



Byggnader i förändrat klimat

Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars
och extrema väders påverkan

Byggnader i förändrat klimat

Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan

Boverket september 2007

Titel: Byggnader i förändrat klimat. Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringars och extrema väders påverkan.

Utgivare: Boverket september 2007

Upplaga: 1

Antal ex: 500

Tryck: Boverkets internt

ISBN: 978-91-85751-46-4

Sökord: Klimatförändringar, byggnader, flerbostadshus, villor, fritidshus, lokaler, industrier, snö, regn, vind, åska, temperaturer, relativ fuktighet, snölast, vindlast, tak, fasader, fönster, grunder, underhållskostnader, fuktskador, mögelskador, inneklimat, hälsa

Diarienummer: 1299-3573/2007

Publikationen kan beställas från:

Boverket, Publikationsservice, Box 534, 371 23 Karlskrona

Telefon: 0455-35 30 50 eller 35 30 56

Fax: 0455-819 27

E-post: publikationsservice@boverket.se

Webbplats: www.boverket.se

Denna skrift kan på begäran beställas i alternativa format.

© Boverket 2007

Förord

Denna rapport har utarbetats av Boverket för Klimat- och Sårbarhetsutredningen.

Det som har ingått i utredningen är påverkan på byggnader på grund av klimatförändringar vid eventuell förändrad lufttemperatur, nederbörd och vindar med undantag från ras, skred och översvämningar och vatteninträngningar på grund av ev. ökade dagvattenmängder. Dessa undantag har behandlats av andra arbetsgrupper inom Klimat- och sårbarhetsutredningen och redovisas i andra rapporter. I översvänningsgruppen har Martin Karlsson och Assar Lundqvist från Boverket deltagit.

Medarbetare på Boverket som arbetat med föreliggande rapport är Nikolaj Tolstoy, Göran Hedenblad, Lars Göransson, Anders Sjelvgren, Otto Ryding och Dan Jansson. Dessutom har konsulterna Eva Sterner och Bertil Junker på WSP, Bengt Wånggren på Fastighetsägarna Sverige, Gert Magnusson på Riksantikvarieämbetet och Jan De Geer skrivit delar eller haft värdefulla synpunkter.

Karlskrona 27 augusti 2007

Lise Langseth

chef för Boverkets husbyggnadsdivision

Innehåll

Sammanfattning.....	7
Bakgrund.....	9
Metoder.....	11
Systembeskrivning.....	13
Geografisk beskrivning.....	15
Väderparametrar som inneburit risker för byggnader.....	17
Känsliga klimatfaktorer.....	21
Konsekvenser av klimatförändringar.....	35
Klimatskal.....	35
Energiförsörjning.....	39
Påverkan på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse.....	40
Anpassningsåtgärder.....	43
Klimatfaktorer.....	43
Slutsatser.....	47
Referenser.....	49

Sammanfattning

De ekonomiska konsekvenserna av klimatförändringarna är stora förutsatt att dessa påverkar livslängder på material. Här har inte beaktats kostnader pga av översvämningar, ras och skred pga högre vattennivåer i hav, sjöar, vattendrag och grundvatten samt vattenskadorna beroende av ökade dagvattenmängder. Detta redovisas i andra delrapporter till klimat och sårbarhetsutredningen. Sammanställningen visar konsekvenserna av kostnadsökningen i nuvärden för ökat utbyte av papptak, tätare intervaller för målning av träfasader och fönster samt konsekvensen av kortare livslängd för putsade fasader. Detta skulle kunna orsakas av eventuellt högre temperaturer och fuktigare klimat. Minskning av energianvändning för uppvärmning är större än den förväntade ökningen av komfortkyla.

Energibehovet i byggnader bedöms totalt sett att minska med 0,8 TWh/år. Vid ett energipris på 1 kr/kWh innebär detta en minskning med 0,8 miljarder kronor per år. I detta ingår ett ökat kylbehov av 4,6 TWh/år. Vinsten av minskad energianvändning för uppvärmning kan bli betydligt högre än i beräkningarna – inte minst med tanke på att riksdagens miljömål är en minskning av 1995 års energianvändning i bebyggelsen med 20 procent till 2020 och 50 procent till 2050.

Flera saker har vi inte kostnadssatt på grund av svårigheter att kostnadsätta eller att uppskatta förändringar. Anpassningar kommer troligen att göras vilket också gör kostnadsberäkningar svåra. Minskade kostnader för sönderfrysningar än idag är troligt pga. färre nollpassager. Beträffande fukt och mögel ger miljöbalken fastighetsägare skäl att förhindra mögeltillväxt som ger olägenhet för hälsa. Ökade problem i kryprum, på vindar och utvändigt är att vänta. Dessa är svåra att kalkylera kostnad för, på annat sätt än det ökade underhållsbehovet ovan. Ökade extrema vindlaster kan ge ökade skador men är idag svåra att kostnadsätta. Problem med högre snölaster än dimensionerat kan uppkomma i områden där byggnaderna är dimensionerade för låga snölaster i södra Sverige, samtidigt som snölaster totalt blir lägre. För de kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna kan behovet av underhåll komma att öka.

Boverket har ett regeringsuppdrag om byggnaders tekniska egenskaper, en statistisk urvalsundersökning som rapporteras 1 december 2008 vilken kommer att ge ett mer uppdaterat underlag än vad som har använts i denna rapport.

Klimatprognoserna bör följas upp med verkliga mätningar så att vind-, snö- och andra laster kan följas upp och modifieras

Information och anpassning – regler för nybyggnad och successiva lärdomar gör att kostnaderna i övrigt kan bli lägre än beräknat ovan.

Bakgrund

I rapporten bedöms påverkan på bebyggelsen orsakade av klimatvariationer i relation till att klimatet kan bli varmare och fuktigare, att ökade temperaturvariationer kan uppstå, att nederbörden kan öka med 10–20 procent, samt att extremvindar förväntas öka något.

Klimatförändringar innebär troligtvis att riskerna för översvämningar, ras, skred och erosion ökar. Detta behandlas av andra inom Klimat och sårbarhetsutredningen. Ökade extrema dagvattenmängder kan öka vatteninträngningar i källare, vilket också behandlas av andra i klimat- och sårbarhetsutredningen.

Genom byggnaders långa livslängd är det framförallt den befintliga bebyggelsen som påverkas eftersom denna är ofantligt mycket större till ytan än nybyggnader, cirka 70 till 1. Förebyggande och anpassande åtgärder i befintlig bebyggelse kommer därför att vara av särskilt stor vikt både nu och i framtiden.

För nybyggnader är placeringen av byggnaden viktig framförallt med tanke på översvämning, ras, skred och dagvatteninträngning. Vid nybyggnader är val av konstruktioner och material betydelsefullt för att få en låg underhållskostnad av utvändiga material. Material- och konstruktionsval är även viktigt för att ge en låg energianvändning för värme och kyla och för att kunna stå emot något ökade extremvindar och ökade relativa fuktigheter samt högre temperaturer än tidigare.

I rapporten Vad händer med kusten? (Boverket, 2006) har den demografiska utvecklingen studerats. Det konstateras att befolkningsutvecklingen under de tio senaste åren ökat med 169 000 innevånare varav 97 procent bosatt sig i kustzonen, med maximalt fem kilometer från havet. I kustzonen finns vidare cirka en miljon av landets totalt 4-5 miljoner byggnader. Enligt SCBs prognos för befolkningsutvecklingen 2006-2050 kommer en ökning med 1,4 miljon innevånare att ske. Fortsätter trenden kommer den största delen av dessa innevånare att bosätta sig i kustzonen.

Klimatförändringen innebär omställningar i temperaturer, relativa fuktighet, nederbörd och vind. Bebyggelsen kommer att påverkas av detta bland annat genom att materials livslängder kan förkortas vilket direkt innebär ökade underhållskostnader. En ökning av den relativa fuktigheten innebär vidare risk för ökade fukt- och mögelrelaterade skador, vilket förutom ökande skadekostnader kan påverka inneklimat och hälsa hos dem som vistas i byggnaderna. Även för myndigheter kommer klimatförändringarnas inverkan på bebyggelsen att vara av vikt då till exempel nya dimensioneringsregler måste utarbetas. För kommunerna påverkas planläggning av områden där detaljplaner, speciellt för områden nära kust, insjöar och vattendrag måste hantera dessa aspekter.

Redan i dagsläget finns många goda erfarenheter som lett till anpassning och förändring. Ett sådant exempel är installation av varmare eller avfuktare som minskar den relativa fuktigheten i utsatta delar av en byggnad. Detta är dock ett aktivt system som kräver energi och underhåll varför utvecklingen av passiva system bör skyndas på. Varma kryppgrunder som ventileras med inomhusluft och en värmeisolering av yttertakspanelen är lösningar med passiva system som kan bli mer använda i framtiden.

Metoder

Påverkan på fastigheter och konsekvensbeskrivningar har tagits fram genom att utgå från klimatscenarier främst presenterade av Rossby Centre, ett forskningscentrum på SMHI. Som statistiskt underlag för materialmängder har diverse publicerade utredningar från byggforskningsinstitutet, Naturvårdsverket och Byggforskningsrådet använts. Utifrån dessa har generella antaganden gjorts.

Systembeskrivning

Det finns en mängd olika typer av byggnader av varierande ålder. Ett sätt att klassificera dessa är att göra en indelning i flerbostadshus och lokalbyggnader, villor och fritidshus samt industrier. Vidare kan dessa delas in efter åldersstruktur där det största beståndet består av fastigheter byggda fram till 1940-talet. Eventuell påverkan på kulturhistoriskt värdefulla byggnader redovisas speciellt längre fram.

Flerbostadshus och lokalbyggnader

Det finns enligt SCB cirka 125 000 fastigheter (taxeringsenheter) med hyreshus och andra kommersiella byggnader. Därtill kommer ytterligare cirka 87 000 specialfastigheter med distribution, vård, undervisning, badsport och idrottsanläggning, kultur, kommunikation och allmänna byggnader. Den totala arean för flerbostadshus är cirka 157 miljoner m² och den totala arean för lokaler är cirka 166 miljoner m².

Flerbostadshus är ofta byggda med betongstomme och fasad av puts eller tegel. Vanliga fasadmateriäl är trä (ökad andel under 80-90-talet) samt plåt (60-70-talet). Kalksandsten och asbestcement förekommer men inte i samma utsträckning. I moderna byggnader finns allt oftare stora ytor av glas. Vanligaste materiäl för takbeläggning är tegel- eller betongpannor. Plåt respektive pappmateriäl existerar i något mindre omfattning.

Villor och fritidshus

Det finns cirka 2,6 miljoner småhusfastigheter inkl. jordbruksfastigheter och fritidshusfastigheter. Dessa byggnader har vanligtvis en stomme av trä. Fasadmateriäl är i stor utsträckning trä men tegel (byggår 1960-70) och puts (byggår 1940-50) förekommer liksom kalksandsten. Taktäckning är i ordning: betongtakpannor, tegeltakpannor, papp, stålplåt och aluminiumplåt och asbestcement. Grundläggningen av småhusen enligt en statistisk urvalsundersökning av bostadsbyggnader, ELIB, 1992 är cirka 3/5 källare eller souterräng, cirka 1/5 kryprum och cirka 1/5 platta på mark. En ökning av byggnader uppförda med platta på mark har skett sedan 1970-talet.

Industri

Ungefär 150 000 industrifastigheter finns idag varav drygt 100 000 inte är bebyggda. De senare är gatumark och tomtmark. Industribyggnader har ofta pelarstomme av stål eller betong och i byggnader uppförda innan 1960-talet är även bärande väggar vanliga. Takmaterial av papp dominerar men korrugerad plåt är även vanligt förekommande. Fasader av tegel är vanliga i byggnader uppförda innan 1960-talet medan det finns ett flertal konstruktioner till exempel lättbetongelement eller stålregelväggar i byggnader uppförda från 1980 och framåt (Lindgren, Wilhelmsen, 1993).

