik. Eventuellt kan det komma att krävas större marginal i vattenmagasinen för att vara beredd på tillrinning även vid tidpunkter då man normalt inte förväntar sig det.

Det kommer att bli större differenser mellan våtår och torrår. Variationerna kommer troligtvis att bli mycket större mellan olika år. Ett torrår skulle kunna bli ännu torrare än vad de är/kan bli i dagsläget, trots att nederbörds mängderna generellt sett beräknas öka. Detta finns delvis beskrivet i Climate and Energy 2006a, som även belyser svårigheterna att ta tillvara potentialen i den förväntade ökande tillrinningen. Framför allt är det svårt att ta tillvara våtårens potential till elproduktion, men även för normalåret förväntas tillrinning bli högre än vad som är fallet idag. En annan svårighet att hantera är att skillnaden mellan våtår och torrår kommer att öka.

### 6.2.2 Förändrade energianvändningsmönster

I befintligt underlag konstateras kortfattat att behovet av kyla ökar på sommaren och behovet av värme minskar under vintern, men underlaget ger ingen heltäckande bild. Redan idag kan elanvändningen under värmeböljor plötsligt bli stor.

Klimat- och sårbarhetsutredningens slutsats att uppvärmningsbehovet minskar är osäker. I utredningen har man beräknat resultatet utifrån ett befintligt bostadsbestånd. Fritidshus och industrier ingår inte heller i beräkningarna. I Elforsk 2007a finns det däremot en beräkning där befolkningsökning ingår. Om inte energieffektiviseringsåtgärder beaktas visar Elforsks beräkning att energianvändningen ökar i framtiden trots klimatförändringens effekter:

- *Energieffektiviseringsåtgärder inom bostads- och lokalsektorn uppskattas leda till en minskad energianvändning för uppvärmning om ca 14 TWh per år (8 TWh fjärrvärme, 6 TWh el/bränslen/kombinationer). Siffrorna påverkas givetvis starkt av faktisk realisering av energieffektiviseringspotentialer.*
- *Elanvändningen för andra ändamål än uppvärmning uppskattas minska med 6 TWh per år.*
- *Förväntad befolkningsökning kan komma att öka värmebehovet med ca 10 TWh (ca 5 TWh fjärrvärme, 3 TWh el, 2 TWh bränslen).*

- *Klimatförändringar kan komma att minska energibehovet för uppvärmning med ca 13 TWh (varav ca 3 TWh är el).*
- *Efterfrågan på energi för komfortkyla kommer med största sannolikhet att öka, men storleken på ökningen har inte uppskattats inom ramen för projektet.*

I SOU 2007:60 ingår inte någon befolkningsökning vid beräkning av det totala kylbehovet. Trender som kan skönjas idag och som det finns rimlig anledning att tro att de fortsätter måste finnas med i prognoser och scenarier.

I SOU 2007:60 konstateras att klimatförändringen allvarligt kan skada befintliga och framtida byggnadskonstruktioner. Ökad luftfuktighet, ökad nederbörd och ökade temperaturer medför större risk för fukt- och mögelskador som kan leda till ökade hälsoproblem. Detta bör sannolikt medföra ett ökat behov av ventilation och avfuktning, vilket lär innebära ökad elanvändning på sikt.

#### **6.2.3 Möjligheter till elproduktion i kraftvärme och kärnkraftverk till följd av högre kylvattentemperaturer**

I resonemangen i SOU 2007:60 bortses till viss del från problemet med kylvattentemperaturer och produktion i kärnkraftsverk. Klimat- och sårbarhetsutredningen ser det som ett förhållandevis litet problem. Men mer underlag för att kunna avgöra omfattningen av kärnkraftverkens begränsade förmåga att producera el vid värmeböljor behövs. Det kanske inte är en sårbarhet i sig, men med tanke på att varma havsvattentemperaturer oftast sammanfaller med extrema värmeböljor så behövs mer kunskap om detta för att kunna avgöra om det är en sårbarhet sett i ett systemperspektiv.

Fjärrvärmeunderlaget minskar vintertid. Hur detta påverkar produktionsmöjligheterna för värme och el finns inte tydligt beskrivet – detta är mest nämnt som ett faktum.

#### **6.2.4 Förändrade möjligheter för biobränslehanteringen**

Det studerade underlaget ger en viss vägledning om biobränslehanteringen vid den väntade klimatförändringen. Nedan redovisas kommentarer till det studerade underlaget under respektive rapports titel.

