

Inverkan av klimatförändringar på byggnadsverk och byggande

Avrapportering av SBUF-projekt 12082

Sammanfattning

Föreliggande dokument utgör en avrapportering av ett tidigare beviljat SBUF-bidrag för en vidareutveckling av ansökan ”Inverkan av klimatförändringar på byggnadsverk och byggande” (12082). Avsnitt 1-3 redovisar en sammanställning av tillgänglig information om prognostiserade framtida klimatförändringar ur ett globalt respektive ett svenskt perspektiv. Avsnitt 4 ger en överblick över möjliga effekter på byggnader och anläggningar inklusive produktionsfasen. En sammanfattning av Avsnitt 4 återfinns i Avsnitt 5. Utöver de referenser som anges i den löpande texten har delar av Avsnitt 3-5 hämtats från en tidigare analys som utförts av Bernt Johansson och Sven Thelanders-son på uppdrag av Ove Lagerqvist.

Sammanfattningsvis visar Avsnitt 1-5 att pågående och framtida klimatförändringar kan antas komma att ha stora effekter inom samhällsbyggnadet. Befintliga byggnader och anläggningar utsätts för påfrestningar som inte förutsågs när de ursprungligen projekterades, och riskerna som är förknippade med detta måste hanteras. Byggnader och anläggningar som uppförs nu byggs normalt för en livslängd på 50 år för byggnader och 120 år för broar men de blir ofta mycket äldre. Byggande och projektering måste därför ta höjd för påverkningar som inte längre kan prognostiseras på basis av historiska erfarenheter av klimat och klimatvariationer. Detta gör att klimatförändringar behöver beaktas över ett långt tidsperspektiv redan i dagens byggande. De pågående förändringarna i klimatet kan även på kort sikt ha betydelse för byggproduktionen genom att sannolikheten för extrema klimateffekter långsamt ökar. Detta gör att de risker som är förknippade med all byggnadsproduktion ändrar karaktär, vilket kan få betydande effekter på hur de bör hanteras.

Många av klimatförändringarnas effekter är negativa sett ur ett samhällsperspektiv innebärande ökade risker och kostnader. Sett ur byggentreprenörernas perspektiv dominerar dock de positiva effekterna i form av nya affärsmöjligheter. De förväntade framtida klimatförändringarna innebär alltså både hinder och möjligheter för byggentreprenörerna.

Sammantaget kan man identifiera ett stort behov av FoU-satsningar kopplade till framtida klimatförändringars inverkan på byggnadsverk och byggande. Detta berör till exempel fuktsäkra konstruktioner och produktionsmetoder, förstärkningsmetoder för mark och dammar, förändrade karakteristiska snö- och vindlaster samt förändrade klimatförhållandens inverkan på energihushållning.

Ove Lagerqvist
Thomas Olofsson
Byggproduktion, Inst för samhällsbyggnad, LTU

1. Allmänt

Klimatet och dess förändring över tiden studeras på många håll i världen och vi matas kontinuerligt med ny information om klimatrelaterade observationer, prognoser, förutsägelser etc. Den internationellt mest kända källan till information är antagligen IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) som verkar inom FN:s ram. Andra internationella källor med tyngd är NASA och GISS (the Goddard Institute for Space Studies) och i Sverige har vi SMHI som, utöver sin övriga verksamhet, även bedriver en omfattande klimatrelaterad forskning.

Studier över hur klimatet förändrats i historisk tid baseras på tillgängliga mätdata, analyser av borrhärdar, analyser av arkeologiska fynd och mycket annat. Här kan man bedöma att säkerheten i de slutsatser som presenteras är relativt stor. Studier och förutsägelser av den framtida utvecklingen baseras på antaganden och utvecklade modeller och här är givetvis osäkerheten större. De olika osäkerheterna kan studeras, karakteriseras bättre och på sikt även minskas, men vi kan dock aldrig eliminera dem fullständigt, inte ens med omfattande forskning. Att förutsägelseerna om den framtida klimatutvecklingen innehåller osäkerheter utgör förstas en svårighet för samtliga aktörer då beslut ska fattas. Detta innebär dock inte att studier och analyser baserade på olika scenarier inte hjälper oss att bli bättre rustade att möta framtiden.

Även om det råder osäkerheter kring hur det framtida klimatet kommer att utvecklas finns det en stor samstämmighet bland forskare och andra initierade om att klimatet håller på att förändras och att detta till stor del beror på utsläpp av växthusgaser och andra mänskliga aktiviteter. En stor osäkerhet i sammanhanget är de framtida utsläppens storlek, vilket i sin tur grundar sig på att det är svårt att förutse hur det globala samhället kommer att utvecklas. Det finns även osäkerheter om hur kolcykeln påverkas av klimatets förändring, vilket avgör hur mycket av framtida utsläpp som samlas i atmosfären, och om klimatsystemets känslighet för ändringar i atmosfärens sammansättning. En ytterligare osäkerhet är de klimatmodeller som tillämpas för att förutsäga utvecklingen som, även om både modellerna i sig och datorkraften är i ständig utveckling, ännu inte fullt ut kan modellera och återskapa det komplexa system som det globala klimatet utgör.

Det finns dock även en hel del robusta kunskaper. Läran om tidigare klimatvariationer tyder på att klimatsystemet är känsligt för påverkan. Teorin om växthuseffekten går tillbaka över 100 år. Att atmosfärens sammansättning ändras på grund av utsläppen råder det inte heller några tvivel om. Sammantaget visat olika mätdata samstämmigt att en klimatförändring redan är pågående. Den för närvarande bäst ansedda förklaringen till de under 1900-talet uppmätta förändringarna omfattar både naturliga och av människa orsakade faktorer. De senaste årtiondenas uppvärmning anses dock uteslutande bero på utsläppen.

De globala utsläppen av växthusgaser håller fortfarande på att öka och att hejda denna ökning tar tid, bland annat beroende på att det kräver politiska överenskommelser på en global nivå. Dessutom är den redan i systemet ackumulerade klimatpåverkan så pass stor att det är för sent att helt undvika en fortsatt klimatförändring. Även om det inte skulle bli några ytterligare utsläpp skulle den globala uppvärmningen under 2000-talet fortsätta med ytterligare 0,5 grader. Med fortsatta utsläpp handlar det om en betydligt större uppvärmning. Det blir alltså varmare även om vi inte säkert vet hur mycket. Osäkerheten i sig är en drivkraft för att studera klimatfrågan närmare eftersom vi inte fullt ut kan förutse konsekvenserna. Med ett stort antal scenarier och modeller kan vi bättre uppskatta för- och nackdelar av tänkbara utfall och utveckla strategier för att hantera dessa.

De pågående och framtida klimatförändringarna kommer att få konsekvenser över de flesta samhällssektorer. De kan även antas komma att ha stora effekter inom samhällsbyggandet. Befintliga byggnader och infrastrukturåtgångningar utsätts för påfrestningar som inte förutsågs när de ursprungligen projekterades, och riskerna som är förknippade med detta måste hanteras. Byggnader och anläggningar som uppförs nu byggs normalt för en livslängd på 50 år för byggnader och 120 år för broar men de blir ofta mycket äldre. Byggnader och projektering måste därför ta höjd för påverkningar som inte längre kan prognostiseras på basis av historiska erfarenheter av klimat och

klimatvariationer. Detta gör att klimatförändringar behöver beaktas över ett långt tidsperspektiv redan i dagens byggande.

De pågående förändringarna i klimatet kan även på kort sikt ha betydelse för byggproduktionen genom att sannolikheten för extrema klimateffekter långsamt ökar. Detta gör att de risker som är förknippade med all byggnadsproduktion ändrar karaktär, vilket kan få betydande effekter på hur de bör hanteras.

2. Det framtida klimatet ur ett globalt perspektiv

I ett typiskt globalt klimatscenario ökar årsmedeltemperaturen överallt även om olika regioner påverkas något olika. Kontinenterna och Arktis uppvisar snabbare och större uppvärmning än haven. Detta kan förklaras med att skillnaden mellan havets och landytans värmekapacitet, cirkulationen i havet och en återkoppling mellan dels smältande havsis och dels snötäcke, och temperaturen.

En klimatförändring innebär dock inte enbart temperaturförändringar. Alla klimatfaktorer kan påverkas. Av dessa är vattnets kretslopp troligen en av de allra viktigaste för människan. Beräkningar pekar på att nederbördsmönstren förändras i ett varmare klimat, med följder för vattentillgång och de problem som för mycket eller för lite vatten för med sig. Globalt sett beräknas nederbörden öka i ett varmare klimat. Liksom för temperaturen påverkas olika regioner olika mycket. De områden som redan idag är torra ser ut att bli torrare medan områden med riklig nederbörd får ännu mer.

Över åren har IPCC publicerat ett stort antal kunskapssammanställningar om det globala klimatets utveckling. Den fjärde och senaste kom 2007 (se bl a [1] och [2]) där man använt sex olika scenarier (SRES) för globala emissioner som representerar olika grad av utveckling i världen med avseende på utsläpp av växthusgaser, varav SRES A2 beskriver en värld med snabb befolkningsökning och intensiv energianvändning och SRES B2 en värld med långsammare befolkningsökning och mindre intensiv energianvändning. Vidare har man på global nivå använt ett flertal olika klimatmodeller från olika forskargrupper och redovisar resultaten i intervaller baserat på skillnader i utfall från olika modeller.

Baserat på klimatsimuleringar förutsäger IPCC i sin rapport från 2007 ([2]) som "best estimate" en höjning av den globala medeltemperaturen med 2,4 °C för scenario B2 och 3,4 °C för scenario A2 för perioden 2090-2099 relativt 1980-1999. Osäkerheten beskrivs med begreppet "likely range", som anges till 1,4-3,8°C för scenario B2 och 2,0-5,4 °C för scenario A2. "Best estimate" för övriga scenarier definierade av IPCC varierar mellan 1,6 och 4,0 °C. Vid oförändrad koncentration av växthusgaser i förhållande till år 2000 beräknas temperaturhöjningen bli 0,6°C.

