



# Byggande för ett framtida ändrat klimat - fokus fuktsäkerhet

Eva Sikander, Kaisa Svennberg



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



# Byggande för ett framtida ändrat klimat - fokus fuktsäkerhet

Eva Sikander, Kaisa Svennberg

Omslagsbild: Eva Sikander, SP

## Abstract

### **Building for a future climate - focus on moisture safety**

Scenarios currently predicted for Sweden's future climate entail increased risks of moisture damage in our buildings if we do not adapt them to such changes. It is especially important to consider the risks associated with the future climate in regard to new construction and renovations to avoid costly additions and alterations in the future.

This project presents some examples of adaptations available today; they provide an insight into the possible means of adapting properties currently available to the construction and property sector. There is also considerable potential for innovation and further development in the ways buildings can be adapted and the project highlights some areas where this will probably be necessary.

The adaptations addressed in this preliminary study have been grouped into the areas flooding, increased temperature, humidity and driving rain. The conclusion is that the construction sector has advanced to different extents within the three areas of adaptation addressed by this preliminary study, and that potential remains for further adaptations in each of these areas.

- In the case of flooding, which is also the most prominent area and where events clearly show the need for adaptation, there is often an awareness of the problem, and there are examples of technical measures that can be taken. However, it is unclear whether these measures have been put into practice to a sufficient extent. Here too, there is likely to be a potential for further development of solutions to improve moisture safety in buildings.
- As for temperature and humidity, we note that the construction sector already faces challenges in the construction of moisture safe buildings and the sector is working to solve problem areas such as cold attics, foundations ventilated by outdoor air and parts of buildings where moisture has been built, or leaked, in. Temperature increases lead to more favourable conditions for microbial growth to develop. Furthermore, if the building is cooled in part or throughout, relative humidity will increase in the cold structures, which will also encourage microbial growth. If buildings are to be proofed against humidity and temperature in the future, it is important that the construction sector has climate data for scenarios for which the moisture safety of buildings can be planned. This climate data is not currently available in the simulation software used on the market.
- In the case of measures against driving rain, the industry already displays a need to increase its knowledge of calculations and design in to reduce the risk of water penetration. There is a need for a systematic approach to all parts of a building's exterior. There is currently room for improvement in this area as there are examples of problems with water penetration in conjunction with torrential rain, and even more so when combined with strong winds. The examples are often due to leaks at connections, joints and penetrations through a building's exterior.

Key words: climate change, moisture safety, structures, buildings

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2016:86  
ISBN 978-91-88349-75-0  
ISSN 0284-5172  
Borås 2016



# Innehållsförteckning

## Abstract 3

<b>Innehållsförteckning</b>	<b>5</b>
<b>Förord</b>	<b>7</b>
<b>1 Introduktion</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrund	8
1.2 Syfte	9
1.3 Avgränsning	9
<b>2 Global uppvärmning och konsekvenser</b>	<b>11</b>
2.1 Den globala uppvärmningen	11
2.2 Konsekvenser, scenarier och anpassning - allmänt	12
<b>3 Klimatscenarier för byggsektorn i Sverige att förhålla sig till</b>	<b>14</b>
3.1 Antaganden om framtiden	14
3.2 Klimatscenarier	15
3.3 Temperatur	15
3.4 Nederbörd	16
3.5 Vattenföring	17
3.6 Vind	18
3.7 Luftfuktighet	19
3.8 Havsnivå	19
<b>4 Konsekvenser av ett framtida ändrat klimat – fuktrelaterat</b>	<b>21</b>
4.1 Översvämningar som når byggnader	21
4.2 Avloppsvatten når byggnader	22
4.3 Påverkan från grundvattennivå	22
4.4 Inträngning av vatten vid slagregn	22
4.5 Missfärgningar och fördröjd uttorkning av material	23
4.6 Ökad temperatur och absolut luftfuktighet – inverkan på byggnadskonstruktioner	24
4.7 Högre temperatur och ökat behov av kyla inomhus	25
4.8 Insekter, svampar och bakterier som följd av högre temperatur och ändrat fuktinnehåll	26
4.8.1 Insekter – generellt	26
4.8.2 Mögel, bakterier och lukt	27
<b>5 Åtgärder för att ta hand om nederbörd lokalt</b>	<b>28</b>
5.1 Gröna tak	29
5.2 Permeabla lösningar för hårdgjorda ytor	30
5.3 Öppna dagvattenkanaler och magasin/dammar	30
5.4 Vattenmagasin	31
5.5 Planera för tillfälliga kanaler	32
<b>6 Minska påverkan av översvämningar på bebyggelse</b>	<b>34</b>
6.1 Principer för anpassning av byggnader	34
6.2 Låt inte vatten nå fastigheten/stadsdelen – exempel på vallar/portar	35
6.3 Låt inte vatten nå byggnaden – exempel på plint- och flytande lösningar	38
6.4 Stäng vatten ute – exempel på förslutning	39
6.4.1 Luckor och förslutningar av fönster och dörrar	40
6.4.2 Förslutning av avlopp och genomföringar	41
6.4.3 Grundläggning	41
6.5 Acceptera översvämning och anpassa	41
6.6 Befintlig bebyggelse generellt	42