##### *Klimatförändringarnas inverkan på drivning och logistik i skogsbruket*

Rapporten (SOU 2007:60, bilaga B20) beskriver vilka konsekvenser eventuella klimatförändringen har för drivning av rundvirke (dvs. avverkning och terrängtransport) och logistik av rundvirke. Vissa resultat i rapporten gäller även för skogsbränslen.

Rapporten belyser inte skörd, lagring och logistik av skogsbränslen/trädbränslen.

*Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar – Effekter, sårbarhet och anpassning. Konsekvenser för biobränsleförsörjningen (Kapitel 5).*

Kapitel 5 (Elforsk 2007a) tar upp klimatrelaterade aspekter som påverkar biobränsleförsörjningen. Kapitlets fokus är på skog. Konsekvenser för skogsbruk/skogsskötsel och skogsproduktion behandlas i rapporten. Även påverkan på trädbiomassans egenskaper inkluderas. Lagring och logistik berörs men endast i två korta stycken (kap. 5.7). Biobränslen från åkern behandlas sporadiskt (kap 5.6).

Rapporten belyser inte lagringsproblematiken och logistiken av biobränslen från jordbruket vid ett förändrat framtida.

*Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige*

Rapporten (SOU 2007:60, bilaga B24) tar upp följande frågor om åkergrödor:

- Markanvändningsscenarier
- Vattentillgång
- Växtskadegörare
- Ogräs
- Kvalitet
- Växtnäringsläckage
- Anpassning till klimatförändringen

Rapporten täcker således den biologiska delen av växtodlingen och vilka konsekvenser klimatförändringen kan ha för åkerbruket i Sverige. Rapporten belyser inte skörd, lagring och logistik av åkergrödor.

*Omvärldsanalyser och skogsnärings utveckling: Skogsnärings utveckling – strukturuomvandling, rationalisering, internationell konkurrens, efterfrågan på olika skogsprodukter inklusive biobränslen (2020 med utblick mot 2050 och 2080)*

Rapporten (SOU 2007:60, bilaga B22) täcker inte de konsekvenser av klimatförändringens som står i fokus i Energimyndighetens studie. Klimatfrågan har endast en underordnad roll i rapporten. Omvärldsanalysen är också otillräcklig.

Det behövs en mera detaljerad analys av skogsbrukets/skogsindustrins framtidsutsikter vid ett ändrat framtida klimat kopplat till en mera detaljerad omvärldsanalys.

#### **6.2.5 Omvärldsanalys**

Inget av de studerade dokumenten presenterar en genomlysning/kartering av information (utredningar) om energisystemets sårbarhet inför klimatförändringen. Det finns därmed ett behov av information om genomförda och pågående utredningar i framför allt Europa, USA, Kanada och Ryssland om energisystemets sårbarhet inför ett förändrat klimat.



## **7 Summering och plan för fortsatt arbete**

De flesta forskare är eniga om att klimatet håller på att förändras. Förändringarna innebär inte enbart att antalet extrema vädersituationer kommer att öka. För Sveriges del handlar det också om att klimatet blir mildare med varmare och mera regniga vintrar och torrare somrar. Detta kommer att påverka och förändra förutsättningarna för tillförsel och användning av energi. Energiförsörjningen kan t.ex. påverkas av förändringar med avseende på det årliga mönstret för energianvändning, tillrinningsmönster för vattenkraften, högre kylvattentemperaturer och förändringar i biobränslehanteringen. Var för sig utgör ingen av dessa förändringar en uppenbart större sårbarhet i energiförsörjningen, men sammankopplat kan de medföra att robustheten i den svenska energiförsörjningen försvagas.

När det gäller framtida extrema väderhändelser så är hoten inte nya, redan idag utsätts energiförsörjningen för prövningar i form av extremt väder. Ett framtida förändrat klimat förväntas öka intensitet och frekvens för vissa av dessa väderrelaterade hot. Detta kommer att ställa allt högre krav på samhällets samlade förmåga att förhindra och hantera störningar i energiförsörjningen

Med det förändrade klimatet ökar sårbarheterna i det svenska energisystemet på flera sätt. Detta kommer att ställa krav på ytterligare åtgärder för att förbättra förmågan att förhindra och hantera energikriser. Åtgärderna kommer i sin tur ställa krav på insatser både nationellt, regionalt och kommunalt samtidigt som både privata och offentliga aktörer måste involveras. Energimyndighetens fortsatta arbete kommer bland annat att omfatta en utredning kring befintliga åtgärder samt förslag på nya sådana (se kapitel 7.2).

I slutet av november 2009 ska Energimyndigheten avrapportera det uppdrag som finns beskrivet i regleringsbrevet för 2008. I syfte att möjliggöra sammanställandet av slutrapporten har Energimyndigheten identifierat flera områden där ytterligare kunskap kommer att behövas. Dessa utredningar (se kapitel 7.1) kommer tillsammans med redan framtaget material och en utredning rörande förslag på åtgärder att utgöra underlag till den slutliga rapporten.