Även om de resultat och prognoser som IPCC lagt fram har varit under debatt under senare tid redovisar panelen en hel del faktiska observationer ([1]) som ger stöd för klimatsimuleringarnas trovärdighet. Till dessa observationer hör bl a att sett ur ett globalt perspektiv hörde 11 av de 12 åren under perioden 1995-2006 till de 12 varmaste åren sedan 1850, att 100-årstrenden under perioden 1906-2005 visar på en ökning av den globala medeltemperaturen på 0,74 °C, att den globala havsytan i medeltal har höjts med 1,8 mm/år sedan 1961 och med 3,1 mm/år sedan 1993 samt att nederbörden från 1990 – 2005 har ökat signifikant i de östra delarna av Nord- och Sydamerika, norra Europa liksom i norra och centrala Asien men minskat i Sahel, medelhavsområdet, södra Afrika och delar av södra Asien.

Nyligen presenterade även NASA statistik ([3]) som indikerar liknande trender som IPCC. Enligt NASA:s klimatstatistik var år 2009 det näst varmaste som uppmätts (2005 var det varmaste), 00-talet det varmaste decenniet sedan mätningarna började 1880 samt att jorden blivit 0,2 grader varmare varje decennium de senaste trettio åren.

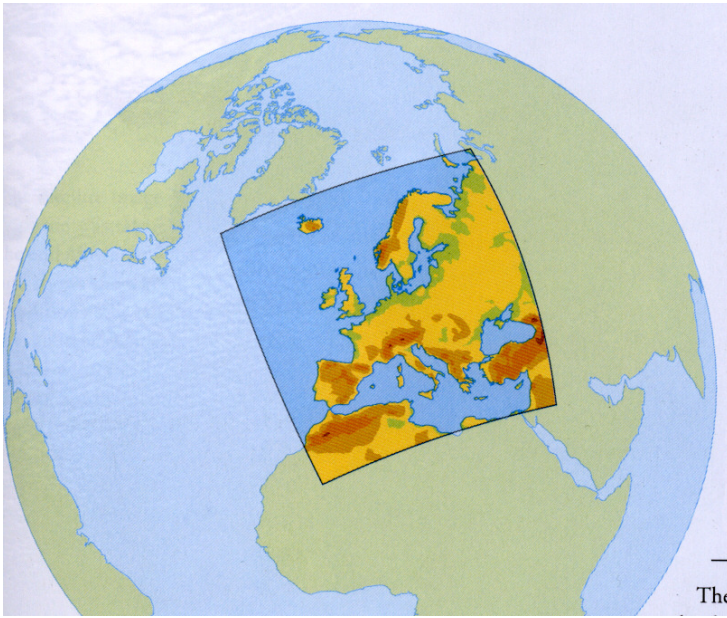
De resultat som redovisades av IPCC 2007 har även fått senare stöd av SMHI. I [4] uppges att SMHI granskat den klimatforskning som kommit fram efter 2007 års IPCC-rapport och kommit fram till att rapporten har fullt stöd av den senaste forskningen när det gäller den pågående klimatutvecklingen, mänsklig klimatpåverkan och möjliga framtida klimatändringar. Några av de viktigaste observationerna är enligt [4]:

- Koncentrationen av koldioxid år 2008 var ca 37 % högre än när industrialismen inleddes i början av 1800-talet. Ökningstakten är dessutom högre än tidigare och det finns inga tecken på en vikande trend. Det finns även indikationer på att koncentrationen av metan har börjat stiga igen efter att ha varit ganska konstant under de senaste åren.
- Den globala medeltemperaturen år 2008 låg ca 0,1 °C lägre än under de närmast föregående åren. Detta ligger inom ramen för naturliga klimatsvängningar som beror på havets och atmosfärens växelverkan.
- Året (2008?) tillhör ändå de tio varmaste sedan 1850 och den senaste 10-årsperioden är varmare än den föregående 10-årsperioden. Temperaturtrenden är stigande.
- Höjningen av havsytans nivå sker i takt med temperaturökningen men med små svängningar från år till år. Höjningstakten har varit högre under de senaste decennierna än under större delen av 1900-talet. Data från de allra senaste åren visar en något lägre ökningstakt, som dock är högre än under 1900-talet.
- En markant minskning av den arktiska havsisen inträffade under sensommaren 2007 och 2008. Nya studier visar att uppvärmningstrenden i Arktis och över västra Antarktis inte går att förklara som enbart en naturlig temperaturvariation utan sannolikt är nära knuten till den globala uppvärmningen.
- Nya studier av landismassors känslighet för uppvärmning och därmed deras avsmältningshastighet pekar på att havsytan kan höjas mer än vad som angavs i den senaste IPCC-rapporten.

3. Det framtida klimatet ur ett svenskt perspektiv

3.1 Klimatsimuleringar

Prognoser om framtida klimat i Sveriges närområde har tagits fram av SMHI inom forskningsprogrammet SWECLIM och redovisas i rapporten "A Warmer World - The Greenhouse Effect and Climate Change" från 2003 [5]. Prognoserna är baserade på en regional klimatmodell som täcker Europa, se Figur 1. Man använder då en numerisk indelning av området och simulerar klimatutvecklingen över tiden. Varje simulering omfattar ca 35 dagars beräkningar på en superdator. Motsvarande typ av modeller har använts i global skala för hela jorden i de studier som gjorts av IPCC. Detaljstudier i den regionala klimatmodellen utnyttjar resultat från IPCC:s globala modeller för att beskriva förhållandena vid randen av det regionala området och kan därigenom prognostisera lokala klimatförhållanden med större precision. I SWECLIM:s regionala modell har man använt två av IPCC:s scenarier A2 och B2. Inget av dessa är extrema vad gäller förväntade emissioner utan kan bedömas ha stor sannolikhet att inträffa. SWECLIM:s regionala modell publicerad 2003 är dock kopplad till resultat från IPCC:s rapport från 2001, [6].

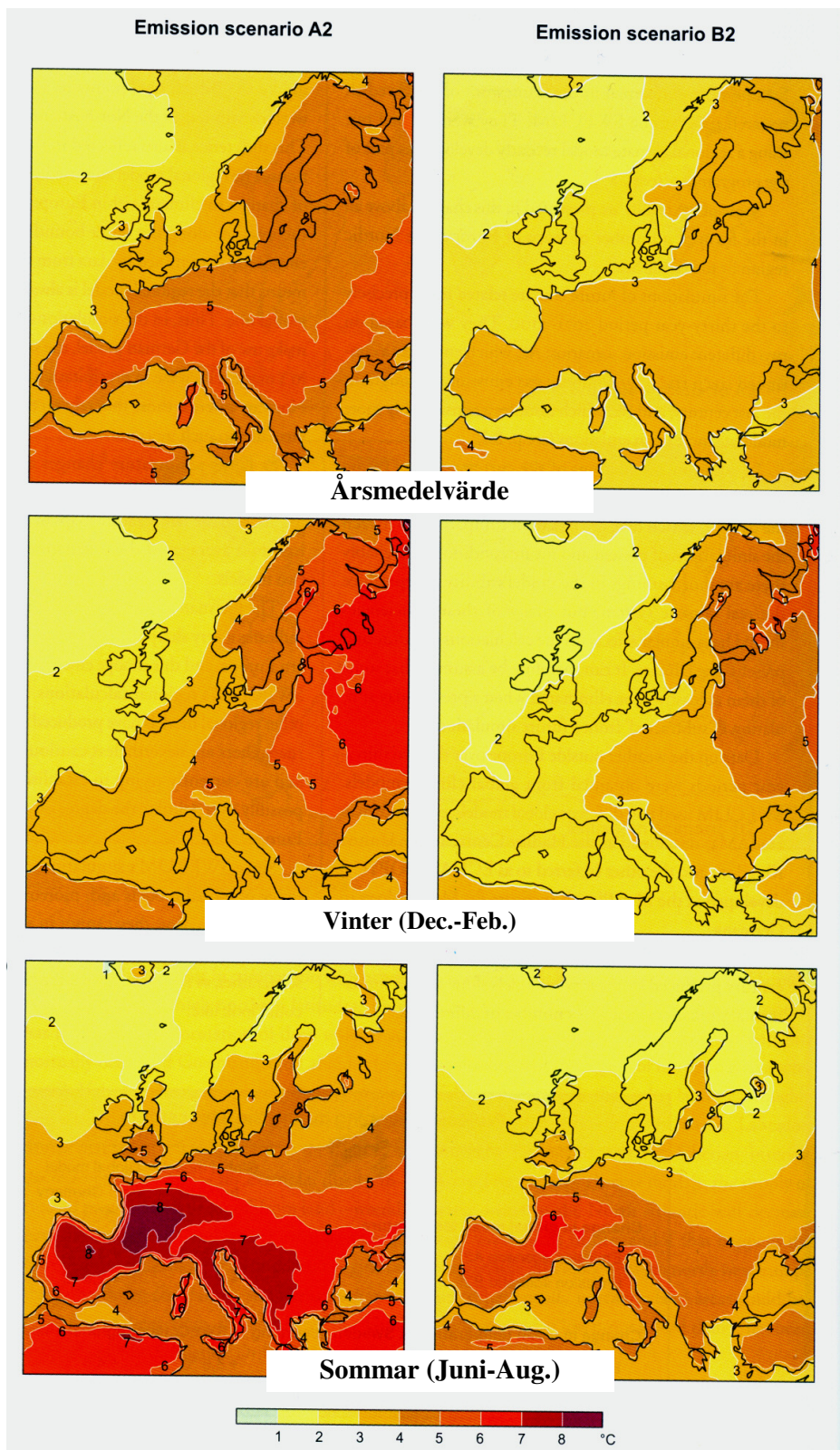


Figur 1 Område som simuleras i SWECLIM:s regionala klimatmodell [5]

För att få en uppfattning om sannolika klimateffekter i Sverige som kan ha betydelse i samhällsbyggandet redovisas idet följande några resultat från de analyser som genomförts av SWECLIM och som beskrivs i [5]. Om inget annat anges avses förväntade förändringar fram till 2100 eller klimatförhållanden förväntade vid denna tidpunkt. Beträffande förändringar på kortare sikt kan man allmänt räkna med att en 1/4 till en 1/3 av förändringarna fram till 2100 inträffar fram till 2040.

3.2 Temperaturförändringar

Simulerade förändringar i temperatur från 2000 till 2100 visas i Figur 2 baserat på scenarierna A2 och B2. Årsmedelvärdet i Sverige beräknas öka med 3-4 °C. Højningen förväntas bli något större vintertid, 5 °C i scenario A2, och något lägre sommartid, 3-4 °C för scenario A2. Scenario B2 ger ca 1 °C lägre värden. Förhållandena är likartade i hela södra Sverige, men något större temperaturökningar förväntas i de östra delarna än i de västra delarna. Observera att temperaturökningarna i de centrala och södra delarna av Europa är signifikant högre än de som förväntas i Sverige. Tabell 1 visar förväntade temperaturnivåer under perioden 2071-2100 jämfört med observerade temperaturer under perioden 1961-1990.