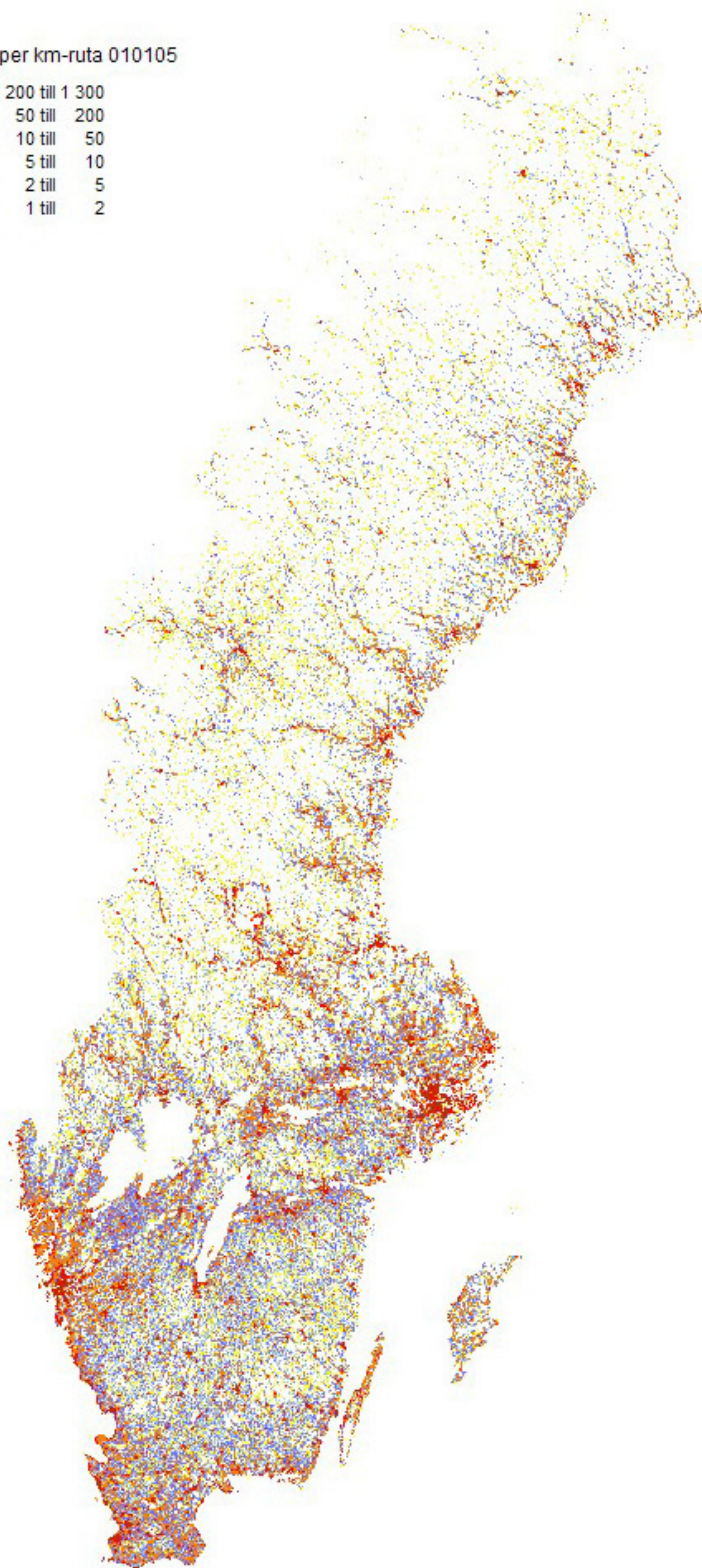
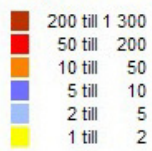
Geografisk beskrivning

Antalet taxeringsenheter i Sverige är ungefär tre miljoner vilka omfattar lantbruksenheter, småhusenheter, hyreshusenheter, täkt- och elproduktionsenheter samt specialenheter (SCB, 2005). Största delen av enheterna är belägna i södra Sverige.

Tabell 1. Antalet taxeringsenheter, statistik från SCB.

Stockholm	356 624
Uppsala	85 196
Södermanland	85 380
Östergötaland	120 209
Jönköping	114 221
Kronoberg	74 561
Kalmar	113 727
Gotland	31 311
Blekinge	64 884
Skåne	344 279
Halland	118 460
Västra Götaland	471 531
Värmland	125 727
Örebro	91 703
Västermanland	76 651
Dalarna	164 256
Gävleborg	115 739
Västernorrland	113 278
Jämtland	85 982
Västerbotten	123 323
Norrbottn	123 535
Hela riket	3 000 577

Byggnader per km-ruta 010105



Karta över byggnadstäthet från Vad händer med kusten?

Illustration: Boverket.

Väderparametrar som inneburit risker för byggnader

Vädret påverkar alla konstruktioner på sikt. Dels genom långsam påverkan med svag styrka och dels kort (momentan) påverkan med kraftig styrka, här kallat extremväder.

Påverkan av temperatur

Våra byggnader är konstruerade för att tåla stora temperaturdifferenser, men pendlingarna från +38°C (Ultuna 1933, 9 juli och Målilla 1947, 29 juni) till -52,6°C (Vouggatjolme 1966, 2 feb) innebär ändå utvidgning och krympning som orsakar en rörelse i materialen och på sikt försvagning. Därtill kommer frostsprängning, där fukt finns med i bilden.

Påverkan av regn och översvämningar

Normal nederbörd i Sverige varierar mycket geografiskt sett. I fjällen uppgår den lokalt till över 2 000 mm, medan den är cirka 500 mm i det inre av landet. Exempel på extrema regnmängder under kort tid är 276 mm invid Fulufjället i Dalarna 1997, 30–31 aug (ej officiell mätstation). Regnet vid Fulufjället orsakade stora erosionsskador, dock i enbart obebyggd terräng. Men utbredda regn eller snabb snösmältning orsakar varje år översvämningar och skador på hus i utsatta lägen. Ett speciellt problem är översvämningar under vårfloden i samband med att isdämning bildas.

Betydande översvämningar under de senaste åren:

I Skåne 2002, feb, i Småland 2003, juli, främst Emån och i centrala Småland 2004, juli.

Slagregn kallar man regn, som på grund av kraftig vind, faller relativt horisontellt mot en byggnad och därmed lätt kan orsaka fuktskador. Stora nederbördsmängder med åtföljande högt porvattentryck i leriga jordar kan orsaka skred. Störst skador uppstod i Surte 1950, 29 sept och i Tuve 1977, 30 nov.

Påverkan av snölaster

Normalt är största snödjup under vintern 100–130 cm i fjällen, i Härnösands – Umeåtrakten ca 80 cm och i Skåne ca 20 cm. Men stora avvikelser förekommer olika år. Stora snölaster kan orsaka nedfallande tak och andra skador på byggnader. En vanlig orsak till de stora (och blöta) snöfallen är närheten till ett förhållandevis varmt hav. Framför allt gäller det vid pålandsvind från Bottenviken, Bottenhavet och Östersjön när de inte är istäckta. Det innebär ofta att temperaturen vid snöfallen eller vid skadesituationen ligger kring 0 grader.

Exempel på stora snölaster och orsakade skador är:

Vintern 1976–1977 i Västervik – Kalmartrakten, 1985, 3–8 jan i Östra Småland, 1987–1988 i området Luleå – Örnköldsvik (max 127 cm i Umeå), 1992–1993 i Örnköldsvik och 1998, 7 dec i Gävle (130 cm).

Påverkan av åska

Blixtnedslag och i viss mån hagel orsakar varje år skador på byggnader. Blixten kan antända direkt eller genom överhettning av ledningar en bit bort från nedslaget. Normalt förekommer 5–20 dagar med åska per år, med ett maximum i västra Götaland. Under en dag med mycket åska kan det förekomma 40 000 nedslag. Exempel på ett kraftigt åskväder är 1988, den 31 maj över Stockholm, då det samtidigt föll 45 mm regn på en timme.

Påverkan av vind

Kraftig vind, storm och orkan, förekommer främst kring våra kuster, men emellanåt drabbas även inlandet av förödande vindar. Beaufortskalan anger att hård vind med en styrka av 20–24 m/s orsakar mindre skador på hus, rökhuvor och att taktegel blåser ner. 24–32 m/s är storm och då kan det uppstå betydande/stora skador på hus.

Betydande stormar

1902, 25 dec, ”julstormen” Götaland (båtar upp på land), 35 m/s i Köpenhamn

1943, 29 aug, NO Götaland och SÖ Svealand

(1953, 1 feb, Hollandsstormen, katastrof- översvämningen!)

1954, 3 jan, Östra Svealand och SO Norrland, 36 i medelvind på Agö.

1967, 17 okt, östra Götaland, flera omkomna, 40 m/s i medelvind under en 10-minutersperiod!

1969, 22 sept, Svealand och norra Götaland, 10 döda, 35 m/s

1969, 1 nov, Svealand och norra Götaland, 6 döda, 36 m/s

1978, 30 dec, ostlig snöstorm i Sydsverige, 36 m/s på Hanö

1992, 20 dec, Tarfala 81 m/s (vindby)

1994, 27–28 sept, Estonia gick under i en normal höststorm, 25 m/s

1999, 3–4 dec, stora skador i Malmö på byggnader, 36 m/s

2002, 29 jan, orkan i S Sverige, 41 m/s i Växjö

2005, 8–9 jan, ”Gudrun”, södra och mellersta Götaland., vindbyar i inre Småland 33 m/s

Tromber:

Cirka tio per år, mest i trakter med mycket åska. Tromber är vanligast maj–november samt i juli och augusti.

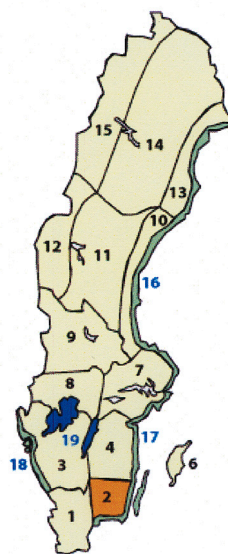
1996, 6 november (exceptionell årstid) Moheda stora skador på byggnader, samtidigt i Åsle (Västra götaland), max 70–80 m/s

Känsliga klimatfaktorer

Rosby Centre har tagit fram ett stort antal klimatkartor som på olika sätt beskriver klimatet och dess möjliga utveckling. Boverket har inte gjort någon värdering av materialet från Rosby Centre. Klimatkartorna har använts som utgångspunkter för att bedöma den möjliga påverkan på byggnader. Konsekvenserna för byggnaders klimatskal, det vill säga ytterväggar, fönster, dörrar, tak och grund samt värme- och kylbehov diskuteras utifrån de klimatfaktorer som tros ha störst påverkan på livslängder eller konsekvenser för kostnader.

Snölast kan öka

Rådande snö och vindlaster kommer troligen att ändras med ett förändrat klimat. Rosby Centres modeller visar på en minskning av medelvärdet av maximala vatteninnehållet i snön (Figur 3). Framförallt i områden där dimensionerande snölast är lägst kan större snömängder än tidigare komma vissa år, på grund av att extrema nederbörder förväntas öka. Det är också i dessa områden i södra Sverige där problem orsakade av snölast kan förväntas.



Figur 1. SMHIs indelning av Sverige för väderleksrapporter.

Tabell för Sydöstra Götaland för det beräknade maximala vatteninnehållet i snön under året (mm). Beräknat medelvärde för de fyra tidsperioderna. Lägsta och högsta enskilda värde anges inom parentes. A2 och B2 är olika scenarier.