### **7.1 Behov av nya utredningar**

I detta kapitel beskrivs de förslag till delutredningar som Energimyndigheten funnit behov av att genomföra i det fortsatta arbetet med att identifiera sårbarheter kopplade till klimatförändringen och dess påverkan på energiförsörjningen.

Förslagen är grupperade i fem kategorier:

- 1 Klimatdata från andra myndigheter
- 2 "Väderhotade" anläggningar
- 3 Internationella studier och kontakter
- 4 Framtidens energiförsörjning och behov
- 5 Underlag för bedömningar av sårbarheter i ett systemperspektiv.

De tre första kategorierna är i huvudsak knutna till uppdraget enligt regleringsbrevet och de två sista är mer knutna till Energimyndighetens utvidgning av projektet (se kapitel 2.1).

Energimyndigheten anser att samtliga nedanstående delutredningar behövs i det fortsatta arbetet med att identifiera sårbarheter kopplade till det förändrade klimatets påverkan på energiförsörjningen. Arbetet bedöms vara relativt omfattande och myndigheten kommer förmodligen att behöva genomföra vissa prioriteringar bland delutredningarna. Prioriteringar kommer att ske inom ramen för det av Energimyndigheten utvidgade projektet och framför allt avse när i tiden delutredningarna ska utföras.

#### **7.1.1 Klimatdata från andra myndigheter**

För att kunna genomföra en mer utförlig analys bedömer Energimyndigheten att informationen om hur vissa väder- och klimatparametrar förändras i framtiden behöver behandlas ytterligare. Det finns ett omfattande underlag hos andra myndigheter. Detta underlag bör sammanställas på ett översiktligt sätt och inkludera information och bedömningar om tidsperioden från nu fram till år 2050.

Underlag finns hos t.ex. SMHI, SGU (Sveriges geologiska undersökning) och Räddningsverket, men det behöver sammanställas. I sammanställningen bör ingå underlag avseende de naturföreteelser som presenteras i kapitel 4 samt en kartläggning av områden där risken för t.ex. ras, skred och översvämning är extra hög. Rapporten kommer att utgöra underlag för övriga delutredningar och slutrapporten.

#### **7.1.2 "Väderhotade" energianläggningar**

Resultaten av den översiktliga analys som ligger till grund för denna delrapport visar att det finns behov av att utreda hur olika anläggningstyper påverkas av konsekvenserna av extrema väderhändelser. För att möjliggöra en djupare analys av frågan krävs utredningar inom framförallt tre områden.

##### *Inventering av berörda anläggningar*

Energimyndigheten har identifierat ett behov av en övergripande kartläggning kring vilka geografiska områden som ligger inom riskzonen för extrema vädersituationer inom de närmaste 40–50 åren samt vilka anläggningstyper inom energiförsörjningen som är särskilt känsliga för dessa situationer. Särskilt fokus



bör ligga på översvämningar, ras och skred eftersom det är inom dessa områden som myndigheten har identifierat de största briserna i genomgången material.

Det finns ingen samlad nationell bild över vilka och hur många energianläggningar, som är hotade till följd av klimatförändringens effekter – varken i dagens riskområden eller i framtida riskområden. Exempel på energianläggningar som blir berörda av klimatförändringens effekter är:

- Vattenkraftsdammar och vattenkraftstationer
- Kärnkraftverk
- Kraftvärmeverk
- Värmeverk
- Fjärrvärmenät
- Fjärrkylanät
- Transmissions- och distributionsnät för naturgas inklusive mät- och reglerstationer
- Elnät (elledningar, transformatorstationer, fördelningsstationer)

I ett fortsatt arbete bör en inventering av ”väderhotade” energianläggningar göras för att få svar på t.ex. följande frågor.

- Vilka områden ligger i riskzonen för översvämningar, ras, skred och andra extrema vädersituationer inom de närmaste 40–50 åren?
- Finns det, mot bakgrund av detta, områden som inte bör bebyggas med nya energianläggningar?
- Hur påverkas dagens och framtida energianläggningar (enligt ovanstående lista) av översvämningar, ökad vattenmättnad i marken, ras, och skred?
- Finns det några särskilda frågor som bör beaktas vid bygglov för framtida anläggningar?

#### *Naturgasförsörjningens sårbarhet*

Det finns inte mycket beskrivet om naturgasförsörjningens sårbarhet. Idag är konsumenter i Sverige beroende av tillförsel från Danmark i en enda ledning. I framtiden kanske naturgasen istället importeras från Norge. Naturgasdistributionen sker i rörledningar ovan och under mark och är därmed sårbara för händelser som ras, skred och erosion.