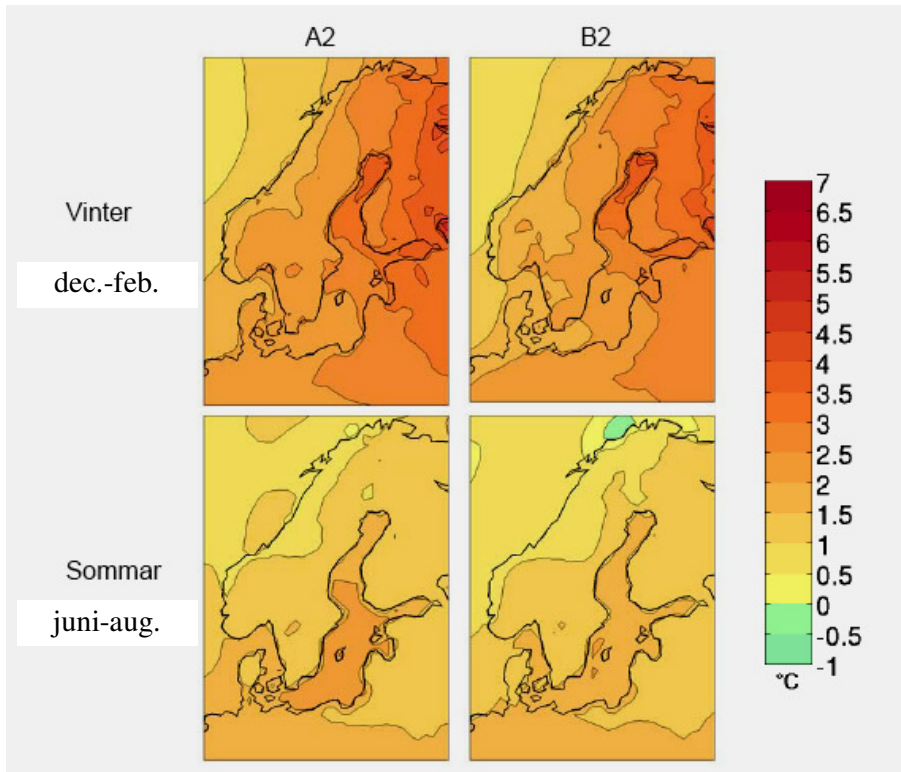


Figur 2 Temperaturförändringar 2000-2100 enligt SWECLIM:s regionala simulering [5]

Tabell 1 Medeltemperaturer för perioderna 1961-1990 och 2071-2100 (scenario A2) för Götaland och Svealand

Period	Årsmedelvärde	Vinter (dec.-feb.)	Sommar (juni-aug.)
1961-1990	6-9	-3-0	15-18
2071-2100	9-12	0-3	18-21

En färskare studie [4] över en kortare prognosperiod och specifikt för Sverige visar att ökningen av medeltemperaturen över en 50-årsperiod fram till 2040 blir 2-2,5 °C under vintern och 1-1,5 °C under sommaren. Resultat från denna studie visas i Figur 3.



Figur 3 Förändring i dygnsmedeltemperatur från 1961-1990 till 2011-2040. Källa: SMHI [7]

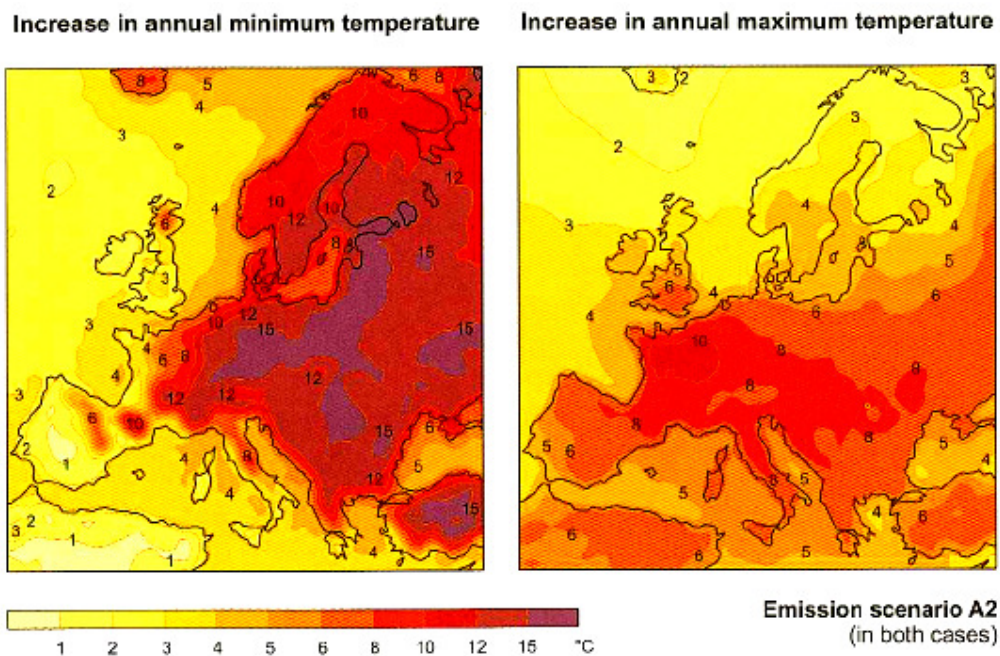
På SMHI:s hemsida kan man även hitta klimatanalyser (Klimatindex) baserade på resultat från beräkningar med klimatmodeller för perioden 1961-2100 ([8]). Resultaten visar scenarier, d v s möjliga utvecklingar av klimatet, och data är representativa för ett område, inte en punkt. Analyserna är gjorda för 18 olika distrikt i Sverige (motsvarande landrapporten i P1).

För t ex Norra Norrlands inland visar beräkningarna att årsmedeltemperaturen ökar under den analyserade perioden. Scenarierna skiljer sig mer åt ju längre tiden går. Årsmedeltemperaturen ökar enligt beräkningarna med ca 4,5°C fram till år 2100 enligt scenario B2 och med drygt 5°C enligt scenario A2. Även för t ex Östra Svealand visar beräkningarna att årsmedeltemperaturen kan förväntas öka under den analyserade perioden och att scenarierna skiljer sig mer åt ju längre tiden går. Årsmedeltemperaturen ökar enligt beräkningarna med drygt 4°C fram till år 2100 enligt scenario B2 och med drygt 5°C enligt scenario A2.

3.3 Extrema temperaturer

Ökningen i medeltemperatur kan tyckas vara måttlig men kommer att innebära att perioder med temperaturer som uppfattas som höga eller extrema kommer att bli mera frekventa och ha längre varaktighet. Å andra sidan kommer extremt kallt klimat att bli mera sällsynt. Klimatmodellerna indikerar också att årsmaximum och årsminimum påverkas relativt sett mer av klimatförändringen än medeltemperaturen. Figur 4 visar prognostiserade förändringar av årsminimum och årsmaximum baserat på scenario A2. Det framgår av resultaten att årsminimum (i genomsnitt över flera år) förväntas vara mer än 12 °C högre än idag i södra Sverige, vilket innebär att riktigt kalla vinterdagar kommer att vara mycket sällsynta i Södra Sverige. Årsmaximum sommartid i södra Sverige förväntas öka i samma storleksordning som medeltemperaturen, ca 4 °C.

Resultaten från klimatsimuleringarna visar sammanfattningsvis att temperaturförhållandena i Norrland kommer att påminna om dagens klimat i Mälardalen, medan Mälardalen kommer att ha temperaturer som Danmark och Norra Tyskland. Skåne kan förväntas få temperaturer som påminner om dagens förhållanden i centrala delar av Frankrike. Denna jämförelse kan dock inte utan vidare göras vad gäller övriga klimatfaktorer som regn, fuktighet och vindintensitet.



Figur 4 Ökning av minimi- och maximitemperaturer fram till 2100. Källa: SWECLIM [5]

3.4 Uppvärmnings- och kylbehov

Klimatförändringarna kommer att innebära förändringar vad gäller behovet av uppvärmning respektive kylning av lokaler. I en SMHI-rapport [7] prognostiseras detta för perioden fram till 2040. Man använder där begreppet "Heating degree days (HDD)" som står för antalet graddagar med dygnsmedeltemperaturer under 17 °C. (Ett dygn med medeltemperatur 7 °C ger exempelvis ett bidrag på 10 graddagar)."Cooling degree days (CDD)" definieras som antal graddagar med dygnsmaximitemperatur över 20 °C.

SMHI:s analyser visar en signifikant minskning av HDD över en 50-årsperiod fram till 2040. Medianvärden av förändringen i värmebehov (graddagar per månad) under vintern för Stockholm, Malmö och Östersund redovisas i Tabell 2 för scenarierna A2 och B2.

Tabell 2 Procentuell förändring av Heating Degree Days (HDD) under vintern för perioden 2011-2040 jämfört med perioden 1961-1990 (medianvärden)

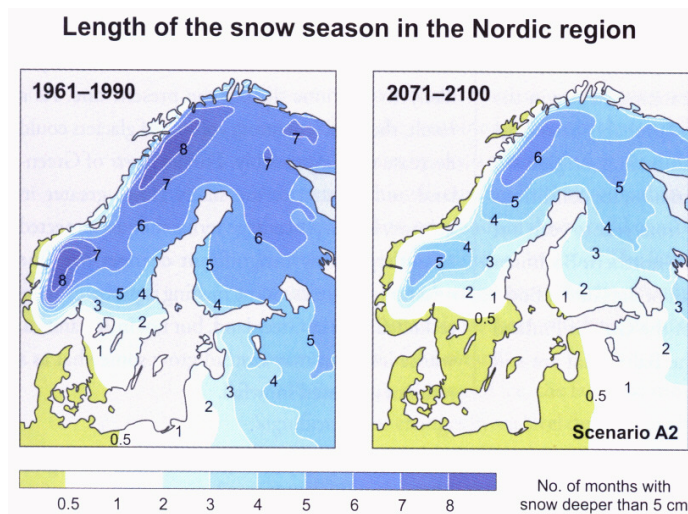
Scenario	Stockholm	Malmö	Östersund
A2	-17%	-30%	-12%
B2	-16%	-29%	-11%

Vad gäller kylbehov visar SMHI:s beräkningar av CDD (sommartid) ingen signifikant förändring för Östersund. För Malmö och Stockholm ökar antalet grad dagar något i medeltal med 4-6 grad-dagar per månad. För dessa orter förväntas sannolikheten för år med längre värmeperioder under sommaren öka markant.