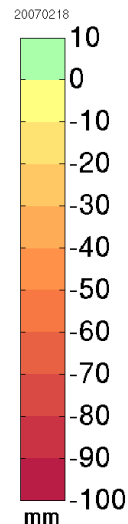
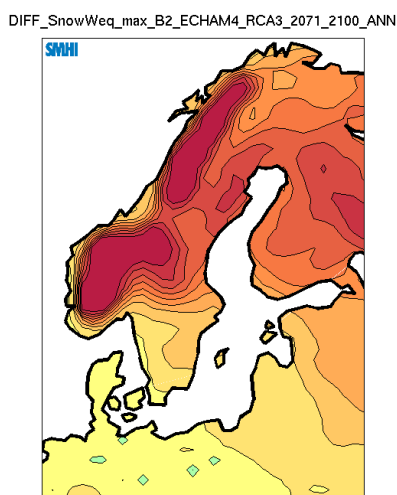
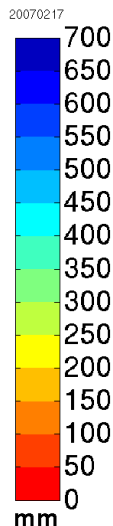
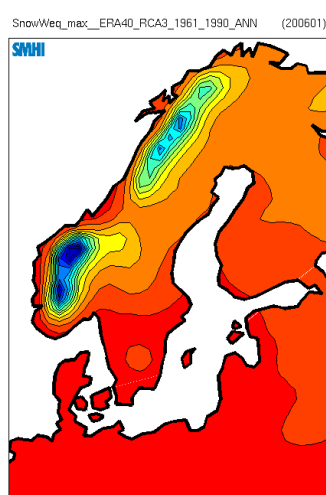
1961–1990	24 (3 : 68)	
	A2	B2
2011–2040	14 (1 : 44)	16 (1 : 62)
2041–2070	8 (1 : 31)	14 (2 : 117)
2071–2100	5 (0 : 39)	7 (0 : 29)

Det beräknade medelvärdet av maximala vatteninnehållet i snön kan minska betydligt. Dock finns det maximalt värde för 2041–2070 i B2 som är 60 procent högre än maximala värdet 1961–90. Motsvarande värden finns för de fyra södra distrikten. Även om ett värde är stort innebär det inte säkert att karakteristiskt lastvärde för snö ökar. Karakteristiskt lastvärde är ett sannolikhetsvärde för snölast som återkommer vart 50:e år.

Från och med perioden 2071–2100 inträffar helt snöfria år i delar av distriktet enligt SMHIs uppskattningar.

Ökning av maximala snölasten

Vid beaktande av medelvärdet av det maximala vatteninnehållet kan man förledas att tro att de maximala snölasterna minskar. Se dock tabellen ovan vilken visade en 60 procentig ökning av den maximala snölasten i sydöstra Götaland. Om nederbördsmängderna förväntas öka och om högsta byvinden också förväntas öka samt om havet kommer att vara



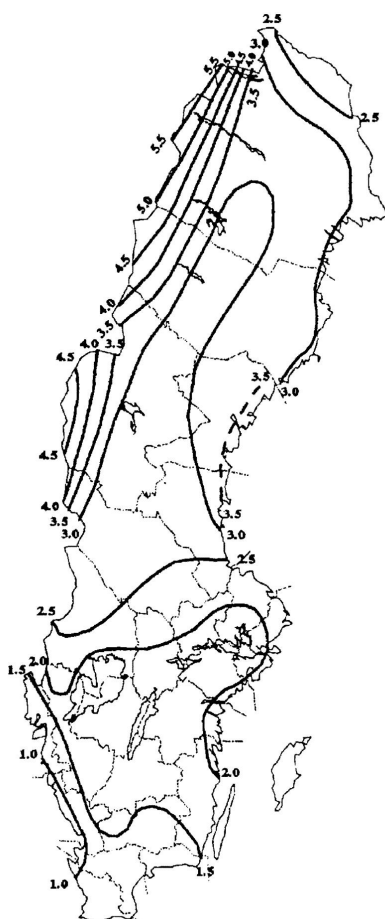
Figur 2. Det beräknade medelvärdet av maximala vatteninnehållet i snön 1961–90. Jfr figur 4 och 5 med maximala verkliga värden. Illustration: Rossby Centre, SMHI.

Figur 3. Differens av det beräknade medelvärdet av maximala vatteninnehållet i snön. 2071–2100 jämfört med 1961–90. Illustration: Rossby Centre, SMHI.

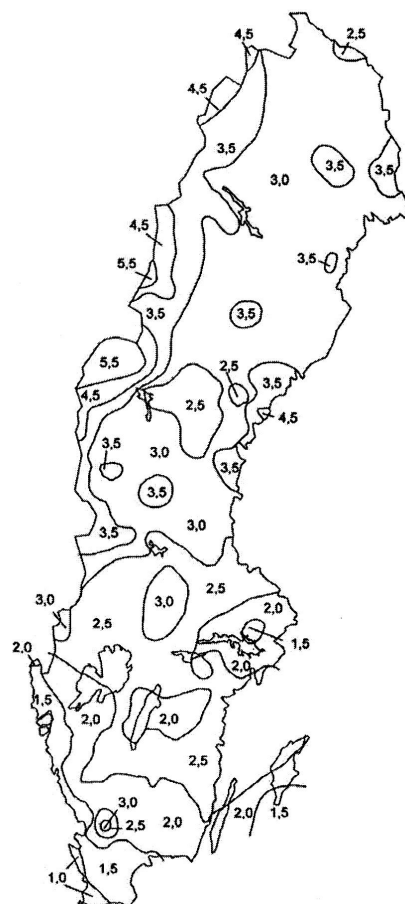
öppet kan "snökanon"-situationer uppstå, jämför Gävle på 1990-talet och Kalmar år 2006 då stora snömängder uppstod vid kyla och vind från havet.

Förstärkning kan bli nödvändig

Boverket har nyligen reviderat konstruktionsreglerna, där i första hand snölastens grundvärde, snölast på mark har ändrats på grund av att noggrannare meteorologiska värden används. Figur 4 och 5 visar den tidigare respektive den gällande snölastkartan. Vid ökad snölast kan förstärkning av takbalkar eller eventuellt aktiva system, det vill säga system som kräver mer skötsel och underhåll än passiva system, såsom varningssystem för nedböjning av takbalkar komma att behövas på grund av att Boverkets byggregler inte är retroaktiva. Underhållskostnader på grund av planerad snöskottning av tak vid extrem nederbörd kan förväntas öka i södra delar av Sverige och minska i norra delar. Andra bärande delar i byggnaderna kan påverkas av eventuell ökad snölast. I de norra delarna förväntas de extrema snölasterna minska enligt Rossby Centre, SMHI. En ändring av snölast ger således en påverkan på bland annat dimensioneringsregler. Detta innebär eventuellt att det karakteristiska värdet för snölast måste ändras.



Figur 4. Tidigare snölastkarta i BKR (iso-värden)
Snölast på mark kN/m^2 . Illustration: Boverket.



Figur 5. Gällande snölastkarta 2007 (snözoner) kN/m^2
Illustration: Boverket.

Vindlasterna ökar

I Boverkets konstruktionsregler finns kartan i figur 6. Är SMHI:s scenarier riktiga kommer de extrema vindarna att öka med cirka 5–10 procent de närmaste åren jämfört med 1961–90, se figur 8 nedan. En karta över beräknad ökning 1991–2005 jämfört med 1961–90 visar att ökningen redan delvis kan ha inträffat, se figur 9 nedan. Det är en kort period och behöver inte innebära att 50-års vinden förändrats. Boverket diskuterar med SMHI att beräkna fram nya karakteristiska lastvärden för dimensionerande vindlaster.

Stormskadorna ökar

En ökning av extrema vindlaster, stormar, ger en effekt på antalet stormskador på byggnader. Träd som faller över byggnader eller avblåsta tak är några konsekvenser. Enligt uppgifter från Länsförsäkringar uppgick kostnaderna för stormskador på byggnader inom bolaget till nära 1,3 miljarder kronor mellan åren 1999–2006, Diagram 1. Kostnaden är i verkligheten högre då avdrag gjorts för fastigheternas ålder samt självrisk. Stormskadorna gäller främst ekonomibyggnader i dåligt skick, vilket ökar den verkliga kostnaden jämfört med försäkringskostnaderna.

En mycket stor andel av stormarna uppträder under oktober till mars vilket bland annat gör att lövträd får en mindre belastning än barrträd. Riksantikvarieämbetet förordar därför lövträd vid fornlämningar.

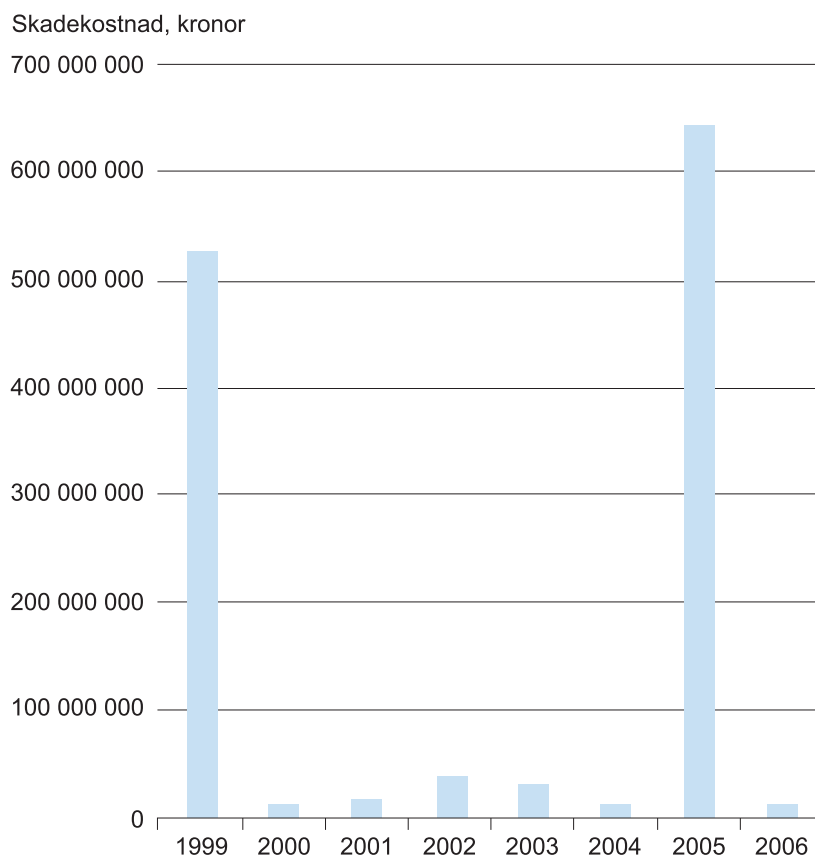


Diagram 1. Kostnad för stormskador, Länsförsäkringar.

Illustration: Länsförsäkringar.

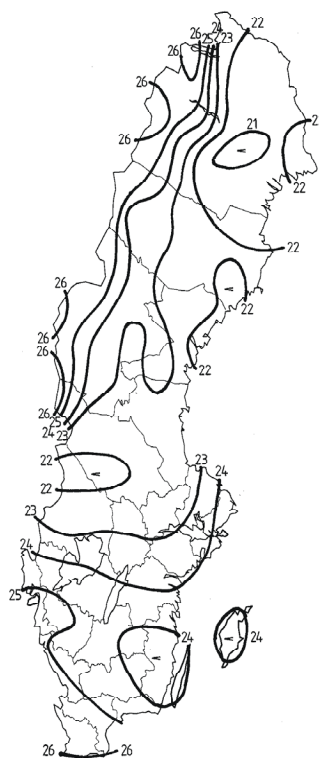
Tak påverkas av vindlaster som innebär betydande lyftkrafter. Takstolar och åsar måste därför förankras till det befintliga huset på ett riktigt sätt. I dag används ofta infästningsjärn för detta ändamål vid trätakstolar. Takmaterial och vindskivor fästs bättre redan idag bland annat i randzoner, hörn ochnockar. I en framtid kan förankringar behöva förstärkas eller kompletteras liksom att vissa takpannor och plåtar kan behöva en förbättrad infästning än idag för byggnader i utsatta lägen, som vid kuster eller på höjder.