<b>7</b>	<b>Minska fuktrisken med hänsyn till slagregn på klimatskal</b>	<b>43</b>
7.1	Skapa ett andra hinder – allmänt	43
7.2	Principer för minskad vatteninträning	43
<b>8</b>	<b>Minska risken med hänsyn till ökad temperatur och ånghalt</b>	<b>46</b>
8.1	Minska behov av kyla inne	47
8.2	Utformning av klimatskalet	47
<b>9</b>	<b>Byggsektorns anpassning till framtida ändrat klimat – nästa steg</b>	<b>49</b>
9.1	Fuktsäkra byggnader i ett ändrat klimat	49
9.2	Energieffektiva byggnader i ett framtida klimat	50
9.3	Ytterligare frågeställningar till följd av ett framtida ändrat klimat	50
<b>10</b>	<b>Sammanfattning och slutsatser</b>	<b>51</b>
<b>Källor</b>	<b>53</b>	

## Förord

Detta arbete har genomförts med finansiering från SBUF, företagen i FoU-Väst samt Västar Götalandsregionen (VGR). I projektet har ett flertal personer från olika delar av samhällsbyggnadssektorn, andra branscher samt myndigheter medverkat. Bland annat har intervjuer och workshop genomförts för att samla kunskap och frågeställningar som byggsektorns aktörer har. Ett varmt tack till alla dessa personer och organisationer för all input och kunskapsdelning. De personer som deltagit i arbetet framgår nedan:

### Arbetsgrupp:

- Johan Alte, Veidekke
- Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier (projektsamordnare)
- Rolf Jonsson, Wästbygg
- Jonas Averius, Peab
- Eva Sikander, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (projektledare)
- Kaisa Svennberg, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

### Experter inom olika områden (alla SP):

- Henrik Karlsson (termiskt klimat, kylbehov)
- Lars Olsson (slagregn)
- Azar Neisari (lösningar internationellt vid översvämningar)
- Alan Esad (fuktberäkningar)
- Pernilla Johansson (missfärgade fasader)
- Gunilla Bok (mikrobiologi)
- Helene Sörelius (dagvatten)
- Ingemar Samuelson som avslutningsvis granskat rapporten

### Medverkande vid intervjuer eller workshop:

- Åsa Sjöström, SMHI
- Elin Sjökvist, SMHI – även författare till kapitel 3 om klimatscenarier.
- Olle Åberg, Boverket
- Jesper Arfvidsson, LTH
- Angela Sasics Kalagasidis, Chalmers
- Mats Franzon, Akademiska Hus
- Johan Litsmark, Länsförsäkringar
- Maria Brogren, Sveriges Byggindustrier
- Ulf Moberg, Samhällsbyggnadskontoret Göteborg Stad
- Gustaf Zettergren, Västra Götalandsregionen
- Josef Olsson, Västfastigheter
- Jeanette Sveder Lundin, Skanska
- Rickard Silverfur, Fastighetsägarna
- Emma Bonnevier, SKL
- Cecilia Alfredsson, MSB
- Staffan Moberg, Svensk Försäkring

### Referensgrupp:

- Deltagare i FoU-Väst

Borås december 2016

Eva Sikander

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (projektledare)

# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Det blir alltmer uppmärksammat i bygg- och samhällsbyggnadssektorn att de klimatförändringar som är att vänta kommer att påverka våra byggnader, infrastrukturer och samhällsviktiga funktioner. Bland annat finns behov av att utveckla nyproduktionen för att förhindra att skador uppstår. Men det krävs även innovativa lösningar för att det befintliga fastighetsbeståndet och infrastrukturen ska kunna anpassas efter nya förutsättningar. Exempel på framtida scenarier för klimatförändringar att ta hänsyn till är bland annat [SMHI, Risker, konsekvenser och sårbarhet för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt]:

- mer frekventa och kraftigare regn, med bland annat ökad översvämningssrisk kring sjöar och längs vattendrag
- högre fuktinnehåll i luften och högre temperatur
- förhöjd havsnivå

Eftersom byggsektorn bygger och renoverar byggnader som kommer att finnas i minst 50-100 år behöver dessa scenarier beaktas idag. I vissa fall har vi redan fått en föraning om dessa förändringars påverkan på bygg- och fastighetssektorn där bland annat omfattande översvämningar inträffat med stora kostnader som följd.

Tabell 1. Försäkringsföretagens kostnader för översvämningsskador där man kan notera att skadorna varierar mycket mellan åren. [källa Svensk Försäkring, [www.svenskforsakring.se](http://www.svenskforsakring.se)]

År	Antal	Mkr
2014	18 000	901
2013	3 500	180
2012	3 600	174
2011	6 800	312

Myndigheter, kommuner, byggsektorn och forskarsamhället gör idag mycket för att skapa en bild av kommande klimatändringar och förbereda samhället för dess konsekvenser. Det finns scenarier för de framtida klimatändringarna och dessa diskuteras och lyfts, liksom behov av anpassning på samhällsplaneringsnivå (exempelvis avseende översvämningssrisk). Även om denna utmärkta information och kunskap finns saknas det också praktisk tillämpbar kunskap som kan användas vid projektering och produktion av ett klimatanpassat byggande.

Boverkets Byggregler (BBR) och nationell och internationell standardisering kan också vara hjälpmedel och stöd vid nyproduktion för att hålla riktning på vilka beaktande framtida klimatförändringar ställer krav på. I dagsläget saknas denna framåtblickande hållning, men det pågår arbete på flera fronter. Boverket har i juni 2016 publicerat en utredning om Miljö- och klimatanpassade byggregler [Boverket, 2016]. Här konstaterar man bl a följande:

- BBR har regler som är formulerade som funktionskrav. Detta innebär att en funktion skall uppnås och man anger inte teknisk lösning. Exempelvis anges att ”Byggnader skall utformas så att fukt inte orsakar skador, lukt eller mikrobiell påväxt som kan påverka hygien eller hälsa”



- Byggnader utformas idag för att klara morgondagens klimat utifrån historiska data. En intressant fråga som Boverket därför anger är om klimatscenarier istället borde användas.

Inom CEN-CENELEC (den europeiska standardiseringen) pågår sedan en tid ett arbete med att se över vilka existerande standarder som kan behöva justeras eller nya standarder tas fram kring klimatanpassning. Detta hänger även ihop med den nyss publicerade Guide 32 för att beakta klimatanpassning i standarder. I ett första steg har en översyn gjorts över vilka standarder inom bygg, transport och energi som först kan behöva revideras eller tas fram.

## 1.2 Syfte

Syftet med denna förstudie är att samla och ge exempel på praktiskt tillämpbar kunskap till byggsektorn för att öka byggnaders framtida fuktsäkerhet i samband med nyproduktion av byggnader, men även i samband med ombyggnad av befintlig bebyggelse. Eventuella luckor identifieras där åtgärder eller kunskap saknas.

Ett eventuellt andra steg (ej inom ramen för denna förstudie) i projektet syftar till att bygga den kunskap som eventuellt saknas, ge checklistor och principer för tekniska lösningar för nyproduktion av befintlig bebyggelse samt i samband med ombyggnad för att höja bebyggelsens fuktsäkerhet avseende framtida klimatscenarier.

## 1.3 Avgränsning

Klimatanpassning av bebyggelse kan röra många aspekter. Avgränsningen i denna förstudie avser fuktsäkra byggnader. Andra aspekter som inte hanteras är vindlaster, laster av snö, ökad temperatur, ökad brandrisk under torra perioder, erosion, skred, ras, sjunkande grundvattennivåer (sättningar som följd), vattenkvalitet, sjukdomsspridning m m. Dessa faktorer kan också påverka bygg- och fastighetssektorn.