3.5 Snö och is

SWECLIM:s simuleringar visar att varaktigheten av snötäcke på mark (>5 cm) kan förväntas bli 1-3 månader kortare i hela Sverige, se Figur 5. Detta innebär att Sverige från Mälardalen och söderut kommer att vara närmast snöfritt under vintrarna.

I norra Sverige kan man förvänta sig att frosten tränger ner i marken till mindre djup än vad som nu är fallet. I södra Sverige kommer perioder med frusen mark att bli betydligt kortare, även om frånvaron av snötäcke kan göra att marken fryser lättare. Havsis på Östersjön kommer normalt endast att förekomma i Norra Bottenviken och längs kusterna i norra Östersjön.



Figur 5 Antal månader per år med större snödjup än 5 cm. Källa: SWECLIM [5]

Som komplement till ovanstående anges i [8] att för Norra Norrlands inland beräknas perioden med snötäcke i genomsnitt bli drygt 20 dagar kortare till år 2010 och knappt 60 dagar kortare i B2 respektive knappt 80 dagar kortare i A2 till år 2100. För Östra Svealand anges att perioden med snötäcke beräknas i genomsnitt bli omkring 30 dagar kortare till år 2010 och drygt 60 dagar kortare (för utsläppsscenario B2) till år 2100. För både Norra Norrland och Östra Svealand anges att det beräknade maximala vatteninnehållet i snön minskar betydligt.

3.6 Ökning av havsnivån

Globalt förväntas enligt IPCC en genomsnittlig höjning av havsnivån av 30-50 cm. Denna nivåökning antas huvudsakligen bero på termisk expansion av havsvattnet kopplad till den globala uppvärmningen med en viss fördröjning. Prognosen i detta avseende är dock relativt osäker; vissa simuleringar prognostiserar nivåhöjningar upp till 80 cm.

Nettoeffekten vid svenska kuster beror på pågående landhöjning, som förväntas vara större än ökningen av havsnivån för kustområden från Stockholm och norrut. I landets södra delar får man däremot en nettohöjning av havsnivån. Göteborgsregionen är den del av Sverige där höjningen av havsnivån kommer att ha störst effekt.

3.7 Nederbörd

Förutsägelser om framtida nederbörd betraktas som relativt osäkra, eftersom olika simuleringsmodeller i viss utsträckning ger olika resultat. Total nederbördsmängd över året förväntas öka med 0-10 % i Sveriges södra delar, och något mera längre norrut. Ökningen förväntas också bli något större vid Västkusten än Östkusten.

Den relativa fördelningen över året förändras också signifikant, så att nederbörden under vintern kan vara 30-50 % högre än idag, medan nederbörden sommartid kan bli av storleksordningen 20 % lägre i södra Sverige. Nederbörden under vintern kommer i huvudsak att bestå av regn i landets södra delar. Norra Sverige är ett av de få områden i Europa där nederbörden sommartid tvärtom förväntas bli något högre än idag.

I [8] uppger SMHI att årsnederbörden i Norra Norrlands inland beräknas öka med knappt 30 % för A2 och drygt 20 % för B2 till år 2100 och med omkring 15 % för Östra Svealand enligt både A2 och B2.

3.8 Extrema nederbördsmängder

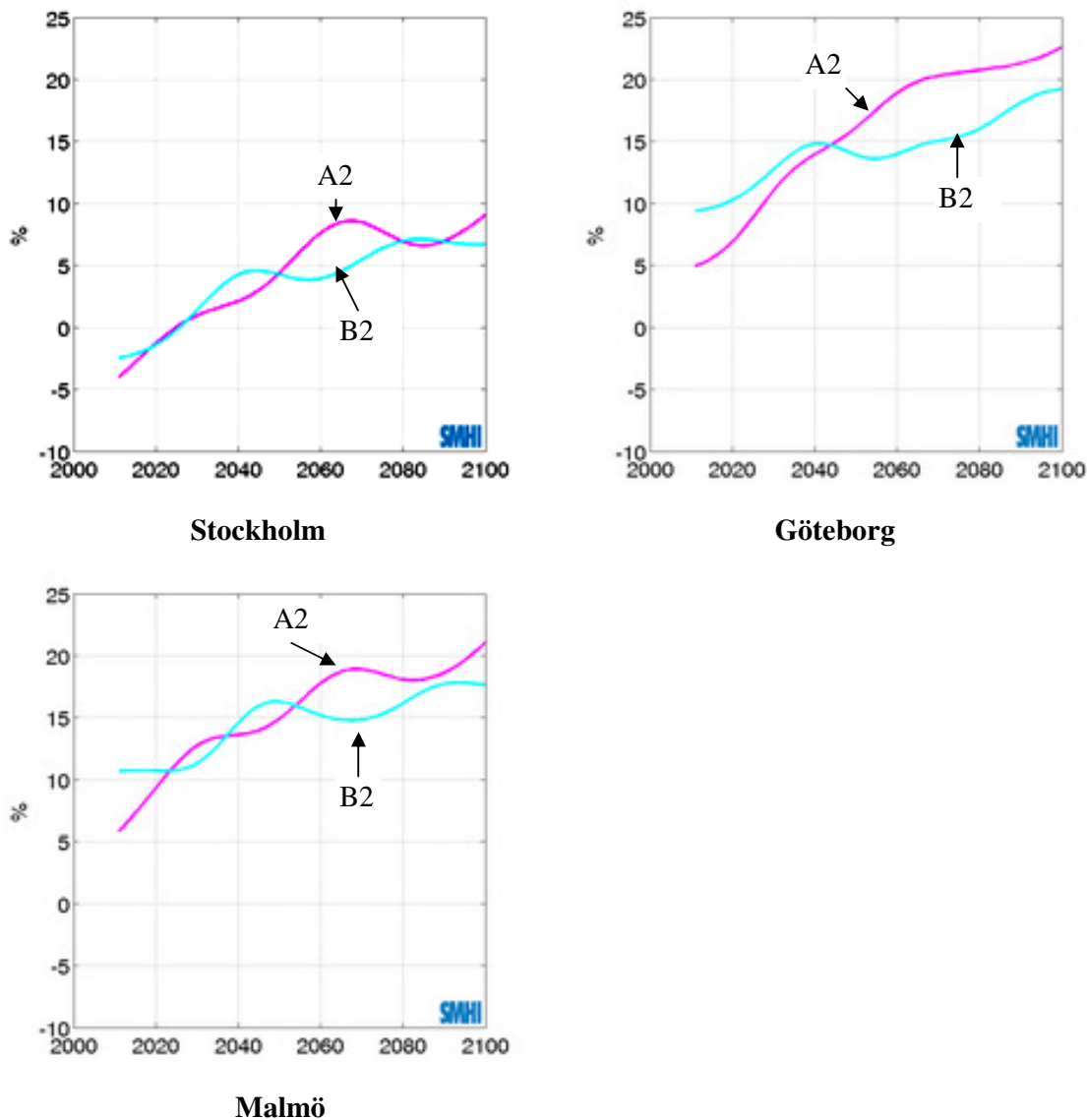
Den totala nederbörden förväntas också att i större utsträckning falla i form av häftiga regn med kort varaktighet. Frekvens och intensitet av häftiga skyfall förväntas öka vilket kommer att ställa krav på högre kapacitet hos dagvattensystem. Risken för erosion kommer också att öka. Sannolikheten för översvämningar vintertid förväntas öka över större delen av Europa.

Figur 6 visar simulerade prognoser för extrem nederbörd för regionerna kring Stockholm, Göteborg och Malmö. I Göteborgs- och Malmöregionerna förväntas sjudygnsnederbörden öka med 10-15 % fram till 2040 och ca 20 % fram till 2100. Motsvarande siffror för Stockholm är lägre; 0-5 % fram till 2040 och 5-10 % fram till 2100.

Tabell 3 visar medelantalet dygn per år med nederbörd som överstiger 10 mm vid olika orter för scenario A2 för perioderna 2011-2040, 2071-2100 samt för perioden 1961-1990. Ökningen är störst i Göteborg och Malmö, där antalet dygn med omfattande regn ökar från ca 20 dygn 1961-1990 till ca 30 dygn år 2100.

Tabell 3 Antal dagar med nederbörd > 10 mm

Period	Stockholm	Göteborg	Malmö
1961-1990	19	21	20
2011-2040	19	25	25
2071-2100	23	32	28



Figur 6 Löpande 30-årsmedelvärde för årligt maximum av nederbörd under sju sammanhängande dygn. Förändring jämfört med observationer under perioden 1961-1990. Källa: www.smbi.se

I [8] redovisas även beräkningar av framtida extremnederbörd. För Norra Norrlands inland anges att den maximala nederbörden under 7 sammanhängande dagar beräknas öka med omkring 10 % till år 2100 jämfört med det beräknade medelvärdet för 1961-1990 och antalet dagar med extrem dygnsnederbörd beräknas öka med 5-8 dagar. För Östra Svealand anges att den maximala nederbörden under 7 sammanhängande dagar beräknas följas åt i de två scenarierna från en liten förändring till 2010-2020 till en ökning med 5-10 % till år 2100 och det beräknade antalet dagar med extrem dygnsnederbörd beräknas öka med 4-5 dagar.

3.9 Flöden

Ökad nederbörd kommer att innebära signifikant högre flöden i vattendrag under höst och vinter. Detta kan innebära att extrema flöden som idag har en återkomsttid av 100 år i slutet seklet kommer att kunna inträffa i genomsnitt vart 10:e år. Under sommaren kan man förvänta att även relativt stora vattendrag i södra Sverige kommer att kunna vara i det närmaste uttorkade.

Risken för höga vattennivåer i de stora sjöarna, särskilt Vänern, förväntas öka signifikant, vilket ger behov av stora flöden i de vattendrag som avvattnar dem. Det är numera välkänt att ökat flöde och ökad vattennivå i Göta Älv i kombination med höjd havsnivå kan orsaka stora problem i Göteborgsområdet. Problemet är svårlöst, eftersom en permanent sänkning av nivån i Vänern påverkar sjöfarten och minskar utbytet av elproduktionen i Göta Älv. Höga flöden i Göta Älv innebär ökad skredrisk och hindras dessutom vid höga havsnivåer vid utloppet i Göteborg. Det senare ger ökad risk för översvämningar i Göteborgsområdet [9].