Det bör göras en samlad genomlysning av naturgasförsörjningens sårbarhet såväl ur tillförsel- som ur distributionssynpunkt med särskilt fokus på effekter av ett förändrat klimat.

#### *Fallstudie avseende risk- och sårbarhetsanalys för ett kraftvärmeverk*

I syfte att skapa praktiska erfarenheter bör en fallstudie i form av risk- och sårbarhetsanalys genomföras för en kraftvärmeanläggning (kombinerad fjärrvärme- och elproduktion) som använder olika bränslen, försörjer en relativt stor stad samt om möjligt även framställer och distribuerar fjärrkyla. Detta för att

skapa en bild över hur sårbar anläggningen/samhället i praktiken är för klimatförändringens effekter.

### **7.1.3 Internationella studier och kontakter**

Andra länder kan ha kommit längre inom ramen för anpassningar till ett förändrat klimat. Det är relevant för det fortsatta arbetet att initiera kontakter för att möjliggöra ett ökat utbyte av information. För det fortsatta arbetet har analyser inom två områden identifierats.

#### *Vad har grannländer och EU gjort?*

Det finns ett behov av att undersöka om det finns studier som har klimat- och sårbarhetsfokus i andra länder i Europa. Arbetet skulle innebära en genomlysning av de viktigaste slutsatserna från sådana studier.

Förslagsvis genomförs arbetet i form av litteraturstudier och kontakter med andra EU-länders energimyndigheter/miljömyndigheter samt EU:s generaldirektorat för energi och transport.

#### *Klimatsårbarhet i omvärlden och dess påverkan på Sverige*

Händelser i våra grannländer eller till och med på andra sidan jorden kan påverka tryggheten i den svenska energiförsörjningen. Ett exempel är att orkaner i mexikanska golfen redan idag medför att plattformar för olje- och naturgasutvinning tillfälligt måste stänga eller att raffinaderier och annan infrastruktur förstörs. I november 2007 stängdes tillfälligt det gasfält i Nordsjön från vilket Sverige får sin naturgas. I framtiden kanske naturgas även importeras från Norge.

Ett annat exempel är att internationell handel av biobränslen ökar i snabb takt. Sverige importerar i dagsläget 5–9 TWh biobränslen. Bränslen som importeras är bl.a. sockerrörsetanol och träpellets (tillverkade av sågspån). Biobränsleproduktionen är, oavsett var i världen man befinner sig, beroende av väderlek och därmed också av ett förändrat klimat. Det är därför rimligt att anta att klimatförändringen med stor sannolikhet kommer att försvåra den internationella handeln av biomassa och biobränslen.

Den nordiska elmarknaden är även mycket beroende av vattenkraftsproduktion och påverkas därmed av klimatförändringens effekter. Prognoserna tyder på ökad nederbörd i Norden. Samtidigt utsätter det allt varmare klimatet i Europa hela det Europeiska elsystemet för nya påfrestningar med en allt större efterfrågan på el för kylning under sommaren.

Mot bakgrund av detta finns således behov av att närmare studera hur sårbar omvärlden är för klimatförändringens effekter, vilken påverkan det får för energiförsörjningen i Sverige samt hur det påverkar våra möjligheter att även fortsättningsvis kunna importera olja, naturgas, biobränslen, el m.m.

#### 7.1.4 Framtidens energiförsörjning och behov

För att avgöra hur framtida extrema vädersituationer eller klimatförändring kommer att påverka sårbarheten i det svenska energisystemet krävs underlag i form av bedömningar kring den framtida utvecklingen. Som underlag i detta arbete finns det prognosarbete som Energimyndigheten genomför inom ramen för klimatrapporeringen till EU. Myndigheten har identifierat två områden där ytterligare analys och utredning är av vikt.

##### *Kvalitativ känslighetsanalys av Energimyndighetens scenarier*

Vartannat år ger Energimyndigheten ut en publikation med långsiktsprognos för det svenska energisystemet. Prognosen omfattar för närvarande scenarier för år 2020. Långsiktsprognoten utgör Sveriges klimatrapporering till EU och rapporteras nästa gång den 15 mars 2009.

Det finns behov av att i samband med prognosarbetet genomföra en känslighetsanalys som väger in klimatförändringens effekter och kvalitativt analyserar dessa effekter utifrån hur de skulle kunna påverka det framtida energisystemet och scenarioresultaten.