Vindlasten på en yta är proportionell mot vindhastigheten i kvadrat vilket vid en ökning av vindstyrkan med 10 procent ger en lastökning på 20 procent.

Täthet är viktig

Vind har även en påverkan på lufrörelserna inuti en byggnad. Ett utvändigt övertryck skapas på vindsidan, jämfört med inne, och på läsidan skapas ett undertryck. Luften strömmar utifrån och in på vindsidan medan luften sugas inifrån och ut på läsidan. Lufrörelserna som skapas innebär att värme transporteras bort från byggnader vilket ger ett förhöjt värmebehov speciellt vid otäta byggnader. Vid byggande av lågenergihus är byggnadernas täthet mycket viktig.

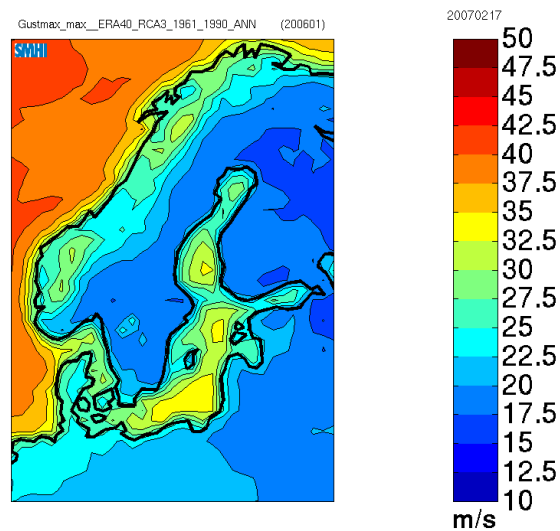
Genom ökad nederbörd och ökning av extrema vindar kan slagregn, horisontell nederbörd, komma att öka. Kalkyl av skadekostnad för detta har inte kunnat göras.



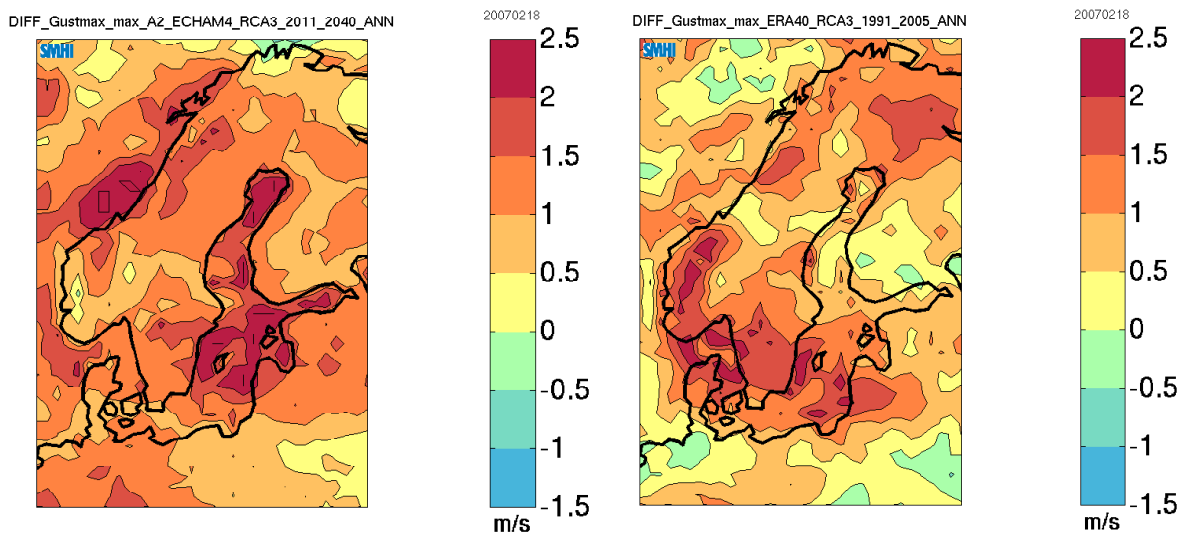
Figur 6. Referensvind m/s medelvindhastighet under 10 minuter på höjden 10 meter över markyta, terrängtyp II, och med upprepningstiden 50 år. Beräknade från uppmätta lufttryck. Illustration: Boverket.

Maximal byvind är den högsta vinden på årsbasis. Vinden beräknas var 30:e minut.

SMHI:s kartor visar maxivärdet av den maximala byvinden. Byvind är vindstötar under några sekunder.



Figur 7. Maxvärdet av den maximala byvinden 1961–90.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.



Figur 8. Differens maxvärdet av den maximala byvinden 2011-2040 jämfört med 1961–1990.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.

Figur 9. Differens maxvärdet av den maximala byvinden 1991-2005 jämfört med 1961–1990.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.

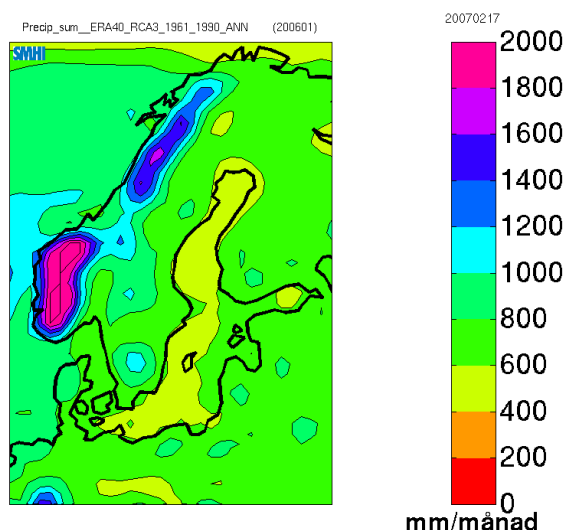
Regnet ökar under århundradet

Enligt Rossby Centres kartor över klimatscenarier kommer regnmängden per år i Sverige att öka under detta århundrade, se figur 10 och 11. Med extremare väder kan man även förvänta sig att antalet slagregn, regn som drivs horisontellt av vinden, ökar. Det vore intressant om SMHI mätte slagregnsmängder och beräknade medelvärden och spridningsmått. För en byggnad innebär ökade slagregnsmängder att sannolikheten för fuktskador ökar. När fasaden (tegel, puts eller kalksandsten) blir fuktig finns risk att fukt leds vidare till trämaterial och gipsskivor, vilket kan leda till påväxt av mögel och att lukt uppkommer. Träpanel slits mer vid extrem påverkan och risken för rötskador ökar. Även fönster påverkas av slagregnen där otätheter i anslutning till fönstret gör att vatten kan läcka in i väggen eller i fogen mellan karm och vägg och på så sätt påverka fönstren. Även kittfalsar och skarvar i fönsterkonstruktionen är regn-utsatta delar.

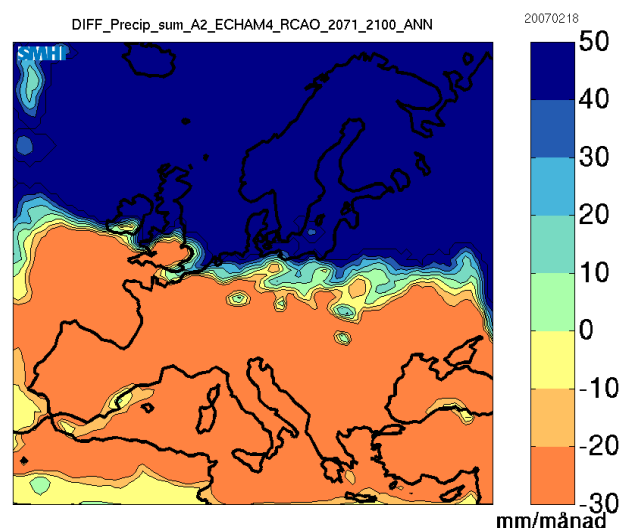
Nederbörds mängderna förväntas inte öka under sommaren utan främst under perioder då avdunstningen är låg och marken kan vara mättad. Risken för källaröversvämningar ökar främst i områden som ligger i markens låga punkter och där markavrinningen är dålig. Vid korta intensiva regn finns risken att befintliga avloppssystemen inte kan hantera de extrema vattenmängderna vilket ger översvämningar som följd.

Vid källaröversvämningar är det, som det är vid alla översvämningar, mycket viktigt att fukten snabbt torkas ut och att skadat material avlägsnas. Annars finns en stor risk för exempelvis problem med mögelskador och inneklimatet som en följeffekt.

Detta beskrivs utförligare i andra rapporter om översvämningar och om dagvatten till klimat och sårbarhetsutredningen. Även ökad risk för ras och skred på grund av ökade nederbörds mängder redovisas i annan rapport till klimat och sårbarhetsutredningen.

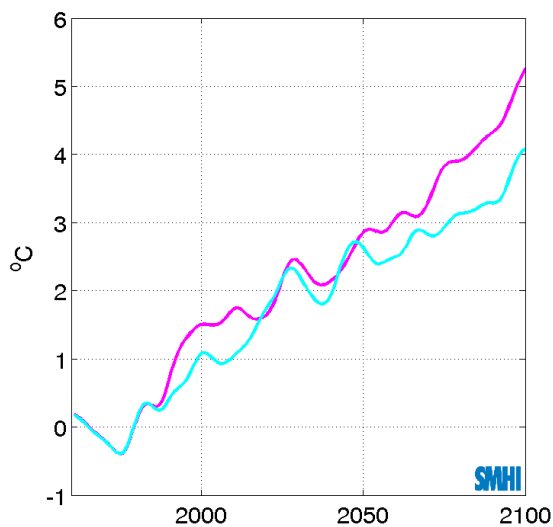


Figur 10. Regnmängder mm/år 1961–1990.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.



Figur 11. Ökad regnmängder mm/år, 2071–2100.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.

Temperaturen kan öka med fyra grader



Figur 12 Östra Svealand. Den beräknade årsmedeltemperaturen ökar från 1990-talet till år 2100. 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.

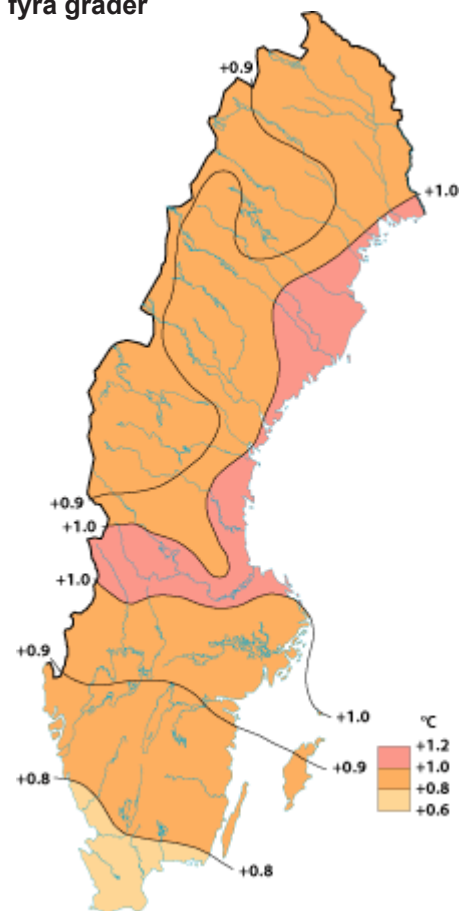
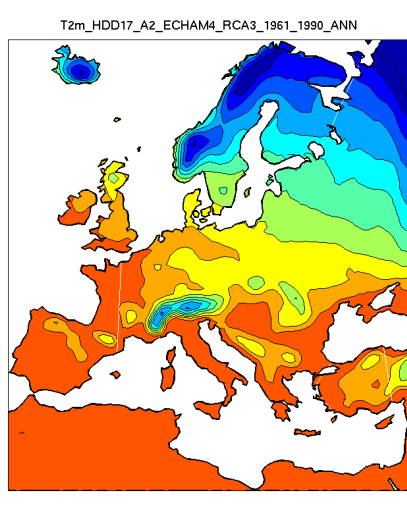


Fig 13. Ökningen med en grad har redan skett enligt denna karta som jämför årsmedeltemperaturen 1991–2005 med 1961–1990. Under åren 1991–2005 har en tydlig uppvärmning ägt rum jämfört med normalperioden 1961–1990. I bilden till höger visas hur medeltemperaturen över hela året förändrats när dessa perioder jämförs. Grovt sett rör det sig om ungefär en grads ökning med en antydning till mer markant ökning i landets mellersta delar. Mer detaljerade analyser visar att ökningen varit allra tydligast under vintern med drygt två grader i landets mellersta och norra delar, minst under hösten med lokalt nästan oförändrad temperatur främst i sydvästra Sverige. (SMHI).