Kring Mälaren är exploateringstrycket stort längs stränderna. Centrala anläggningar, inklusive Stockholms tunnelbana, är i riskzonen för översvämningar även med dagens klimat. Permanent sänkning av vattennivån i Mälaren är inte realistisk med hänsyn till sjöfart, rekreation och ekosystem. Dessutom är Mälarens medelnivå enbart 0.5 m över havsytans nivå i dagsläget. Även om den förväntade effekten av framtida klimatförändringar är måttlig i detta område finns det ett behov av att fördubbla avrinningskapaciteten för Mälaren, vilket är förenat med höga kostnader [9].

3.10 Luftfuktighet

Ökade temperaturer innebär ökad avdunstning från hav, sjöar och land. Detta kan innebära risker för en generell ökning av vattenånghalten i luften och längre perioder med hög luftfuktighet. Tillsammans med temperaturökningen kan detta få betydande konsekvenser med hänsyn till fukt-säkert byggande. Prognostisering av fuktighet och avdunstningen som påverkar denna är dock en av de mest osäkra faktorerna i modelleringen av framtida klimat. I en framtida riskbedömning inom byggsektorn är det klokt att utgå från ökade risker förknippade med ett fuktigare klimat.

3.11 Vindförhållanden

Vindar drivs av temperaturskillnader mellan olika zoner. Eftersom man förväntar sig att temperaturskillnaderna mellan nordliga och sydliga regioner minskar eller i varje fall inte ökar, kan man tänka sig en dämpande effekt på förekomsten av starka vindar. Emellertid kan man få lokala förändringar av vindförhållanden. Exempelvis skulle vindhastigheterna kunna öka med upp till 20 % i området kring Norra Bottenviken, eftersom havsisen mer eller mindre kommer att försvinna från Bottenviken under vintrarna.

Tropiska stormar kännetecknas av kraftiga vindar och häftigt regn. De drivs huvudsakligen av värme från havet och dess ytemperatur är avgörande. Den förväntas öka och därmed stormarnas intensitet [2] och utförligare beskrivet i [10]. Angående frekvensen är man mera osäker. Eftersom det behövs ytemperaturer i havet om ca 26°C eller mer för att starta en tropisk storm lär det dröja innan våra breddgrader påverkas.

Sammanfattningsvis är de meteorologiska bedömningarna av framtida vindförhållanden mycket osäkra när det gäller vårt närområde. Ett citat från SMHI:s hemsida september 2007 (www.smhi.se) lyder: ”Studierna hittills visar inte entydigt stora förändringar i kraftiga vindar.” Man kan dock inte utesluta att förekomsten av kraftiga stormar kommer att vara mera frekventa än idag. Detsamma gäller sannolikheten för höga vindstyrkor.

4. Möjliga effekter på byggnader och anläggningar inklusive produktionsfasen

4.1 Inledning

Generellt kan det konstateras att det finns det många områden inom samhällsbyggandet som baseras på historisk erfarenhet och där man har dåligt grepp om hur känsliga beprövade lösningar och metoder är för mindre förändringar i förutsättningarna. Redan under dagens förhållanden behöver man väsentligt bättre kunskap om säkerhetsmarginaler mot fel med avseende på fuktsäkerhet, energibehov, geotekniska förhållanden, beständighet och underhållsmetoder. Klimatförändringarna accentuerar behovet av riskorienterad forskning inom dessa områden.

Klimatförändringar kommer att innebära konsekvenser för byggnader och för hur de planeras. Det handlar om höjda havsnivåer som skapar problem för strandnära bebyggelse och ökade risker för ras, skred och marksättningar. Man kan också befara ändrade snö- och vindlaster och mögelskador.

Klimatförändringen ger konsekvenser för byggnader i både tätorter och på landsbygden. Speciellt utsatt är bebyggelse inom områden som ofta utsätts för översvämningar. Detta gäller sjöar och vattendrag, men även kustnära områden, där man i fortsättningen också måste tänka på risken för förhöjda havsnivåer på grund av den globala uppvärmningen. Ändrade grundvattennivåer och portrycksförhållanden är klimatberoende företeelser som påverkar risker för ras och skred. Samma sak gäller för kusterosionen och dess koppling till havets nivåförändringar. Om grundvattennivåerna sänks i områden som får torrare förhållanden ökar risken för marksättningar. Ändrade grundvattenförhållanden och portryck får också markkemiska konsekvenser och påverkar utlakningen av föroreningar.

Bebyggelsen påverkas också mer direkt om klimatet ändras. Snö- och vindlaster kan komma att ändras liksom korttidsnederbörd, som är av betydelse för anläggningar med stora plana tak. Kraftigare vindar skulle öka dess drivning av regnet så att det tär mer på väggar och fasader. Man kan också komma att behöva ta hänsyn till en ökad risk för problem med fukt och mögel i ett varmare och fuktigare klimat. Varmare somrar för med sig ökat behov för avkylning som i viss mån kan hanteras med bra konstruktion av byggnaderna.

Den tekniska infrastrukturen i form av till exempel vägar, järnvägar och vattenförsörjning påverkas också av ett förändrat klimat. Området teknisk infrastruktur omfattar bland annat vägar, järnvägar, vattenförsörjning, avloppsrening, sjöfart och luftfart. Dessa innebär ofta långsiktiga investeringar och uppbyggnad av strukturer och anläggningar som skall finnas kvar under lång tid. Det betyder att man redan idag kan ha anledning till att ta hänsyn till att klimatet ändras under anläggningens livstid.

Dagvattensystemens dimensionering och kapacitet är kritiska faktorer för att begränsa skadorna vid extrem nederbörd. Vägar och järnvägar måste tåla klimatets variationer. Här måste man ta hänsyn till ändrade risker för ras och skred, förändrade tjäl- och grundvattenförhållanden, samt att trummor och broar måste kunna släppa igenom tillräckligt med vatten under extrema förhållanden.

Kraftigare temperaturextremer tär på vägar och räls. Underhållet av väg- och bannätet påverkas också av hur fördelningen mellan regn och snö ändras under den kalla årstiden. Regionala temperaturändringar bör leda till skiftningar i behovet av sandning och saltning av vägbanorna och därmed påverkas även miljön, luftkvaliteten och bilarna.

Landets vattenförsörjning är i högsta grad väder- och klimatberoende. Klimatscenarier pekar mot att vattentillgången kan komma att påverkas negativt speciellt i de södra delarna av landet. Detta gäller såväl ytvatten som grundvatten.

Förutom påverkan på tillgången på vatten så påverkas dess kvalitet av förhöjda sommartemperaturer. Översvämningar kan slå ut avloppsreningsverk och medföra att ytvatten förorenar grundvattentäkter. Torrare somrar och ändringar i havsnivån påverkar risken för saltvatteninträngning till vattentäkter och VA-nät.

I samband med översvämningar kan också miljöfarliga ämnen komma i omlopp när industriområden och deponier berörs. Flygfält och hamnar är ofta belägna i utsatta områden med avseende på höga vattenstånd och en eventuell förhöjning av havets nivå.

För sjöfartens del så är förändrade isförhållanden runt Sveriges kuster av betydelse. Färre svåra isvintrar minskar det framtida behovet av isbrytarkapacitet. Konstruktioner längs kusten och till havs påverkas av hur vågklimatet, speciellt de mest extrema vågorna, kan komma att ändras.

I fortsättningen av detta avsnitt diskuteras tänkbara effekter och konsekvenser av de sannolika klimatförändringar som har beskrivits i Avsnitt 3. Diskussionen hålls på en kvalitativ nivå, d v s effekternas omfattning i kvantitativa mått saknas. Det är motiverat av osäkerheten i klimatförändringarnas storlek och att sambanden mellan förändring och effekt oftast inte är kända i kvantitativa termer.

4.2 Fuktrelaterade problem med bygnadsdelar

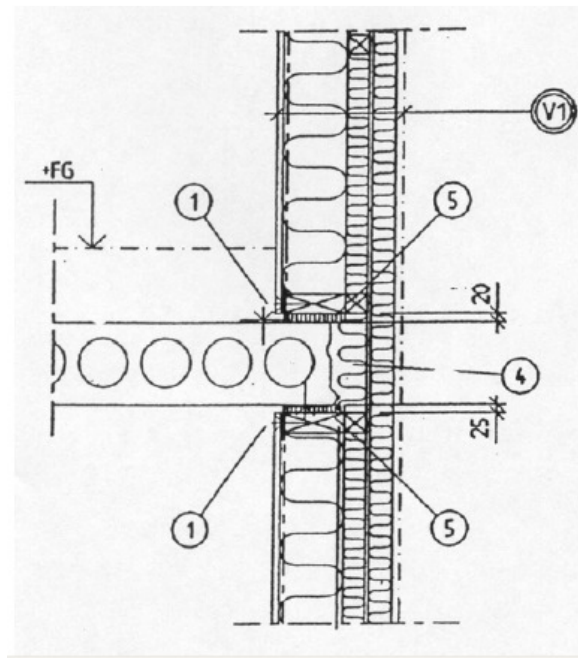
På grund av högre krav på att reducera den energi som används till uppvärmning av byggnader har byggnadsskalet och ventilationssystemet förändrats drastiskt under de senaste 30 åren. Tjockare värmeisolering, nya typer av byggnadsmaterial samt reducerad eller modifierad ventilation har påverkat byggnaders termiska och hygroskopiska egenskaper. Detta har ibland resulterat i fuktskador i byggnader i form av missfärgning, mögelpåväxt och ibland rötskador. Befintlig kunskap om byggnaders termiska och hygroskopiska egenskaper baseras på erfarenheter under lång tid, mätningar och simuleringar av traditionella byggnader är inte längre användbara för dessa nya lågenergibygnader. Ett antal konstruktioner, som vi vet är fuktkritiska, kommer att bli ännu känsligare i dessa byggnader. Till detta kommer att nya delar av byggnaden kommer att bli känsliga. En klimatförändring med ökade och mer intensiva regn och längre perioder med hög luftfuktighet innebär nya förutsättningar varför nya riskbedömningar krävs för att bedöma om en byggnad som uppförs idag kommer att klara framtidens klimat.