##### *Framtidens energisystem*

Det råder, högst naturligt, stor osäkerhet kring det framtida energisystemets utformning. I de långsiktsprognoserna som skrivs av Energimyndigheten beaktas förändringar i energisystemet, men de prognoserna har tidsperspektivet 15–20 år framåt. Detta är inte ett tillräckligt långt i framtiden för att täcka viktiga frågor för denna studies syfte. Bland oklarheterna finns följande:

- hur mycket vindkraften byggs ut
- vilka effekter vindkraftsutbyggnaden får för energisystemet
- hur länge kärnkraften kommer att finnas kvar (av tekniska, ekonomiska och politiska skäl)
- hur fördelningen mellan olika energislag kommer att förändras.

Ett område som ur denna studies synvinkel är särskilt intressant är om nya tekniker för energiproduktion, distribution och lagring är mer eller mindre känsliga för klimatförändringens effekter än dagens tekniker.

En annan stor osäkerhet är om den framtida energianvändningen ökar eller minskar och om/hur mycket klimatdebatten påverkar energianvändningen. I detta sammanhang finns även frågan om hur användningen av energi för olika ändamål kommer att förändras när klimatet blir varmare, blötare och extremare.

Ett annat område som behöver studeras är hur elförsörjningen påverkas när transportsektorn blir allt mer elberoende. Kommer då sårbarheten i och beroendet av elförsörjningen att bli ännu större? Går det att förebygga?

En studie bör genomföras som sammanställer trender och prognoser avseende energisystemets utveckling i ett långt tidsperspektiv (längre än

Energimyndighetens långsiktsprognoiser) och analysera detta ur ett klimatperspektiv.

### **7.1.5 Underlag för bedömning av sårbarheter i ett systemperspektiv**

Energisystemet är komplext, det omfattar allt från tillförsel och utvinning till slutanvändarens beroende av olika energislag. Påverkas en delsektor kan detta mycket väl få efterverkningar i en annan sektor. För Sveriges del innebär klimatförändringen att klimatet blir mildare med varmare och mera regniga vintrar och torrare somrar. Detta kommer att påverka och förändra förutsättningarna för tillförsel och användning av energi. Behov av att i det fortsatta arbetet analysera hur dessa förändringar påverkar energisystemet har identifierats inom fem olika områden.

#### *Framtida behov av kyla*

Högre temperaturer kommer att öka behovet av kyla sommartid. Försäljning av värmepumpar, framförallt luft-luft-värmepumpar, har stadigt ökat under senare år. Det saknas idag en samlad bild över hur den ökade användningen av värmepumpar påverkar energiförsörjningen i ett längre tidsperspektiv. En värmepump räcker sällan som värmekälla i en bostad, under de kallaste perioderna vintertid krävs tillskott med annan lösning.

En studie bör genomföras för att bland annat få svar på följande frågor.

- Hur många har installerat värmepump i sina hus och vilken värme- respektive kyleffekt har de?
- Vilken verkningsgrad har värmepumpar när de används för att producera kyla?
- Hur stor blir elanvändningen om värmepumparna börjar användas för kyla på sommaren?
- Hur ser försäljningen av luftkonditioneringsanläggningar ut? Finns någon prognos för framtida år?
- Hur mycket el används till kyla idag?
- Vad innebär det för elanvändningen och effekthalansen?

I arbetet bör ingå en delstudie kring hur energianvändningens fördelning på värme respektive kyla ser ut i de europeiska länder som idag har det klimat som förväntas bli i Sverige cirka år 2050.

#### *Vattenkraft och förändrat tillrinningsmönster*

Tillrinningen till vattenkraftdammarna kommer till följd av klimatförändringen att öka. Även tillrinningsmönstret under året kommer att förändras med mer nederbörd i form av regn under hela året. Den klassiska vårfloden kommer inte var lika tydlig osv. I det studerade materialet skrivs mycket om att det blir en ökad potential till vattenkraft, men hur mycket kraftverken kan producera styrs av flera andra faktorer, t.ex. tekniska lösningar och gällande vattendomar. Där den sistnämnda grundar sig på dagens normala tillrinningsmönster.

Det finns en hel del frågetecken kring möjligheten att kunna nyttja den utökade vattenkraftspotentialen. En studie bör därför genomföras för att svara på bland annat följande frågor.

- Hur kommer tillrinningsmönstret att förändras?
- Hur mycket mer vatten klarar befintliga anläggningar?
- Vad säger dagens vattendomar?
- Vilka förstärkningar, moderniseringar behövs i vattenkraftanläggningarna för att kunna producera mer el?