Bild 1. Jord följer med ytvatten i samband med kraftigt regn. Mallorca i september 2016.  
Foto: Eva Sikander.

Viktiga frågor för bygg- och fastighetssektorn är också vad som skulle vara incitament för att ta kostnader för att förbereda byggnader för ett ändrat klimat? Vem kan komma att ställa kraven framöver som gör att åtgärder genomförs? BBR? Försäkringsbolag? Kommuner vid upprättande av detaljplaner för nyproduktion? Angränsande fråga är också vem som har ansvaret alternativt får stå för kostnader som uppkommer till följd av skador som kan uppstå på fastigheter som drabbas av översvämning? Dessa frågor hanteras inte inom ramen för detta projekt, men av andra pågående utredningar såsom den statliga utredningen "Ett stärkt arbete för anpassning till ett förändrat klimat" som slutrapporteras 31 maj 2017. I den rapporten utreds hur ansvaret fördelas mellan stat, landsting, kommuner och enskilda i fråga om att vidta åtgärder.

## 2 Global uppvärmning och konsekvenser

### 2.1 Den globala uppvärmningen

FNs klimatpanel IPCC etablerades 1988 för att ge en bild av den globala uppvärmningen, klimatförändringarna och dess konsekvenser. Den femte vetenskapliga sammanställningen om klimatets utveckling kom 2013-2014. Se vidare [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch). I rapporten konstateras att anpassning behövs för att hantera riskerna och lindra effekterna av de väntade klimatändringarna. Man konstaterar att atmosfären och haven har värmts upp, mängden snö och is har minskat och havsnivån har höjts. SMHI är Sveriges länk till IPCC sekretariatet och på SMHIs hemsida beskrivs klimatändringarna som kan förväntas i Sverige.

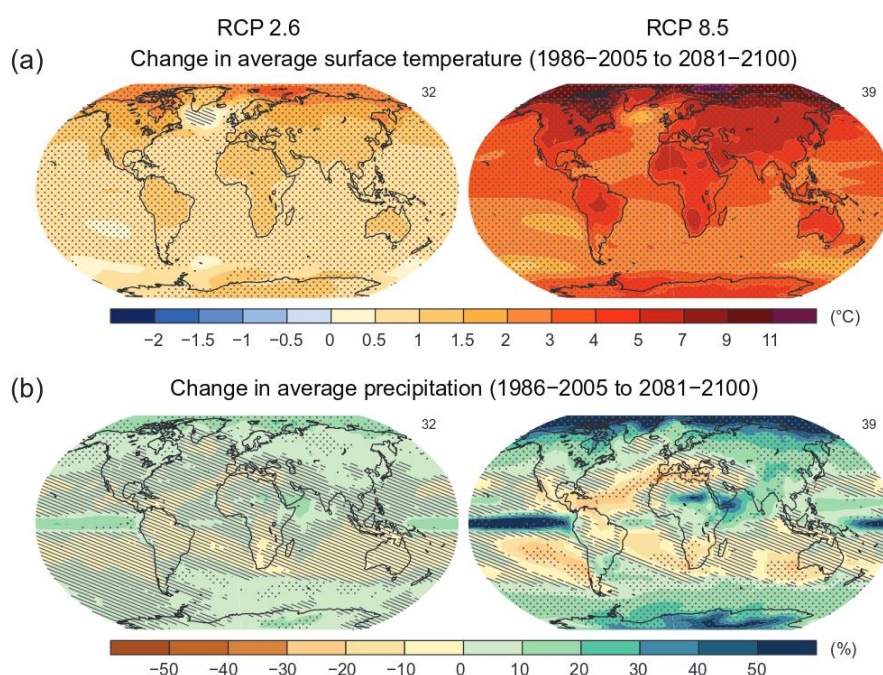


Bild 2. Den globala uppvärmningen är ojämnt fördelad och blir mest tydlig i området närmast nordpolen. I Sverige kan vi förvänta oss en temperaturökning på 2-4 grader i det fall att den genomsnittliga globala uppvärmningen blir 2 grader. Bildkälla: Åsa Sjöström, SMHI

För att så långt som möjligt bromsa den globala uppvärmningen tecknades det så kallade Parisavtalet vid Förenta Nationernas klimatkonferens i Paris i november 2015. Avtalet innebär att världens länder förbinder sig att minska utsläppen så att den globala uppvärmningen understiger 2 grader år 2100.