Ytterväggar

Den dominerande typen av ytterväggar är idag en lättviktskonstruktion med en tunn puts på utsidan av en yttre värmeisolering samt en ångspärr på insidan, se Figur 7. Väggen är vanlig eftersom arkitekten ofta efterfrågar en putsad fasad och byggreglerna kräver en kraftig värmeisolering. Ett välkänt fall där det uppstod problem är Hammarby Sjöstad [11]. Under 2001 upptäcktes fuktskador i form av mögel och blåträ i ett flertal väggar. Det visade sig att huvudorsaken var fukt tillförd under byggtiden som kännetecknades av mycket regn, 30 – 40 mm/vecka. Väggarna hade lagrats med dålig täckning och vatten hade trängt in. Uttorkning kan endast ske utåt och när fasaden är färdigställd går detta långsamt. Resultatet blev höga fuktkvoter väl över de 18 % som behövs för mögelpåväxt (högsta uppmätta fuktkvot var 27 %). Saneringsarbetet blev mycket omfattande med utbyte av väggar i många fall.

Från höger:

Puts
 Mineralull eller cellplast
 Gipsskiva
 Träregelestomme fylld med mineralull
 Plastfolie
 Gipsskiva



Figur 7 Utfackningsvägg från Hammarby Sjöstad

Under våren 2007 rapporterades i pressen att skador på denna väggkonstruktion var vanliga och huvudkällan till informationen var SP. I [11] skriver författarna att risken är ringa att väggar av den aktuella typen skadas efter att byggnaden är färdigställd om detaljer och anslutningar utförs täta. I [12] skriver man att risken är stor att vatten tränger in genom otätheter i fasaden som genomföringar, balkonger och fönster. Det räcker alltså inte att skydda väggelementen under byggtiden. Kraven på säker detaljutformning och utförande är så höga att den beskrivna konstruktionslösningen kan betraktas som olämplig i dagens byggprocess.

En annan väggkonstruktion som ibland har orsakat problem är tegelfasader utanpå träregeleväggar. Väggen har en luftspalt mellan teglet och träregeleväggen och teoretiskt ska vatten som tränger igenom tegelskalet vid slagregn rinna ut genom öppna stötfogar i väggens nederkant. Problemet är att murbruk faller ned och fyller den nedre delen av luftspalten varvid vattnet i stället rinner in i väggen. Det är naturligtvis möjligt att undvika att murbruket faller ned i luftspalten men det är inte klokt att basera en lösning på att en krånglig arbetsprocedur kommer att följas om det finns en enklare.

Traditionella rena träregeleväggar med luftspalt mellan panel och vägg verkar fungera utan större problem. Detsamma gäller för träregeleväggar med plåtfasad och luftspalt. Ett detaljproblem kan noteras med förmålade fasadbräder. Det händer att spikpistolen ställs in så att spikhuvudet tränger igenom färgskiktet. Detta leder till att vatten tränger in och orsakar lokal röta. Problemet kan lätt undvikas med information och tillsyn.

En väg att gå för att undvika liknande incidenter som i Hammarby Sjöstad är att eliminera fukt-känsliga material men det finns ändå skäl att förhindra fuktinträning såväl under byggtiden som under drift. Ett skäl är trenden mot industrialiserat byggande innefattande mer kompletta byggelement vars ytskikt måste skyddas och ett annat är att vatten som tränger in under drift kan orsaka andra skador än mögel.

Några förslag för att möta en ökad fuktbelastning är:

- Utveckla metodik för fuktdimensionering baserad på sannolikheteori. Det senare syftar till att kvantifiera risken för skador, vilket i sin tur innebär att en ekonomisk optimering kan göras. Metodiken kan kalibreras mot verkligheten eftersom det är en hög frekvens av skadefall.

- Utveckling av säkra konstruktionslösningar baserade på ekonomisk värdering av produktionskostnader och sannolika skadekostnader i framtiden. Här finns också möjlighet att ta höjd för framtida klimatförändringar.
- Ökad användning av väderskydd under byggnadstiden tillsammans med användning av material och produktionsmetoder okänsliga för nederbörd. Det är hängslen och livrem men det behövs redundans.

Grunder

Kryprum har byggts under lång tid över stora delar av världen. Förr i tiden byggdes husen på stenvmurar. I kalla regioner fungerade denna lösning bra ur fuktsynpunkt, dock behövdes mycket mer energi för uppvärmningen under vintern. Spisens fundament värmdes upp luften i krypgrunden året om. Detta minskade risken för höga relativa fuktigheter i krypgrunden. Efterhand började man isolera bottenbjälklaget för att hålla värmen inne i byggnaden. Med nya uppvärmningssystem, el och fjärrvärme användes inte längre den öppna spisen som värmekälla. Kryprummet blev ett bra ställe att lagra mat, kallt och mörkt. Detta i kombination med höga fuktigheter bidrar till att göra krypgrunden till en riskkonstruktion. Klimatets variation under året styr klimatet i kryprummet. Ett förändrat klimat kan förväntas öka risken för fuktskador.

En platta på mark är normalt av betong, men ofta finns fuktkänsliga material i anslutning till plattan. Det är därför viktigt att byggfukten i betongplattan får torka ut ordentligt innan något fuktkänsligt material läggs på plattan, eller att man applicerar en ångspärr mellan materialet och plattan. De skador som finns är ofta i de hus där värmeisoleringen lagts ovanpå betongplattan mellan träreglar. Otillräcklig fuktspärr mellan trä och betong eller användandet av impregnerat trä utan fuktspärr är ofta anledningen till dessa skador. Sedan man började värmeisolera betongplattan undertill har skadorna minskat drastiskt. Man bör dock kontrollera att tjälinträngning inte sker under plattan. Denna är beroende av klimat, isolertjocklek, marktyp samt ev. snötäcke. En lösning är att dra isoleringen utanför plattan.

Tak och vindar

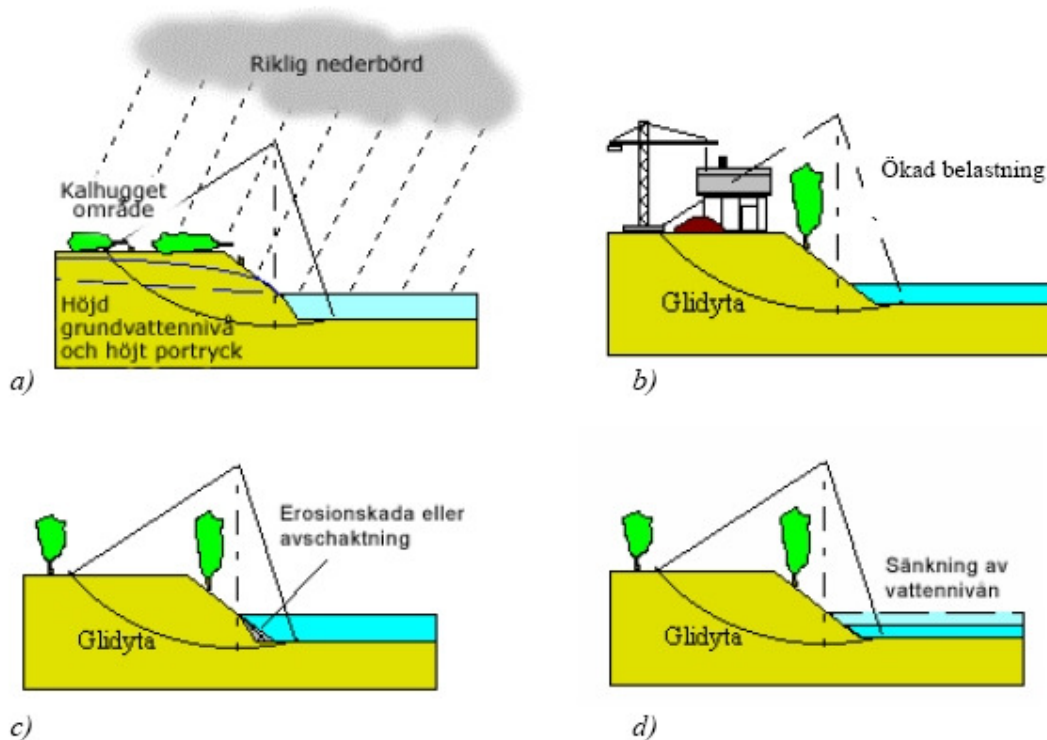
Mögelskador på vindar, orsakade av höga fuktnivåer, har ökat i Sverige under de senaste tio åren. Den främsta orsaken är tjockare värmeisolering i vindsbjälklaget samt frånvaron av värme från en varm skorsten eller från värmeläckage från bostadsutrymmet. Tjockleken på värmeisoleringen från 60-talets 75 – 85 mm har ökat till dagens ca 400 mm.

En anledning att ventilerade vindsutrymmet var att ventilerade bort värme som läckt upp på vinden från bostadsutrymmet och därigenom hindra snösmältning och bildandet av istappar på yttertaket. Vid normal ventilation av ett välisolerat vindsutrymme blir temperaturen ungefär lika med den som råder utomhus. Den ursprungliga anledningen till att man ventilerade vinden är inte längre tillämplig. Det kan finnas andra orsaker till att man vill ventilerade vinden, t ex för att ventilerade bort fuktig luft som tagit sig upp på vinden från bostadsutrymmet genom diffusion eller genom luftläckage. Det finns emellertid också nackdelar att ventilerade vinden. Vindtrycket mot en byggnad kan ibland skapa ett undertryck på vinden, vilket ökar luftläckaget från bostadsutrymmet till vinden. Nattetid kan himmelsutstrålningen sänka temperaturen på yttertaket så mycket att uteluften som kommer in på vinden kondenserar mot insidan av yttertaket, vilket leder till ökad relativ fuktighet i vindsutrymmet och dropp i fall taket inte absorberar vatten. Det är ibland ganska små skillnader i relativ fuktighet som avgör om en skada uppkommer eller ej. En förändring i klimatet kan göra att risken för fuktskador ökar. En lösning är att ventilerade vinden med en fläkt som styrs av luftfuktigheten på vinden och utomhus.

4.3 Ökad risk för skred

Skred är en förflyttning av stora sammanhängande jordmassor. Skred kan orsakas av flera faktorer, antingen ensamma eller i samverkan, se exempel i Figur 8. Den ökade nederbörden och ökande intensiteten ökar risken för skred såväl i naturlig miljö som vid schaktarbeten. Skred är redan nu

relativt vanliga, vilket återspeglar att vi accepterar låg säkerhet mot skred jämfört med säkerheten mot brott i byggnadsdelar. Det kan tyckas märkligt att man accepterar en större risk för att ett helt bostadsområde glider ned i älven än för brott i t ex en takstol. Anledningen är en intressekonflikt mellan önskan att använda attraktiv mark och säkerheten men även att det är kostsamt att åtgärda skredrisken.