#### *Värmekraft och kylvattentemperatur*

Samtliga av landets kärnkraftverk ligger vid havet och påverkas därför av höjda havsvattentemperaturer. Liknande problem finns troligen även för övriga värmekraftsanläggningar (kraftvärmeverk, kondenskraftverk) eftersom många ligger vid havet eller något vattendrag.

Det har inte genomförts någon samlad utredning kring detta. Ur kärnsäkerhetsteknisk synvinkel är det inga större problem – då handlar det framförallt om att stänga av anläggningen och kyla bort resteffekten alternativt begränsa produktionen (som under sommaren 2003). Men det kan bli ett problem om detta sker när elbehovet ökar under sommaren till följd av t.ex. ökat behov av kyla i Sverige och i utlandet.

Exempel på frågor som bör studeras är:

- Vilka temperaturer är anläggningarna dimensionerade för?
- Vilka temperaturer kan vi vänta oss i haven utanför kärnkraftverken och på kylvatten till annan värmekraftsbaserad produktion under de närmsta 40 åren? Blir haven så varma att kraftverken måste begränsa sin produktion eller tillfälligt stoppa produktionen helt?
- Vad gör kraftbolagen själva?
- Vad krävs för att ta kylvatten från djupare vatten?

#### *Lagring och hantering av biobränslen*

Ett förändrat klimat kommer med stor sannolikhet att innebära större nederbördsmängder i framtiden. Detta kan påverka hela den logistiska kedjan för rundvirke, biobränsleråvaror och biobränslen.

Det kommer sannolikt att bli större skador på mark och träd. Blötare markförhållanden ställer stora krav på planering och förarnas skicklighet vid avverkning och terrängtransport. Även valet av maskiner påverkas. Det kommer att krävas lättare maskiner med mindre marktryck i framtiden. Anpassningar, t.ex. i form av förändrad avverkningstidpunkt och var och hur materialet lagras längs den logistiska kedjan, kan också behövas. Detta gäller såväl rundvirke som trädbiomassa för energiändamål, t.ex. grenar och toppar (GROT). På lång sikt kan även valet av trädslag påverkas. Med största sannolikhet skulle detta innebära en större andel gran och olika lövträd i våra skogar i framtiden.

Även åkerbruket påverkas av klimatförändringen. Anpassningar till blötare förhållanden kommer att behövas. Det går inte att utesluta att även valet av grödor påverkas. Som ett exempel kan nämnas att odling av Salix skulle gynnas av mera nederbörd (högre tillväxt). Men skörden av Salix skulle bli svårare, eftersom Salix alltid skördas avlövat dvs. på vinterhalvåret då marken oftast är i tjäle. Om tjäle uteblir kan skördeoperationen orsaka stora markskador och även skada trädens rötter m.m. Den logistiska kedjan inklusive lagring vid olika tillfällen längs kedjan kommer också att påverkas.

Förslagsvis genomförs arbetet i form av litteraturstudier och kontakter med forskare och experter i Sverige, Finland och i några utvalda länder i Europa avseende:

- Lagring/logistik av:
  - biobränsleråvaror från skog och åker
  - biobränslen
- Avverkning/skörd
- Maskinutveckling i framtiden

#### *Kraftvärme och värmeunderlag*

Det kommer att bli varmare året om. Kraftvärmeverk utnyttjar fjärrvärmenätens värmeunderlag för att kunna producera el. Med högre utomhustemperaturer under framför allt vintern kommer värmeunderlaget att minska och därmed kommer möjligheten till elproduktionen att minska. Detta kan eventuellt motverkas av att fler kunder ansluts till fjärrvärmenäten.

Det behövs en studie inklusive en känslighetsanalys kopplat till klimatprognoser och planer/trender avseende fjärrvärmeutbyggnad.

## **7.2 Utforma åtgärdsförslag**

I uppdraget som finns formulerat i Energimyndighetens regleringsbrev för 2008 ingår att föreslå åtgärder att vidta på statlig, kommunal respektive privat nivå. Inom ramen för det fortsatta arbetet kommer därför en utredning/inventering med avseende på befintliga åtgärder att göras. Med utgångspunkt från denna inventering ska även förslag till eventuella nya/ fler åtgärder utarbetas (se även kapitel 2.2.1).

Åtgärderna ska omfatta hantering av både extrema vädersituationer och klimatförändringens övriga påverkan på energisystemet. Kartläggningen kommer att omfatta samtliga kommuner, de flesta energiföretag och några verk/myndigheter. I arbetet ingår även att identifiera vilka klimatrelaterade risker som kommer att kräva särskilda åtgärder i energisektorn samt att utforma övergripande förslag till åtgärder.



Resultatet av arbetet kommer att sammanställas i en underlagsrapport till studiens slutrapport.