För att nå dessa minskade utsläpp har även bygg- och fastighetssektorn ett stort ansvar och i Sverige och Europa arbetar vi sedan många år inom sektorn för att minska energianvändningen och utsläpp av växthusgaser. Kontrollstation 2015, för att följa upp de miljö- och klimatpolitiska målen i Sverige, visar att tre av de fyra målen uppfylls till 2020. Det mål som nu inte ser ut att uppfyllas är en minskad energianvändning om 20% till år 2020 (jämfört med 2008). Minskningen ser nu ut att landa på 19%.

## 2.2 Konsekvenser, scenarier och anpassning - allmänt

Även de mål som överenskommits avseende maximal global uppvärmning gör att vi får konsekvenser med ett ändrat klimat. Det finns olika scenarier beroende på hur stor den globala uppvärmningen blir. SMHI arbetar med simuleringar för att visa olika scenarier för Sverige. Mer att läsa om detta finns på bland annat Klimatanpassningsportalen ([www.klimatanpassning.se](http://www.klimatanpassning.se)) där 18 olika myndigheter samverkar för att sprida information.

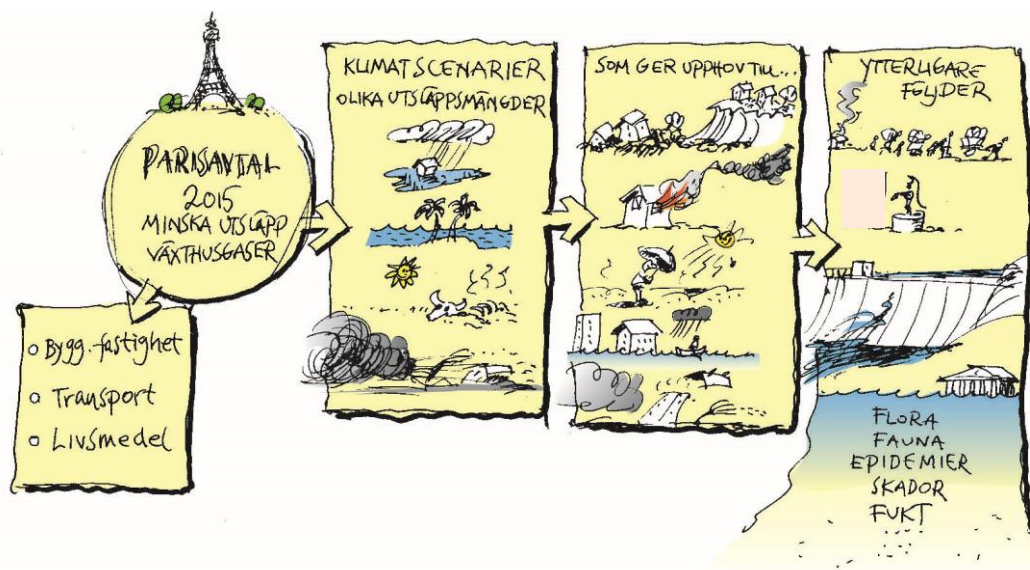


Bild 3. Det finns olika scenarier för det framtida klimatet beroende på hur vi lyckas begränsa den globala uppvärmningen. Klimatscenarierna ger följder som gör att vi behöver anpassa exempelvis bebyggelse för att begränsa skadeverkningar. Men riskerna är därtill så många fler såsom bränder, sjukdomsspridning, påverkan på matproduktion och dricksvatten. Bild gjord av Eric Werner Tecknare AB.

Exempelvis arbetar SMHI, MSB, länsstyrelser och kommuner med att ta fram riskområden för översvämning och skred. Ett annat exempel på information om klimatändringars konsekvenser finns i Göteborg där förväntade vattennivåer finns att hämta för stadens fastighetsägare på [www.vattenigoteborg.se](http://www.vattenigoteborg.se). Se även bilden nedan. I nästa steg där ny bebyggelse skall planeras och uppföras finns det exempel där kommuner genom sina översiktsplaner och detaljplaner styr anpassningen så att bebyggelse inte sker i översvämningssområden (Botkyrka) eller där man har anvisningar till utförandet (lägsta grundläggningsnivå exempelvis (Göteborg). För den befintliga bebyggelsen finns inte detta verktyg. Frågan är hur samhällsbyggnadssektorn skall förhålla sig och vidta för anpassningsåtgärder.