Figur 8 Exempel på orsaker till skred [13]

Regeringen har uppdragit åt Statens Geotekniska Institut, SGI, att utreda vilka risker samhället utsätts för på grund av klimatförändringen. Uppdraget resulterade i tre rapporter varav [13] behandlar risker för skred. Från rapporten citeras följande:

”Jords egenskaper är beroende av det inbördes förhållandet mellan korn, vatten, jonsammansättning och gas. Jordens hållfasthet indelas traditionellt i odränerad och dränerad skjuvhållfasthet beroende på bland annat tidsperspektivet. Den dränerade skjuvhållfastheten är beroende av den effektivspänning som styrs av vatteninnehållet i jorden. Om en jords vatteninnehåll ökar till exempel vid ökat vatten- eller portryck minskar den spänning som bärs av kornskelettet och jorden får då en lägre hållfasthet.

De förändringar av portryck eller grundvattennivåer som en klimatförändring innebär ger en försämring av stabiliteten jämfört med dagens situation. Speciellt tydligt är detta vid snabba kortvariga förändringar, till exempel häftiga regn, som tillsammans med ökad erosion i vattendragen kvantitativt leder till stor försämring av stabiliteten. Detta kan speciellt komma att påverka områden som ligger i anslutning till vattendrag och särskilt i erosionskänslig jord. I slänter med små djup till vattenförande skikt, som snabbare påverkar grundvattentrycket, försämras stabiliteten mer än vid stora lerdjup. I områden med kvicklera kan ett initialskred fortplanta sig bakåt och skredområdet bli mycket stort. I jordar där inverkan av ”falsk kohesion” idag bidrar till att branta slänter inte rasar innebär en klimatförändring tillsammans med erosion att stabiliteten försämras kraftigt.

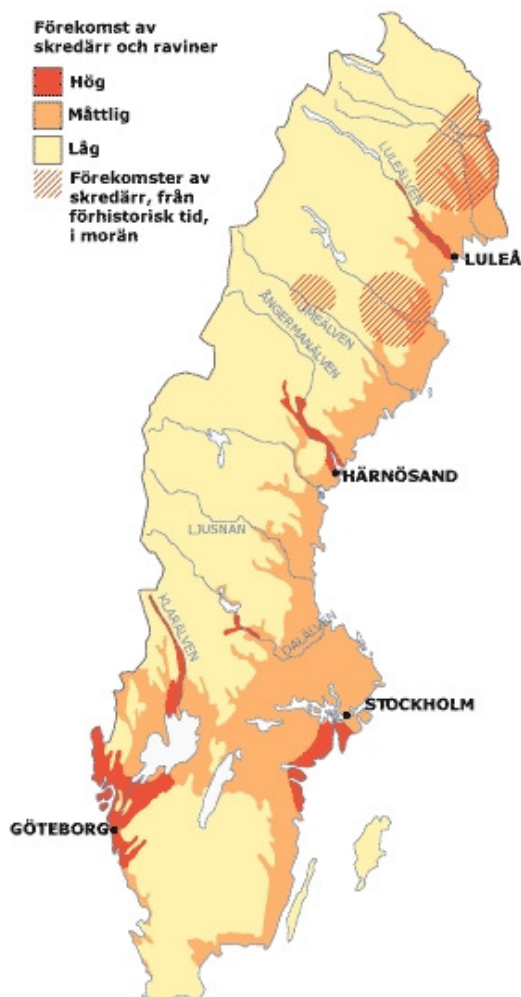
Bebyggelse, industrier och infrastruktur är till stor del historiskt lokaliserade till vattendrag och kommer att påverkas av de ökade nederbördsmängderna. Många områden som idag anses stabila

kommer att få lägre säkerhet mot ras och skred. Dessa områden kan komma att behöva stabilitetsförbättrande åtgärder. För att minska erosion kan erosionskyddande åtgärder behöva vidtas i långt större omfattning än idag.

De prognosmetoder avseende grundvatten och portryck som idag normalt används vid stabilitetsbedömningar är osäkra och utveckling av nya metoder krävs för att kostnadseffektivt kunna utföra rätt förstärkningsåtgärder. Anvisningar och rekommendationer för stabilitetsutredningar som utgör underlag för samhällsplanering m m behöver utvecklas och förändras med avseende på prognostisering av portryck och vattenstånd och deras påverkan på släntstabiliteten.

För att analysera hur nederbördsökningar kommer att påverka olika typer av jordar krävs ökad kunskap om både de hydrauliska egenskaperna och jordens hållfasthetsegenskaper. Kunskapen om sambanden mellan portrycksförändringar, jordens spänningsförhållanden och hydrauliska egenskaper kommer att vara nödvändiga att utveckla för att kunna förbättra prognostiseringsmetoder och beräkningsmodeller.”

Risken för skred är i Sverige mycket ojämnt fördelad, vilket framgår av Figur 9. Det är främst Västra Götaland, Sydöstra Svealand och några älvdalar som har höga frekvenser. Dessa områden förväntas också få ökade nederbörds mängder om ca 25 % fram till år 2100 varför en ökning av skreden är att vänta. De skredbenägna områdena har lerjordar och utgör endast en dryg procent av landets yta. Även siltjordar kan vara skredbenägna vid branta slänter, vilka förekommer vid vissa Norrlandsälvar. Dessa skred blir dock förhållandevis ytliga.



Figur 9 Karta över Sverige visande frekvensen av inträffade historiska skred [14].

Konsekvenserna för byggandet av ökade skredrisker är i första hand att ökade förstärkningsarbeten kommer att behövas såväl vid nybyggnad som i områden med befintlig bebyggelse. Det senare är en affärsmöjlighet och det förra en ökad kostnad för exploatering.

Vid schaktarbeten i lösa jordar kommer behov av förstärkningsåtgärder att öka alternativt att schakten görs med flackare slänter. Konsekvensen är ökade kostnader.

4.4 Ökad erosion

En ytterligare konsekvens av ökad och intensivare nederbörd är ökad erosion. SGI har i det tidigare nämnda regeringsuppdraget utrett detta och rapporterat i [15]. Från rapportens sammanfattning citeras följande:

”Ytlig erosion i slänter beror till största delen på nederbördens intensitet (ju högre intensitet desto större lossgörande krafter påverkar jorden), jordarten (fraktionerna finsand och mellansand är mest lättroderade) och förekomst av skyddande vegetation. Vid byggande i och i närheten av dessa områden krävs god kunskap om problematiken och hur klimatförändringarna kommer att påverka förutsättningarna i framtiden, för att eliminera riskerna.

Erosion i slänter förekommer framförallt i områden med brant lutning och där jorden består av siltig och/eller sandig morän eller finkorniga sediment, såsom silt och finsand. Dessa förhållanden återfinns på flera platser i Sverige, exempelvis längs dalgångar, fjällsluttningar och i kust och sjöområden. Områden med risk för stranderosion och översvämning i Sverige är lokaliserade främst till stränder runt vattendrag, sjöar och hav.

Det saknas för närvarande en helhetsbild av den totala omfattningen av erosion i Sverige. Med utgångspunkt från de geologiska förutsättningarna föreligger potentiell risk för stranderosion inom flera områden över hela landet såväl längs kuster som vattendrag. De hittills största kända stranderosionsproblemen föreligger längs kusterna i Halland, Skåne och på Öland.”



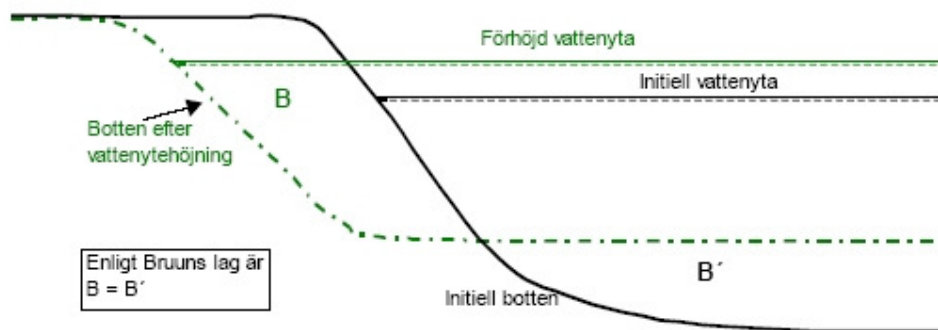
Figur 10 Kartan visar med rött områden med risk för erosion [15].

Figur 10 visar områden i Sverige med risk för erosion vid dagens klimat. Ökade och intensivare regn kommer att öka områdena med erosionsrisk. Erosion verkar långsamt och leder inte till omedelbara faror. Det finns dock ett samspel med skred där erosion kan öka skredrisken genom att mothållande material eroderar bort, se Figur 8.

Erosionsproblematiken påverkar i först hand den fysiska planeringen. För byggföretag är det främst fråga om affärsmöjligheter för att vidta skyddsåtgärder.

4.5 Översvämning

I den tidigare nämnda SGI-rapporten [15] behandlas även risken för översvämningar. Den ökar av två samverkande orsaker, ökande temperaturer och ökande nederbörds mängder. Den ökande temperaturen värmer havsvattnet varvid volymen ökar och därtill smälter glaciärer, vilket ökar vattenmängden. Förväntad nivåhöjning fram till 2100 är ca 0,5 m med en variation över landet så att de södra delarna får större höjning och de norra ingen alls. Höjningen av havsytan går långsamt men ger en ökad risk för översvämning i samband med kortvariga variationer i vattenståndet. Dessa är i Sverige måttliga, ca 1,5 m med 100 års återkomsttid men frekvensen väntas öka. Det kan också noteras att det finns ett samband mellan nivåhöjning och erosion, se Figur 11.



Figur 11 En höjning av vattenytan stör jämvikten mellan strand och vågor och leder till erosion till en ny jämviktskonfiguration [15].

En annan typ av översvämning uppkommer på grund av långvarig och kraftig nederbörd. Det leder till ökade flöden i älvar och floder som går över sina breddar och översvämmar lågt omland. Detta förekommer av och till och kan förväntas öka framöver. Någon rikstäckande kartering av känsliga områden har inte påträffats men exempel på områden som har översvämmats under 2000-talet ges i Figur 12. De har orsakats av stor tillrinning utom i fallet Göta älv där orsaken var att kraftig vind drev in vatten i älvens utlopp.