## 8 Referenser

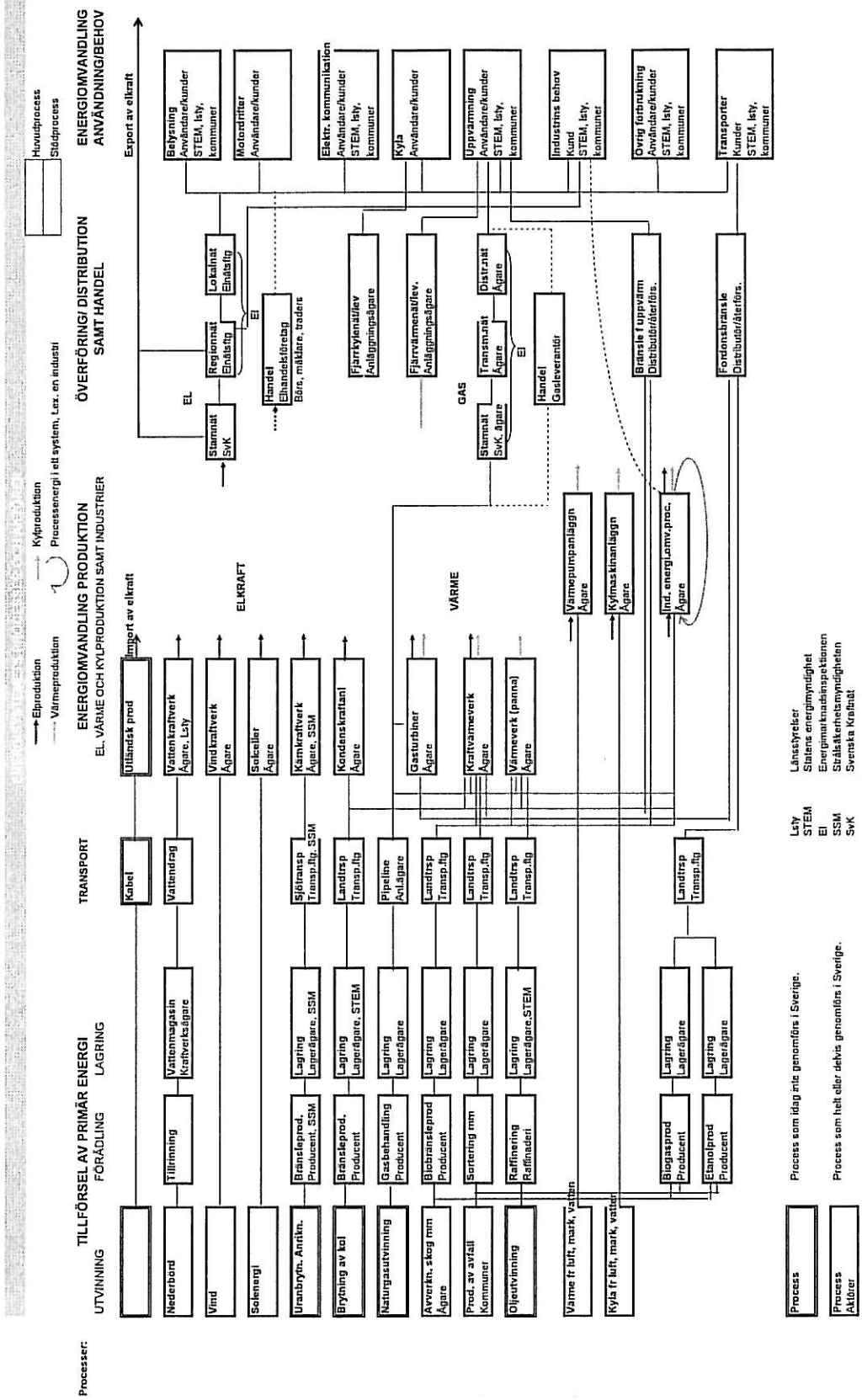
- Cabinet Office 2007a: *Learning lessons from the 2007 floods. An independent review by Sir Michael Pitt*. United Kingdom Cabinet office, ref. 284668/1207.
- Climate and Energy 2006a: *CLIMATE CHANGE –CONSEQUENCES FOR THE ELECTRICITY SYSTEM Analysis of Nord Pool system*. Nordic Project on Climate and Energy, Report no. CE-5, ISBN 9979-68-194-2.
- Climate and Energy 2007a: *Impacts of climate change on river runoff, glaciers and hydropower in the Nordic area*. Nordic Project on Climate and Energy, Report no. CE-6, ISBN 978-9979-68-216-5.
- Elforsk 2007a: *Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar. Effekter, sårbarhet och anpassning*. Elforsk rapport nr 07:39.
- Elforsk 2007b: *Konsekvenser för vindkraften i Sverige av klimatförändringar*. Elforsk rapport nr 07:33.
- Energimyndigheten 2007a: *Energiläget 2007*. Energimyndigheten, ET 2007:49.
- Energimyndigheten 2007b: *Långsiktsprogno 2006 – enligt det nationella systemet för klimatrapportering*. Energimyndigheten, ER 2007:02.
- Energimyndigheten 2008a: *Trygg energiförsörjning 2007 – En översiktlig analys av risker och sårbarheter i energiförsörjningen*. Energimyndigheten, ER 2008:07.
- Energimyndigheten 2008b: *Utvärdering av stormen Per – Konsekvenser och lärdomar för en tryggare energiförsörjning*. Energimyndigheten, ER 2007:37.
- Energimyndigheten 2008c: *Risk- och sårbarhetsanalys avseende raffinaderier och depåer – med fokus på samhällets försörjningstrygghet*. Energimyndigheten, dnr 17-07-3471.
- Energimyndigheten 2008d: *Orkaner i Mexikanska golfen – och deras konsekvenser för den globala oljemarknaden*. Energimyndigheten, ET 2008:02.
- Energimyndigheten 2008e: *Energiläget i siffror*. Energimyndigheten, ET 2008:15.
- Norden 2007a: *Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources. Their role in the Nordic energy system. A comprehensive report resulting from a Nordic Energy research project*. Nordic Council of Ministers, Nord 2007:003, ISBN 978-92-893-1465-7.
- Regleringsbrev för budgetåret 2008 avseende Statens energimyndighet inom utgiftsområde 21 Energi. Näringsdepartementet, N2007/10084/E.
- Remissvaren på SOU 2007:60.