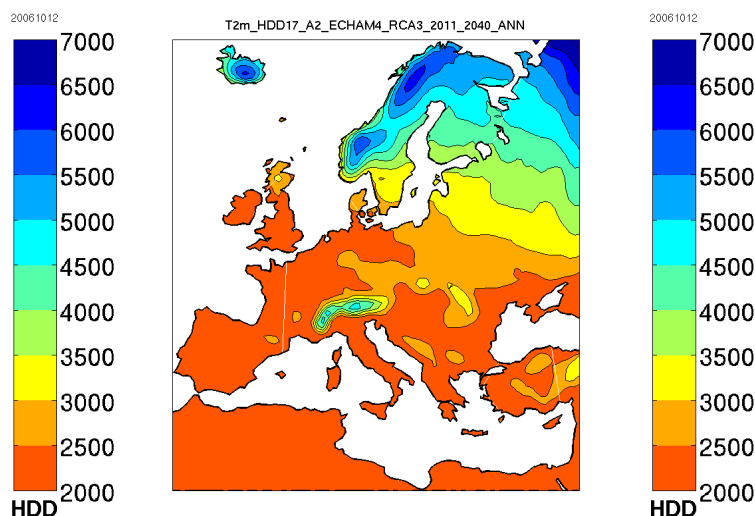
Beräknad temperaturförändring 1961–2100 jämfört med medelvärdet perioden 1961–1990. Kurvan visar löpande 10-årsmedelvärde för A2 (cerise) och B2 (turkos). (SMHI, Östra Svealand).

Minskad energiåtgång för uppvärmning

Temperaturen över året stiger enligt de klimatscenarier som ställts upp. Detta har en påverkan på en byggnads värmeenergibehov. Denna kan uttryckas i graddagar och beräknas som summan över året mellan innetemperaturen 17°C och utetemperaturen när denna är lägre än 11°C. Nedan redovisas antalet graddagar för åren 1961 till 1990 (figur 14) respektive för åren 2011 till 2040 (figur 15). Kartorna visar att antalet graddagar beräknas att minska vilket innebär en minskad energiåtgång för uppvärmning. I hela södra Sverige beräknas uppvärmningsbehovet minska från 4 000 graddagar till mellan 2 500–3 500 graddagar, vilket innebär en minskning med ungefär tio till fyrtio procent.



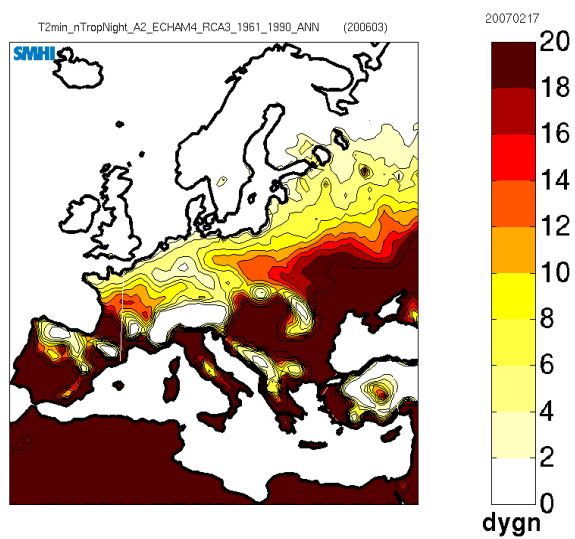
Figur 14. Graddagar med värmebehov, 1961–1990. Illustration: Rossby Centre, SMHI, Elforsk.



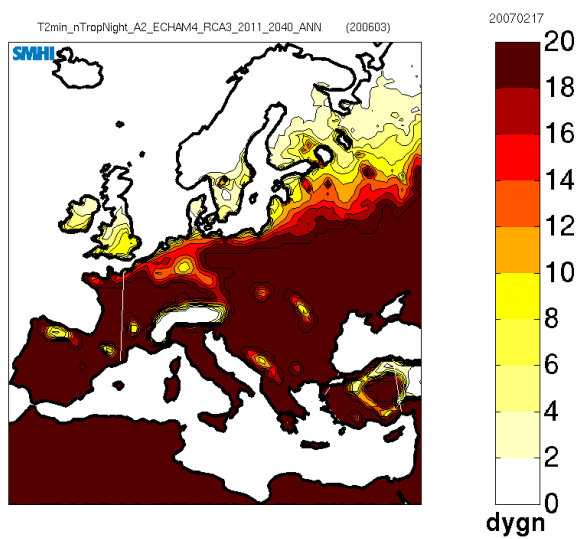
Figur 15. Graddagar med värmebehov, 2011–2040. Illustration: Rossby Centre, SMHI, Elforsk.

Fler tropiska nätter

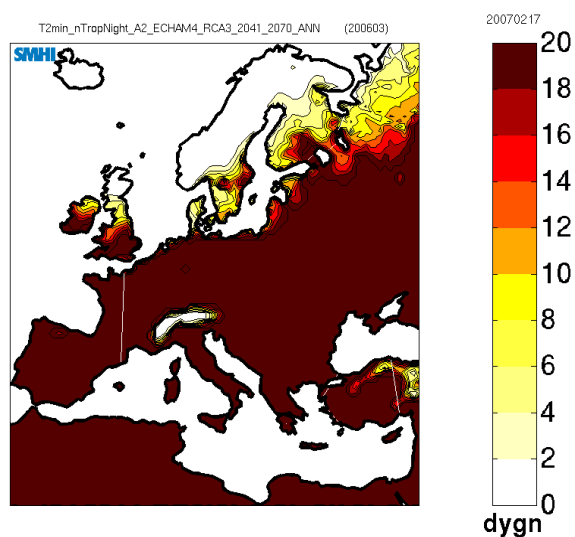
På liknande sätt som för resonemanget med värmeenergibehov kan man resonera kring ett ökat kylbehov. Kartmaterialet visar att antalet dagar med kylbehov beräknas att öka vilket innebär en ökad energiåtgång för kylning. Det är dock svårt att tolka graddagar för kyla. Den direkta solinstrålningen och värmelasterna i byggnaderna påverkar så det är svårt att beräkna kylbehovet från graddagar över 20 °C. De tropiska nätterna, det vill säga när minitemperaturen aldrig understiger 20°C kommer att öka enligt scenarierna, se figurer 16–19 nedan.



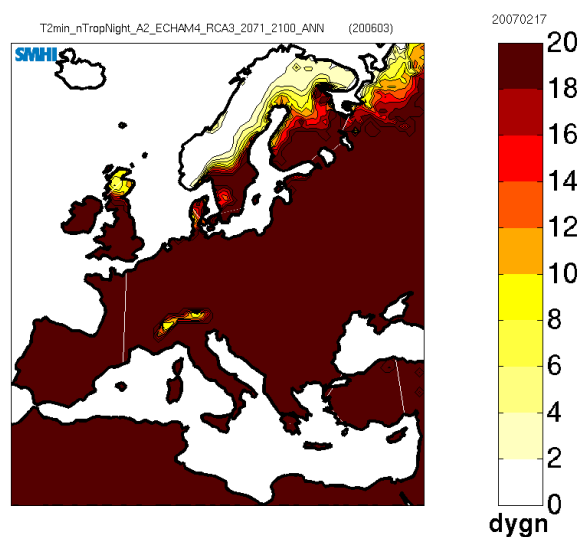
Figur 16. Antal tropiska nätter 1961–90.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.



Figur 17. Antal tropiska nätter 2011–40.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.



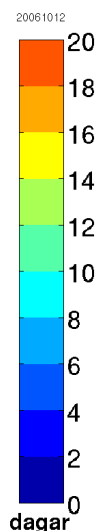
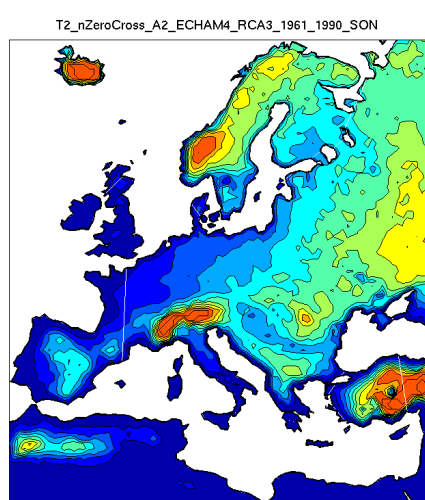
Figur 18. Antal tropiska nätter 2041–70.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.



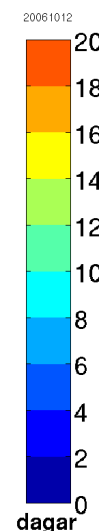
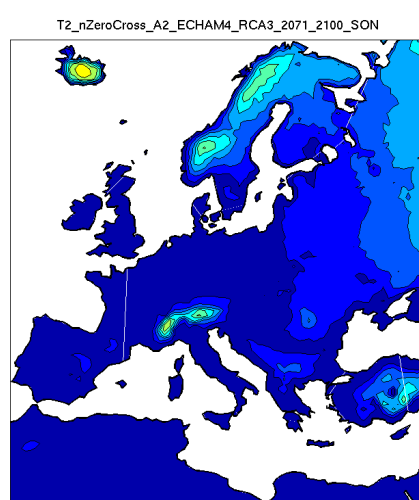
Figur 19. Antal tropiska nätter 2071–2100.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.

Över 20 tropiska nätter i södra Sverige 2071–2100 innebär att komfort-kyla kan komma att behövas i bostäder i Sverige i framtiden.

Enligt Rossby Centres klimatkartor inträffar troligen färre nollgenomslag då temperaturen slår mellan plus till minusgrader. Nedan visas antal dygn då temperaturen på två meters nivå varit både över och under 0°C mellan åren 1961 till 1990 (figur 20). Motsvarande karta för åren 2071 till 2100 visar att temperaturpassagerna beräknas minska i antal (figur 21). För klimatskalet kan detta scenario vara positivt då slitaget av is och frostsprängningar på sikt kan minska.



Figur 20. Nollgenomslag 1961–1990.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.