Område	År	Vattenområde	Övrigt
Arvika	2000	Glaufs fjorden	Vattenståndet nådde rekordnivå
Kristianstad	2002	Hammarsjön och Helge å	
Mälaren	2002	Mälaren	Högsta nivån på 40 år (Mannheimer et al, 2004)
Ljungby	2004	Lagan	
Värnamo	2004	Lagan	
Södra Lappland	2004	Umeälven (hela sträckan) Vindelälven (hela sträckan) Ångermanälven (övre delen)	Vindelälven är oreglerad medan de två andra är reglerade
Göteborg	2005	Göta älv	Höga vattenstånd under stormen Gudrun

Figur 12 Exempel på översvämningar under 2000-talet

Risken för översvämning hanteras primärt vid fysisk planering. Möjliga åtgärder är att inte bygga, öka avbördning vid reglerade vattendrag eller ändring av vattendomar. Byggföretag berörs inte primärt annat än som utförare av skyddsåtgärder eller för sanering av skador.

Sverige har ett stort antal dammar i varierande kondition. Av dessa bedöms ca 200 kunna orsaka omfattande skador vid ett eventuellt brott i dammen (konsekvensklass 1A och 1B enligt [16]). Ökade flöden i älvar ökar risken för ett brott. För säkerheten ansvarar dammens ägare och arbetet drivs som egenkontroll med årlig rapportering till länsstyrelsen. Svenska kraftnät har till uppgift att ge riktlinjer för säkerhetsarbetet och har gjort stickprovskontroll som visat på brister i säkerhetsarbetet [17] och att en förbättring bedöms nödvändig. Även Riksrevisionsverket har studerat dammsäkerhet [18] med samma resultat. Brister påvisas i rapporter om Höljes och Trängslet som gjorts av utländska dammsäkerhetsexperter. Varken dammägarnas egenkontroll eller länsstyrelsernas tillsyn har varit tillräckliga för att upptäcka dessa brister. Riksrevisionen rekommenderar att organisationen och finansieringen av den statliga tillsynen utreds. Förbättringar kommer att avse organisatoriska förbättringar men även konkreta åtgärder i form av förstärkningar.

För byggtreprenörer kan riskerna för översvämning och speciellt dammsäkerhetsfrågorna ge affärsmöjligheter. Ett område är undersökningar och säkerhetsutredningar. Dessa kan sedan leda till ombyggnadsarbeten eller förstärkningsarbeten. Utveckling av metodik för kostnadseffektiva förstärkningar är ett möjligt konkurrensmedel.

Risken för översvämningar ska beaktas primärt vid fysisk planering, vilket är en kommunal uppgift. Markägare bör dock även vara uppmärksamma på riskerna vid exploatering av mark nära vatten.

4.6 Direkta effekter av temperaturhöjning

De direkta effekterna av den förväntade temperaturhöjningen är i allt väsentligt positiva för Sverige och även för byggandet. En påtaglig effekt är minskat energibehov för uppvärmning. Det minskar driftkostnaderna och skulle kunna motivera mindre isolering. Det är dock inte troligt att ökande energikostnader medför att kraven på energihushållning kan förväntas minska.

Ökad efterfrågan på komfortkyla blir en annan effekt som kan förväntas beröra även bostäder. Det ökar investeringskostnaden för husbyggande. Nuvarande regler (2006) för begränsning av energianvändning inkluderar komfortkyla och den relativt sett stora energiåtgången kan fordra kompenserande åtgärder för att hålla förbrukningen under kravnivån.

Sannolikt får vi mindre mängder snö och kortare perioder med snötäcke. Det är en positiv effekt för byggandet. Eventuellt kan man minska snölasterna, vilket skulle medföra billigare takkonstruktioner. En annan positiv effekt är mindre snöröjning av arbetsplatser. Vidare kommer tjäldjupen att minska, vilket kan ge kostnadsbesparingar.

4.7 effekter av ökade vindhastigheter

Som framhållits i Avsnitt 3.11 är prognoserna osäkra vad avser förändringar av vindhastigheterna. Om de ökar får det negativa konsekvenser t ex i form av högre dimensionerande vindlaster, vilket fördyrar byggandet. För befintliga byggnader kan ökade stormskador förväntas. För byggproduktionen ökar avbrotten på grund av för höga vindhastigheter för att köra kranar. Vind samtidigt med regn ger slagregn som förvärrar effekterna enligt Avsnitt 4.2 för väggar.

Swiss Re har gjort en prognos för stormskador [19] med beaktande av klimatförändringen. De har använt scenario A2 i [6] och kommit fram till en sannolik fördubbling av skadekostnaden mellan 1975 och 2085 för Sverige. Det kan vara en kombination av ökade vindhastigheter och lösare jord på grund av regn. Även om klimatforskarna är osäkra angående vindhastigheterna så räcker det att försäkringsbolagen tror på en ökning för försäkringskostnaderna ska öka. Det kommer troligen också att drabba försäkringar av byggnader.

5. Sammanfattning

De flesta forskare är överens om att en klimatförändring orsakad av mänsklig aktivitet pågår. Hur den kommer att utvecklas beror i hög grad på politiska beslut som inte kan förutses. Det går därför inte att göra en prognos utan man arbetar med scenarier. De två scenarier som tas som utgångspunkt här är A2 och B2 enligt IPCC. Dessa är inte extrema utan medelalternativ, vilka mycket väl kan inträffa.

Förväntad temperaturhöjning fram till 2100 är 4-5 °C för Sverige med störst ökning under vintern. Antalet graddagar förväntas minska med mellan 15 och 30 %. Från Mälardalen och söderut blir vintrarna i princip snöfria. Den totala nederbörden förväntas öka något fram till 2100 men fördelningen över året förändras märkbart. Under vintern förutspås en ökning med 30 till 50 %. Nederbörden kommer också att bli mer intensiv med mera häftiga regn. Detta leder till ökade flöden i vattendrag. Vad avser luftfuktighet och vindar är scenarierna inte entydiga men ökningarna kan inte uteslutas.

Några effekter för byggande och byggnadsverk listas i det följande efter orsak.

Temperaturökning

- Mindre energibehov för uppvärmning.
- Ökad efterfrågan på komfortkyla, även i bostäder.
- Sannolikt mindre snö och kortare perioder med snö.

Ökad nederbörd och luftfuktighet

- Ökade risker för fuktrelaterade problem med byggnadsdelar.
- Mer intensiva regn ger krav på större avvattningskapacitet.
- Ökade översvämningsrisker i delar av landet genererar behov av anläggningar för invallning m.m. Dammsäkerheten, som redan nu ifrågasätts blir sämre.
- Ökad risk för skred såväl i permanenta anläggningar som temporära schakter.
- Större frekvens av regn och fler regndagar accentuerar behovet av väderskydd i byggproduktionen.

Ökade vindhastigheter (osäker prognos)

- Högre dimensionerande vindlaster.
- Ökade avbrott i produktionen då kranar inte kan arbeta.
- Mera slagregn förvärrar effekten av regn på väggar.
- Högre försäkringskostnader.

Många effekter är negativa sett ur ett samhällsperspektiv innebärande ökade risker och kostnader. Sett ur byggtreprenörernas perspektiv dominerar dock de positiva effekterna i form av nya affärsmöjligheter. De förväntade framtida klimatförändringarna innebär alltså både hinder och möjligheter för byggtreprenörerna.

Sammantaget kan man identifiera ett stort behov av FoU-satsningar kopplade till framtida klimatförändringars inverkan på byggnadsverk och byggande. Detta berör till exempel fuktsäkra konstruktioner och produktionsmetoder, förstärkningsmetoder för mark och dammar, förändrade karakteristiska snö- och vindlaster samt förändrade klimatförhållandens inverkan på energihushållning.

6. Referenser

- [1] IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Summary for Policymakers.
- [2] IPCC (2007). Climate Change 2007.:The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.
www.ipcc.ch
- [3] NASA (2009). 2009: Second warmest year on record – end of warmest decade.
<http://nasa.gov/topics/earth/features7temp-analysis-2009.html>.
- [4] SMHI (2009). [http:// www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatforandringar](http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatforandringar) -1.7206.
- [5] Bernes C., “A Warmer World – The Greenhouse Effect and Climate Change”, monitor 18, SMHI, Norrköping, 2003, ISBN 91-620-1229-0.
- [6] IPCC (2001). Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the third assessment report of the IPCC (eds. J.T. Houghton et al.), Cambridge University Press.
- [7] Persson, G, Strandberg, G., Båring L., Kjellström, E. Beräknade temperaturförhållanden för tre platser i Sverige – perioderna 1961-1990 och 2011-2040. SMHI, Rapport 124, 2007.
- [8] SMHI (2009). <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarioer/klimatanalyser/sveriges-framtida-klimat-1.3423>
- [9] Bergström S., Hellström S.-S., Andreasson J. Future flood risks around the big Swedish lakes. Konferens i Finland, Augusti 2007.
- [10] K. E. Trenberth, Warmer Oceans, Stronger Hurricanes, Scientific American, July 2007, pp 26-33.
- [11] Ingemar Samuelsson, Bengt Wänggren, Fukt och mögelskador Hammarby Sjöstad, SP Rapport 2002:15
- [12] Fuktskador i putsade fasader – nu finns det hjälp, Pressmeddelande från SP 2007-08-21.
- [13] Carina Hultén et al, Släntstabilitet i jord, SGI, Varia 560:1.
- [14] Skred och ras, SGU, http://www.sgu.se/sgu/sv/samhalle/risker/skred_s.htm
- [15] Karin Ranka, Bengt Rydell, Erosion och översvämningar. SGI, Varia 560:2.
- [16] Svensk Energi (2002), RIDAS – Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Reviderad 2002
- [17] Svenska Kraftnät, Dammsäkerhetsutvecklingen i Sverige,
http://www.svk.se/upload/3556/Dammsakerhetsutvecklingen_i_Sverige_2004-2006_2007-04-23.pdf
- [18] Riksrevisionsverket, Säkerheten vid vattenkraftdammar, RiR 2007:9,
http://www.riksrevisionen.se/templib/pages/OpenDocument____556.aspx?documentid=6725
- [19] Swiss Re, The effects of climate change: Storm damage in Europe on the rise,
<http://www.swissre.com/pws/research%20publications/risk%20and%20expertise/focus%20reports/the%20effects%20of%20climate%20change%20storm%20damage%20in%20europe%20on%20the%20rise.html>