- SGI 2006a: *På säker grund för hållbar utveckling. Förslag till handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat.* Statens geotekniska institut, Dnr 3-0503-0151.
- SMHI 2007a: *Översiktlig kartpresentation av klimatförändringars påverkan på Sveriges vattentillgång – Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen.* Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, Hydrologi Nr 106.
- SOU 2007:60, *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter* Huvudrapporten samt bilagorna 1, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 22, 23 och 24. Slutbetänkande från Klimat- och sårbarhetsutredningen.
- Svenska Kraftnät 2008a: *Storskalig utbyggnad av vindkraften – Konsekvenser för stamnätet och behovet av reglerkraft.* Svenska Kraftnät, dnr 617/2008/AN40.

## 8.1 Övrig läst litteratur

- Elforsk 2006a: *Dammsäkerhet - Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat.* Elforsk rapport 06:80.
- IVA 2008a: *Framsyn för krisberedskap. Samhällskritiska transporter.* Kungl. ingenjörsvetenskapsakademien, IVA-M 374, ISBN 978-91-7082-780-8.
- Naturvårdsverket 2007a: *FN:s klimatpanel 2007. Klimateffekter, anpassning och sårbarhet Sammanfattning för beslutsfattare.* Naturvårdsverket, rapport 5704.
- RRV 2007a: *Säkerheten vid vattenkraftdammar, Riksrevisionen, rapport RiR 2007:9, ISBN 978 91 7086 108 0.*
- Räddningsverket 2007a: *Nya olycksrisker i ett framtida energisystem Nya olycksrisker som kan uppstå i ett framtida diversifierat energiförsörjningssystem.* Räddningsverket, beställningsnummer I99-161/07.
- Shell 2008a: *Shell energy scenarios to 2050.* Shell International BV.
- SMHI 2006a: *Climate Change and Energy: Hydropower production in future climates – an example from Sweden.* Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, nyhetsbrevet Climate Change and Energy, No 3, October 2006.
- SOU 2006:94, *Översvämningshot, Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern.* Delbetänkande från Klimat och sårbarhetsutredningen.
- SOU 2007:36. *Bioenergi från jordbruket – en växande resurs.* Betänkande av Utredningen om jordbruket som bioenergiproducent.

## **Bilaga 1 – Översiktlig bild över energisystemets processer och aktörer**











#### Vårt mål – en smartare energianvändning

Energimyndigheten är en statlig myndighet som arbetar för ett tryggt, miljövänligt och effektivt energisystem. Genom internationellt samarbete och engagemang kan vi bidra till att nå klimatmålen.

Myndigheten finansierar forskning och utveckling av ny energiteknik. Vi går aktivt in med stöd till affärsidéer och innovationer som kan leda till nya företag.

Vi visar också svenska hushåll och företag vägen till en smartare energianvändning.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats