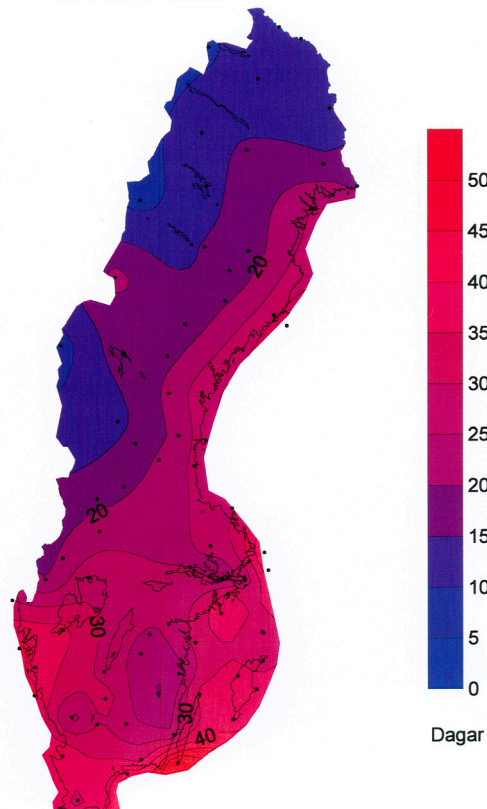
Figur 21. Nollgenomslag 2071–2100.
Illustration: Rossby Centre, SMHI.

Ökad luftfuktighet och temperatur kan öka antalet fuktskador

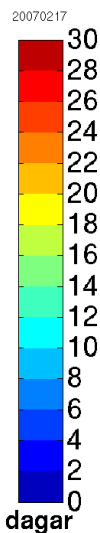
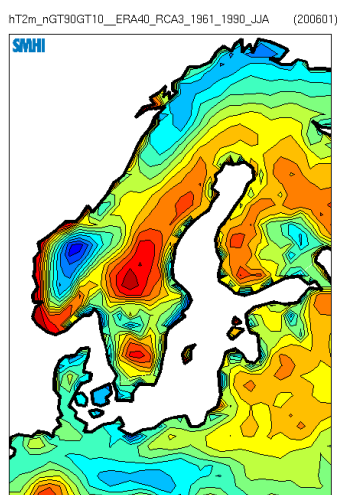
Högre temperaturer i kombination med mer nederbörd och högre avdunstning ger högre luftfuktighet. Risken för fuktskador med mikrobiologisk tillväxt som följd ökar. För stålkonstruktioner (bortsett från rostfritt stål) kan risken för korrosion öka.

Med ökad fuktighet (högre RF och kraftigare regn) finns även risken att antalet frostsprängningar i putsade fasader ökar trots att antalet nollpassager minskar enligt framtidsscenarierna. Detta beror på att andelen putsfasader som har högt fukttinnehåll kan komma att öka. Vid frostsprängning har putsen mättats av vatten. När temperaturen sjunker under noll fryser vattnet, varvid putsen spricker.

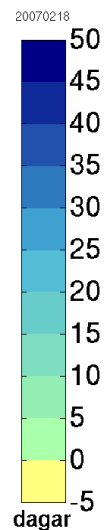
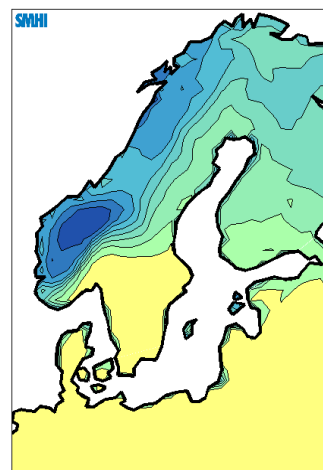
JJA 1976 - 2005



Figur 22 Antalet dagar i juni, juli, augusti då dygnets medeltemperatur är över 10 grader och luftfuktigheten samtidigt är större än 80 procent för de senaste 30 åren. Illustration: SMHI, Boverket.



DIFF_RhT2m_nGT90GT10_A2_ECHAM4_RCA3_2071_2100_JJA



Figur 23. Beräknat antalet dagar i juni, juli, augusti då dygnets medeltemperatur är över 10 grader och luftfuktigheten samtidigt är större än 90 procent 1961–1990. Illustration: Rossby Centre, SMHI.

Figur 24. Beräknad förändring i antalet dagar i juni, juli, augusti då dygnets medeltemperatur är över 10 grader och luftfuktigheten samtidigt är större än 90 procent 2071–2100. Illustration: Rossby Centre, SMHI.

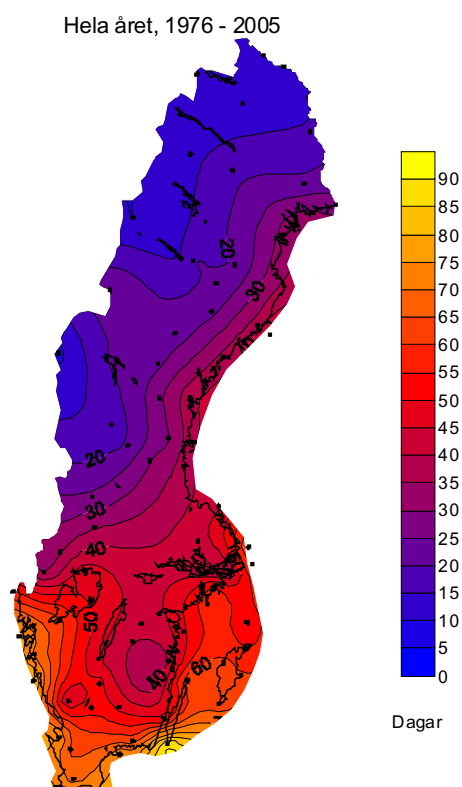
I stora drag stämmer SMHIs kartor från väderstationer 1976-2005 väl överens med de för perioden 1961–1990 modellberäknade (med de högsta värdena längst i söder och successivt lägre värden ju längre norrut man kommer och upp mot fjällkedjan. Nivåerna är olika – upp till 50 dagar per år under sommaren (juni–augusti) mot 30 som mest för modellberäkningarna men då representerar värdena inte riktigt samma sak.

I modellen beräknas nämligen luftfuktigheten som ett medelvärde för en hel gridruta, en ruta för beräkningar, (48 x 48 km). Landytorna i Sverige är till stor del skogbevuxna och de beräknade värdena representerar två meters höjd inne i ett skogsbestånd. Detta gör att den modellberäknade luftfuktigheten är högre än vad som motsvarar den öppna ytan vid en väderstation. I scenarierna har man därför använt ett högre gränsvärde för fuktigheten – 90 procent istället för 80 procent.

Fler dagar med hög luftfuktighet under andra perioder än sommaren

Det som kan läsas ut av de modellberäknade kartorna är att antalet dagar med hög relativ luftfuktighet (RF) och temperatur över 10°C ökar under andra perioder än sommaren samt att under sommaren minskar antalet dagar i Götaland och Svealand samt ökar i Norrland.

Ökad fuktbelastning på byggnader kan ge risk för snabbare nedbrytning av utvändiga material, fuktskador och ökade risker med fukt i grunder och på vindar.



Figur 25. Medelvärde av antalet dagar under hela året då dygnets medeltemperatur är över 10 grader och luftfuktigheten samtidigt är större än 80 procent för de senaste 30 åren. Illustration: SMHI, Boverket.

Oavsett om antalet ”rötmånadsdagar”, (”Rötmånaden kallas i Sverige tiden mellan 23 juli och 23 augusti, emedan den då rådande värmen påskyndar organiska ämnens förruttnelse”, ur Nordisk familjebok) ökar eller inte så har vi idag tillräckligt många i Götaland, Svealand och längs Norrlandskusten, mellan 35 och 85 dagar. I Boverkets byggregler finns sedan 2006 inskrivet att om det kritiska fukttillståndet för ett material inte är väl undersökt och dokumenterat skall en relativ fuktighet (RF) lika med 75 procent användas som kritiskt fukttillstånd för materialet.

Konsekvenser av klimatförändringar

Klimatskal

Utöver direkta skador på grund av slagregn eller stormar påverkas byggnadsdelarnas livslängder. Alla byggmaterial i konstruktioner har begränsade livslängder. Dessa beror bland annat på slitage, hur utsatt konstruktionen/byggmaterialet är för klimatpåverkan och materialets beständighet. Stommen i en byggnad har vanligen en livslängd på långt mer än 50 år medan ytskikt ofta måste bytas betydligt tidigare. I tabell 2 ges exempel på livslängder för olika material.

Livslängd (år)	Material
7	Målning av plåttak fönster och fasader
20	Byte av papptak
40	Byte av takpannor tegel
35	Byte av plåttak
40	Putsning av fasader
60	Byte av takpannor betong
50	Byte av fönster

Tabell 2. Exempel på livslängder (Tolstoy, Svennerstedt 1984 och Tolstoy m.fl., 1990).

Byggnadens klimatskal, det vill säga ytterväggar fönster, dörrar, tak och grund påverkas i stor utsträckning av klimatvariationer. Nedan diskuteras några klimatfaktorer som förväntas ha en påverkan på byggmaterialens livslängder.

För samtliga beräkningar redovisade nedan har vissa förenklingar gjorts. Inledningsvis antas att en investering genomförs vid kalkylperiodens början. Därefter följer reinvesteringar vid respektive livslängds slut. Ingen hänsyn har vidare tagits till restvärden.

Takmaterial

De vanligaste typerna av yttertaksbeklädnad är papp, gummiduk, plåt och takpannor av tegel eller betong.

Papp/gummiduk påverkas av temperaturen

Låglutande, platta tak klädda med papp förekommer både på småhus, lokaler och industrier och var särskilt frekventa på 1960- och 1970-talen. Avrinningen från taket är ofta ordnad via takbrunnar och invändiga avlopp. Om brunnarna sätts igen av löv och skräp blir vatten stående på taken vilket ökar risken för fukt- och vattenskador samt belastningsskador på grund av ökad last. Bräddavlopp som skulle kunna träda in vid igensatt avrinning saknas ofta. Vattensamlingar kan också uppstå vid otillräckligt takfall. Pappens beständighet är temperaturberoende och stark sol eller kyla och is minskar åldringsegenskaperna. För tak innebär is risk för att papptäckning slits sönder, eller att takpannor spräcks eller rubbas. Antalet nollpassager väntas dock minska. Generellt sett räknar man med en livslängd på 20 år för papptak/gummiduk. Med högre temperaturer kan livslängden förkortas.

Antag att livslängden minskar med 10 procent (från 20 år till 18 år) på grund av ökad temperatur. Kostnaden per m² (material samt arbete) sätts till 350 kr/m². Diskonteringsräntan sätts till 4 procent. Årskostnaden kommer då att stiga med 2 kr/m². Den totala mängden papptak uppgår till 515 000 ton (3kg/m²) vilket ger 172 miljoner m².

Årtal	Nuvärde, med klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärde, utan klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärdet av kostnadsökning (miljarder kronor)
2020	60	60	0
2050	100	104	4
2080	113	106	7

Tabell 3. Nuvärde för kostnadsökning på grund av kortare underhållsintervall för papp/gummidukstak.

Plåt och takpannor av tegel/betong påverkas av vindlaster

Ökade vindlaster kan förväntas öka skadorna på plåt och takpannor. Det är då infästningen som blir kritisk. För befintliga tak belagda med pannor finns en risk att pannor oftare lossnar från infästningar på grund av kraftigare stormar. Därför kan det vara viktigt att när takpannor byts att se över deras förankring. Växlar temperaturen och is bildas finns risk att isen lyfter eller spräcker pannorna. För plåtar är temperaturrörelserna viktiga att beakta. Ökande rörelser på grund av eventuellt ökande temperaturspann kan tas om hand vid dimensionering av nya taks infästningar genom anpassning allteftersom nya värden tas fram. Det är dock troligt att temperaturspannet inte ökar genom att det blir färre dagar med minus-temperaturer.

Fasadmaterial*Träfasader kan behöva målas oftare*

En träfasad behöver vanligtvis underhållas med målning, ungefär vart tionde år. Färgen åldras främst av solens ultraviolette strålar och höga temperaturer. Tydliga skillnader i underhållsintervall kan ses mellan norr- och söderfasader. Med ökad solstrålning och nederbörd kommer underhåll troligen att behöva utföras oftare (Tolstoy m.fl., 1990).

Antag att ommålning måste ske inom nio år istället för med ett tioårsintervall. Kostnaden per m² (material samt arbete) sätts till 300 kr/m². Diskonteringsräntan sätts till 4 procent. För beräkningen har vidare antagits att fasaden är densamma under kalkylperioden och att endast ommålning sker, vilket är en förenkling.

Den totala mängden träfasad uppgår till 94 miljoner m² (Tolstoy, Svennerstedt 1984)

Årtal	Nuvärde, med klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärde, utan klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärdet av kostnadsökning (miljarder kronor)
2020	48	47	1
2050	79	75	4
2080	91	83	8

Tabell 4 Nuvärde för kostnadsökning på grund av kortare målningsintervall för träfasad.

Tegel- och putsfasader kräver bra takavrinning

Tegelfasader utan skador är mycket tåliga och ska i normala fall inte påverkas av temperaturvariationer i klimatet. Dock måste avrinningen från tak vara väl fungerande för att teglet ska behålla livslängden. Vidare måste fogarna bytas ut med jämna mellanrum för att risken för fuktinträngning ska minimeras.

Puts tål inte konstant väta och det är därför viktigt att avvattningen från tak är väl fungerande och att vatten inte leds ned på fasaden. En ökning av extremregnen där avvattningen från tak inte är tillräcklig samt en ökning av direkta slagregn riskerar att ge upphov till frostsprängningar vid eventuella nollpassager. Spricker putsen förlorar den sin funktion med risk för att underliggande konstruktion skadas.

Antag att putsens livslängd minskar med 10 procent från 40 år till 36 år på grund av ökad temperatur. Kostnaden per m² (material samt arbete) sätts till 600 kr/m². Diskonteringsräntan sätts till 4 procent. Årskostnaden kommer då att stiga med 2 kr/m². Den totala mängden putsad fasad uppgår till 70 miljoner m² (Tolstoy, Svennerstedt 1984) vilket innebär en kostnadsökning med 140 miljoner kr per år.

Årtal	Nuvärde, med klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärde, utan klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärdet av kostnadsökning (miljarder kronor)
2020	42	42	0
2050	52	51	1
2080	55	53	2

Tabell 5. Nuvärde för kostnadsökning på grund av kortare omputsningsintervall för putsad fasad.

Fönster kan behöva målas oftare

På samma sätt som fasader måste målade träfönster underhållas och även för dessa blir underhållsintervallen kortare. Här kan exempelvis risk för ökad kondens ge en snabbare nedbrytning. Energibesparingar har drivit på utvecklingen av fönster som idag tillverkas med mycket goda U-värden och solskydd. Utsidan kan kläs med aluminium vilket förlänger fönstrens livslängd och minskar underhållsinsatserna jämfört med en målad utsida.

Antag att fönster målas om vart sjätte år istället för vart sjunde år. Kostnaden per fönster (material samt arbete) sätts till 300 kr/st och ytan per fönster till 1,5 m². Diskonteringsräntan sätts till 4 procent. Årskostnaden kommer då att stiga med 9 kr/st. Den totala arean fönster uppgår till ca 67 miljoner m² (Tolstoy et al 1984).

Årtal	Nuvärde, med klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärde, utan klimatpåverkan (miljarder kronor)	Nuvärdet av kostnadsökning (miljarder kronor)
2020	32	33	1
2050	48	54	6
2080	53	61	8

Tabell 6. Nuvärde för kostnadsökning på grund av kortare målningsintervall för träfönster.

Grunder

Om perioderna med ökad luftfuktighet förlängs kommer risken för skador relaterade till krypgrunder att öka. Detta har varit svårt att kunna uppskatta en kostnad för detta.

Källaröversvämningar på grund av högre vattennivåer i hav, sjöar och vattendrag samt ökad extrema nederbördsmängder som kan ge dagvattenproblem. Sådana översvämningar har vi inte kostnadsberäknat i denna rapport.

Energiförsörjning

Enligt Rossby Centres klimatkarta, som redovisar de beräknade dagar då dygnsmedeltemperaturen är under +17° C, kommer antalet graddagar att minska. Hur många färre graddagarna blir varierar över landet, grovt uppskattat rör det sig på 100 år om ungefär 10 procent minskning för södra Sverige där de flesta fastigheterna är belägna och upp till 40 procent i norra Sverige. Antag att graddagarna i snitt minskar med 10 procent. Varmvattenbehovet är likartat oavsett antalet graddagar. För att inte över-skatta minskningen har vi här räknat med en minskning med 6 procent av uppvärmningsbehovet. För att studera vilken effekt dessa 6% har på energianvändningen relateras detta till den totala slutliga energianvändningen för bostads och service sektorn m.m. vilket enligt Energimyndigheten (Energiläget i siffror, 2006) var 149,3 TWh varav ca 90 TWh till uppvärmning. Minskningen motsvarar då 5,4 TWh per år.

Värmebehovet minskar – kylbehovet ökar

I motsatts till minskat behov av uppvärmning kommer kylbehovet att öka med fler soliga dagar samt med ett varmare klimat. Ökningen av antalet graddagar antas fördubblas vilket dock inte innebär att kylbehovet fördubblas, eftersom kylbehovet främst för lokaler även beror på termiska laster från verksamhet och belysning samt direkt solinstrålning genom fönster. Kylbehovet är främst relaterat till lokaler i kontorsbyggnader, vilket innebär att ökningen av energibehovet inte kan föras tillhela byggnadsbeståndet. Effektiv solavskärmning som samtidigt tillåter dagsljusinsläpp kan vara en möjlighet att minska det ökade kylbehovet.

I STIL undersökningen (Statens Energimyndighet) har 123 lokalbyggnader med en total area av 834 000 m² inventerats med avseende på energianvändning. Energianvändningen för kyla uppgick till 28 672 MWh/år. Enligt SCB är den totala arean för lokaler 166 miljoner m² (2005). Antag att detta är ett relevant medelvärde per m² lokalyta och att kylbehovet ökar med 80 procent.

	TWh/år
Kylenergibehov enl. STIL (834 000 m ²)	0,03
Totalt kylbehov lokaler dagsläget (166 milj m ²)	5,7
Totalt kylbehov lokaler år 2011- 2040 (166 milj m ²)	10,3

Tabell 7. Kylbehov för lokaler.

Detta kan vara en överskattning då flera typer av lokaler kanske inte behöver kyla. Dock kan bostäder behöva luftkonditionering i framtiden, vilket inte räknats med här.

Totalt kommer energibehovet att minska med $(5,4-4,6) = 0,8$ TWh/år. Vilket motsvarar 0,8 miljarder kronor per år vid ett energipris av 1 kr/kWh. Detta kan vara en underskattning då uppvärmningsbehovet kan minska mer än de 6 procent som använts i beräkningarna.

Årtal	Nuvärdet av kostnadsminskning (miljarder kronor)
2020	8
2050	16
2080	19

Tabell 8. Kostnadsminskning på grund av klimatförändring för energibehov för värme och kyla.

Påverkan på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse

Det moderna kulturarvet får rimligen samma problem som övrig bebyggelse vid en klimatförändring. Dock kan man framhålla att för den äldre kulturhistoriska bebyggelsen finns ofta p.g.a. dess höga ålder påbörjade nedbrytningsprocesser som med ett ökat regnande tränger in och en vittning kan påbörjas

Till det kommer exempelvis att vind påverkar även frid på fornlämnningar och kan förorsaka att förhistoriska gravar och kulturlager blottas i rotvältor och dylikt.

Höjning av havsytan

I kustnära lägen finns ett stort antal kulturmiljöer som ofta har en stark folklig förankring, som till exempel olika fiskarsamhällen och badorter. Även ett antal äldre städer har nära kustanknytning, exempelvis i Göta älvdalen och Gamla stan i Stockholm. Läggs dessa under vatten har det naturligtvis en stor påverkan på kulturmiljön. Även olika typer av skyddsåtgärder som invallningar och liknande kan få en påtaglig påverkan på kulturmiljön.

Det svenska skärgårdslandskapet och kustlandskapen rymmer många ovärderliga kulturmiljöer, som äldre fiskelägen, trankokerier, städer som Skanör-Falsterbo, skärgårdshemman med värdefulla betesmarker och strandbebyggelse och de omfattande kulturmiljöer med tomtningar efter medeltida utskärsfiske. Somliga av dessa miljöer är helt centrala för bilden av den svenska nationalkaraktären.

Ökad vattenföring i vattendrag

Då vattenkraften var vår första kraftkälla är vårt äldsta industrihistoriska arv lokaliserat invid (eller delvis i) vattendrag. Fler extremnivåer kan förmodas medföra ökade skador och därmed underhållskostnader.

En ökad vattenföring i våra vattendrag påverkar här unika miljöer av det medeltida stenålderssamhällen, där inom varande svenskt område finns cirka 10 000 stenåldersplatser i strandnära läge och där ökad vattenföring ökar erosionsskador och riskerar att vi förlorar dessa boplatser, som är det enda bevarade källmaterialet till kunskap om en central period i Europeisk historia.

Göta älvdalen är en av de centrala kulturmiljöerna i Sverige med bland andra många äldre och unika industrimiljöer, vilka har svårt skadats vid skred och översvämningar.

Underhållsbehov kan öka

Rent generellt kan det konstateras att en förutsättning för att äldre byggnader skall ha överlevt till idag är att de har varit välanpassade till de klimatologiska förhållandena. Ändras dessa förhållanden så skulle en snabbare nedbrytning kunna ske om inte underhållsåtgärder sätts in.

Stora delar av den äldre bebyggelsen har relativt betungande underhållskostnader. Kortas intervallerna för underhåll ökas naturligtvis frestelsen att förenkla underhållet genom att minska fasadernas detaljeringsnivå (det kan bli dyrt att måla om 'snickarglädjen' vart femte år).

Konsekvenserna för halm- och vasstak kan bli liknande.

Hur linoljefärg motstår mögel finns det delade meningar om, men rimligen borde linoljefärg, kalkfärg och andra slamfärger med en vittrande yta kunna fungera relativt väl med sin självrenande yta.

Problematiken med snölast och vindlast gäller naturligtvis även för de kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna. När det gäller alla överloppsbyggnader blir då problematiken extra uttalad då deras överlevnad idag ofta är beroende på att de klarar sig med ett minimalt underhåll. Överloppsbyggnader är byggnader som idag inte har en ekonomisk funktion.

I framförallt Dalarna, Hälsingland och Jämtland finns ett antal hundra medeltida timmerbyggnader, som överlevt med ett minimalt underhåll på grund av de klimatologiska förutsättningarna. Ett varmare fuktigare klimat kan ge helt andra mögel- och rötproblem. Samma gäller naturligtvis även för senare ekonomibyggnader.

Hälsingegårdar är nominerade som världsarv. 1700- och 1800-tals hus som är bland de yppersta exemplen på skandinavisk timmerbyggnadsteknik. Det äldsta trähuset i Sverige lär vara ett kyrkhärbre i Älvdalen från 1285.

Det finns drygt 3 000 kyrkoarv, det vill säga kulturhistoriskt arv beträffande kyrkor, exempelvis 600 stycken medeltida kyrkor i Västra Götaland och 100 kyrkor på Gotland.

Ruiner och slott, runinskrifter (finns 2 500 stycken) kan få ökad vittring och mer påväxt av lav vid ökad fukt och värme.

Förändrade klimatologiska förhållanden påverkar naturligtvis även inomhusmiljön, inte minst i byggnader som helt eller delvis står ouppvärmda som kyrkor och slott. Det kan ge mögel dels på byggnadsmaterial i själva byggnaden, men även på de inventarier som förvaras i dem.

Sammanfattningsvis bedöms behovet av underhåll av kulturhistoriskt värdefull bebyggelse komma att öka..

Fornlämningar och kulturlager

Inverkan på fornlämningar är svårbedömbär, men generellt är en förutsättning för bevarande av dem att det råder stabila förhållanden. Stora delar av bebyggelsen i våra medeltida stadskärnor står på kulturlager, vilket medför att en nedbrytning av dem även kan ge konsekvenser för dagens bebyggelse. Långa torrperioder under sommarmånader ge sänkningar av grundvattennivåer, vilket ökar nedbrytning av träpålar och rustbäddar.

Anpassningsåtgärder

Klimatfaktorer

Snö: Om extrema snölaster ökar gentemot tidigare dimensioneringar i södra Sverige kan en rad åtgärder bli nödvändiga att genomföra. Dessa rör bland annat råd om när och hur snöskottning av tak bör utföras, information till berörda om packningsgrad vilket påverkar snölastens storlek och råd om hur varningssignaler vid nedböjning av balkar ska tolkas och till förstärkning av takstolar

Vind: För att minska risken för skador orsakade av vind är underhållsåtgärder viktiga och en del förebyggande förstärkningar kan behöva utföras efter besiktningar om dimensionerande vindlast kommer att öka. I vindsammanhang är även det viktigt att ha en beredskap och kunna anpassa driften av sin byggnad till elavbrott.

Temperatur: Värmebehovet väntas minska på grund av högre temperaturer. Stigande energipriser och insikt om att minskad energianvändning minskar de globala klimatiförändringarna gör att energieffektiviseringar kommer att utföras fortlöpande i bebyggelsen. För att motverka att kylbehovet ökar i för stor omfattning kommer avskärmning från solljus att användas i ökad utsträckning. Det kan ske i fönsterglasen och i fasta eller rörliga skydd utanför fönstren. Även vita tak och fler träd kring byggnaderna kan minska kylbehovet i framtida bebyggelse.

Fukt: En hög luftfuktighet kombinerad med en hög temperatur kan ge ökade problem av mögel, bakterier, röta, korrosion och insektsangrepp. Ändrade konstruktioner och material kan bli nödvändiga.

Höga vattennivåer: Vid placering av ny bebyggelse är det viktigt att vara medveten om vilka nivåer på vattenytan som kan förväntas. Detta redovisas i rapporter från andra delar i klimat och sårbarhetsutredningen.

Hängrännor, stuprör, brunnar

Löv, barr och annat skräp kan täppa igen avrinningsystem - med risk för skador på väggar och grund. Låglutande tak bör hållas fria från stående vatten vilken enkelt görs genom att avloppen rensas. Är avloppen dimensionerade för normala regn kan dessa behöva kompletteras med förbättrad avvattnings. Bräddavlopp, i höjd nära normala avvattningen, kan ge signal när rensning behöver ske. Efter långa torrperioder och inför nederbörds-

perioder bör avvattningsystemen få en översyn och eventuellt rensas. Utjämningsystem med bassänger och lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD, är andra aktuella åtgärder.

Fasader och tak

Materialval och val av ytbehandling som minskar underhållsbehov kan bli viktigt i framtiden.

Fönster

För att minska påverkan på fönster från regn bör fönstret placeras så långt in från fasadlivet som möjligt ur arkitektonisk synpunkt. Avvattning i överkant fönster och rätt utformade tvåstegstätningar, samt materialval och val av ytbehandling av fönster kommer att vara viktiga delar vid projektering av fönster. Vidare bör taksprånget utformas så att fasad och fönster inte får vatten från taket.

Värme, avfuktare, isolering i kryprum

För att minska risken för mögelskador i kryprum kan man värma grunden, till exempel genom att blåsa ner inneluft i tätade kryprum (varmgrund) eller genom att aktivt värma med värmefläkt. Därigenom hålls den relativa fuktigheten på en låg nivå. En annan princip är att avfukta luften i grunden så att relativa fuktigheten hålls under ett kritiskt värde som till exempel 75 procent. Vid nybyggnad bör man isolera kantbalken utvändigt samt lägga isolering på marken och ventiler grunden med inomhusluft (så kallad varm grund). Även vid kalla krypgrunder är isolering på marken en fördel.

Vindar

För vindar kan styrning av ventilation, isolering av yttertak och styrd värme eller avfuktning bli framtida åtgärder.

Backventil eller pump för avlopp

Dagvattenledningar är dimensionerade för att klara normala regn. Vid extremfall kan ledningarna bli tillfälligt överbelastade. Detta kan leda till att vatten tränger in i källaren genom golvbrunn och andra avloppsenheter och gäller främst fastigheter anslutna till kombinerat avloppssystem (dagvatten samt avloppsvatten till samma ledning). En backventil (eller pump) skyddar fastigheten mot att vatten från gatuledningen rinner in och orsakar vattenskador.

Värme- och kylbehov

Det finns många möjliga åtgärder för att minska en byggnads värme- respektive kylbehov. Värmeisolering av väggar och tak minskar uppvärmningsbehovet och de flesta befintliga fastigheterna har redan någon typ av värmeisolering i klimatskalet. Även tillvaratagande av värmen i frånluften minskar uppvärmningsbehovet. Olika typer av värmesystem till exempel värmepumpar och solceller kan minska energianvändningen för uppvärmning. För att minska kylbehovet är avskärmning från solljus av fönster och fasader viktigt. Det är även viktigt att minska värmeförlusten från datorer och belysning. Kylsystem med fjärrkyla är ofta att föredra framför luftkonditionsaggregat som drivs av el.

Krav på träkvalitet vid inköp, Fuktskyddsprojektering

Fuktskyddsprojektering vid nybyggnad och ändring, ombyggnad och tillbyggnad, och byggkontroll av exempelvis fuktkvot i trä samt relativ fuktighet i betong kommer att användas i allt större utsträckning. Krav ställs på träets kvalitet vid inköp: ej blånad, fuktkvotsgränser. Röta är svampar som bryter ned cellerna eller bindningen mellan cellerna i trä och kan uppstå om fuktkvoten är över 20 procent och omgivningens temperatur är 0 till 40°C. Rötskadat trä har nedsatt hållfasthet. Mögel uppkommer vid något lägre fuktkvoter. Fuktkvoten bör kontrolleras med stickprov under byggtiden med hjälp av en elektrisk fuktkvotsmätare. Kontrollen kan ske vid mottagning och vid inbyggnad. Träets fuktkvot bör inte vara högre än 15 procent utan att virket ges möjlighet att torka.

Slutsatser

De ekonomiska konsekvenserna av klimatförändringarna är stora förutsatt att dessa påverkar livslängder på material. Här har inte beaktats kostnader på grund av översvämningar, ras och skred på grund av högre vattennivåer i hav, sjöar, vattendrag och grundvatten samt vattenskador beroende av ökade dagvattenmängder. Detta redovisas i andra delrapporter till klimat och sårbarhetsutredningen. Sammanställningen visar konsekvenserna av kostnadsökningen i nuvärden för ökat utbyte av papptak, tätare intervaller för målning av träfasader och fönster samt konsekvensen av kortare livslängd för putsade fasader. Detta skulle kunna orsakas av eventuellt högre temperaturer och fuktigare klimat. Minskning av energianvändning för uppvärmning är större än en förväntad ökning av komfortkyla.

Årtal	Nuvärdet av kostnadsökning	Nuvärdet av kostnadsökning	Nuvärdet av kostnadsökning	Nuvärdet av kostnadsökning	Nuvärdet av kostnadsminskning	Summa miljarder kronor
	Papptak	Tegel och putsfasader	Träfasader	Ommålning fönster	Värme och kyla	Utvändigt underhåll och energi
2020	0	0	1	1	-8	-6
2050	4	1	4	6	-16	-1
2080	7	2	8	8	-19	+6

Tabell 9. Nuvärdet i miljarder kronor för antagna kortare underhållsintervall, mindre uppvärmning och mer komfortkyla.

Energibehovet i byggnader bedöms totalt sett att minska med 0,8 TWh/år. Vid ett energipris på 1 kr/kWh innebär detta en minskning med 0,8 miljarder kronor per år. I detta ingår ett ökat kylbehov av 4,6 TWh/år. Vinsten av minskad energianvändning för uppvärmning kan bli betydligt högre än i beräkningarna – inte minst med tanke på att riksdagens miljömål är en minskning av 1995 års energianvändning i bebyggelsen med 20 procent till 2020 och 50 procent till 2050.

Flera saker har vi inte beräknat på grund av svårigheter att kostnadssätta eller att uppskatta förändringar. Anpassningar kommer troligen att göras vilket också gör kostnadsberäkningar svåra. Minskade kostnader för sönderfrysningar än idag är troligt p.g.a. färre nollpassager. Beträffande fukt och mögel ger miljöbalken fastighetsägare skäl att förhindra mögeltillväxt som ger olägenhet för hälsa. Ökade problem i kryprum, på vindar och utvändigt är att vänta. Dessa är svåra att kalkylera kostnad för, på annat sätt än det ökade underhållsbehovet ovan. Ökade extrema vindlaster kan ge ökade skador men är idag svåra att kostnadssätta. Problem med högre snölaster än dimensionerat kan uppkomma i områden där byggnaderna är dimensionerade för låga snölaster i södra Sverige, samtidigt som snölaster totalt blir lägre. För de kulturhistoriskt värdefulla byggnaderna kan behovet av underhåll komma att öka.

Boverket har ett regeringsuppdrag om byggnaders tekniska egenskaper, en statistisk urvalsundersökning som rapporteras 1 december 2008 vilken kommer att ge ett mer uppdaterat underlag än vad som har använts i denna rapport.

Klimatprognoserna bör följas upp med verkliga mätningar så att vind-, snö- och andra laster kan följas upp och modifieras

Information och anpassning – regler för nybyggnad och successiva lärdomar gör att kostnaderna i övrigt kan bli lägre än beräknat ovan.

Referenser

- Boverket (2006) Vad händer med kusten? Erfarenheter från kommunal och regional planering samt EU-projekt i Sveriges kustområden, Boverket, Karlskrona
- Boverkets byggregler (2006) BFS 1993:57 med ändringar till och med BFS 2006:12, Boverket, Karlskrona
- Boverkets konstruktionsregler (2006) BKR, BFS 1993:58 med ändringar BFS 2006:11, BKR 10, Boverket, Karlskrona
- Jacobson&Widmark(1996) Kartläggning av materialflöden inom bygg- och anläggningssektorn, Naturvårdsverket, Stockholm
- Lindgren, H., Wilhelmsen, A-M. (1993) Sveriges industrihus, Beståndets egenskaper och sammansättning. Byggforskningsrådet R26:1993. Stockholm.
- Nord, Margitta (2007) Klimatindikatorer – Relativ Luftfuktighet och temperatur. Rapport till Boverket, Karlskrona
- Rosby Centre , SMHI, Linköping, 2007 Kartmaterial, klimatindex, modeller, emissionsscenarier, tidsperiod, www.smhi.se
- SCB (2005) Rikets fastigheter 2005, del 1. Statistiska meddelanden BO 27 SM 0501.
- Statens Energimyndighet (2006). Förbättrad energistatistik för lokaler – ”Stegvis STIL” Rapport år 1. Inventeringar av kontor och förvaltningsbyggnader.
- Tolstoy et al (1984) Bostäder och lokaler ur energisynpunkt Med M84:8. Statens institut för byggnadsforskning, Gävle.
- Tolstoy, N et al (1990) External building materials – quantities and degradation. The National Swedish Institute for Building Research (Statens institut för byggnadsforskning), Gävle
- Tolstoy, N et al (1993), Bostadsbeståndets tekniska egenskaper, ELIB-rapport 6, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle
- Tolstoy, N., Svennerstedt, B. (1984) Reparationsbehov i bostäder och lokaler. Statens institut för byggnadsforskning. Meddelande M84:10. Stockholm.

Boverket

Box 534, 371 23 Karlskrona

Tel: 0455-35 30 00. Fax: 0455-35 31 00

Webbplats: www.boverket.se