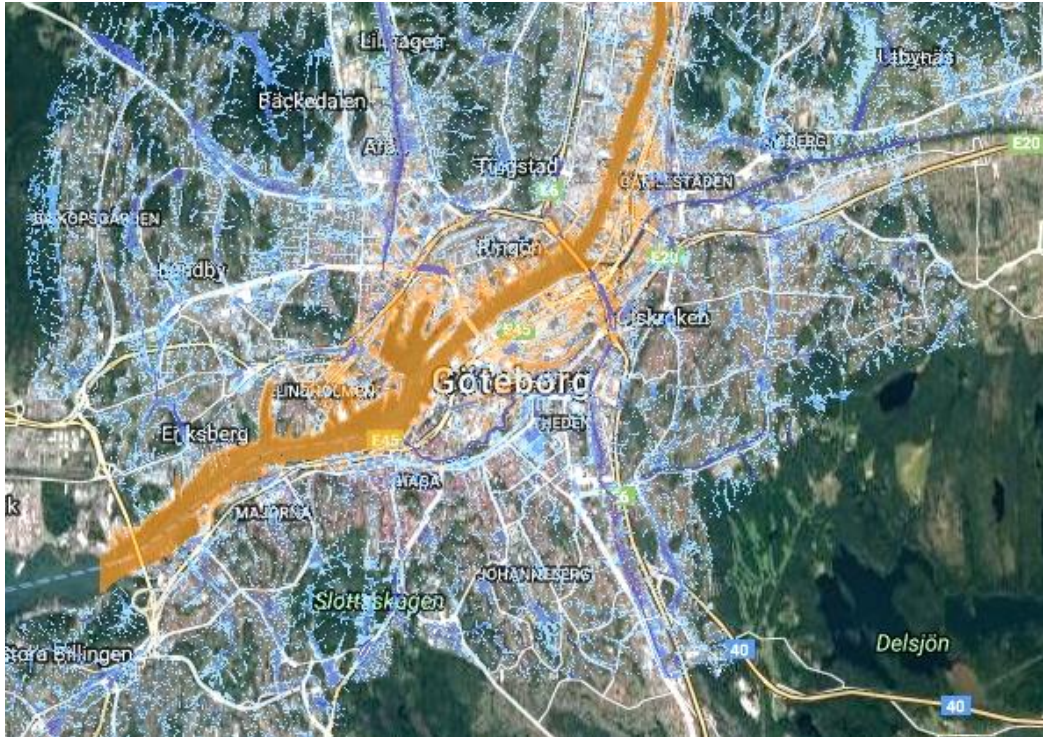
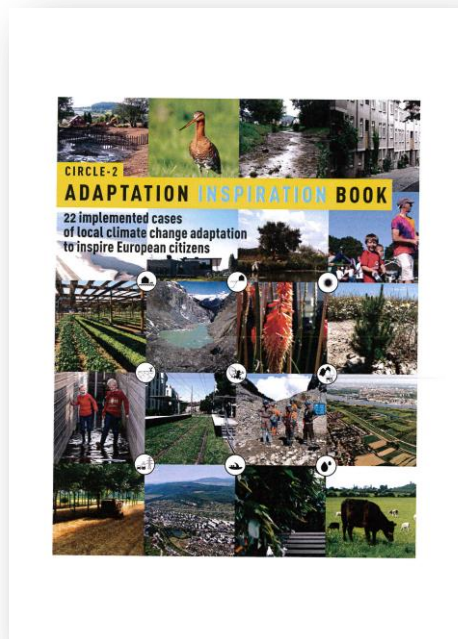


Bild 4. Exempel på information på stadsnivå avseende översvämningsrisk. I detta fallet vattenutbredningen år 2100 samt i samband med ett 500-årsregn. Källa [www.vattenigoteborg.se](http://www.vattenigoteborg.se).

Exempel på åtgärder för att anpassa oss till ett ändrat klimat finns bland annat på [www.klimatanpassning.se](http://www.klimatanpassning.se). Anpassning av våra städer till ett framtida ändrat klimat är ett ämne som man arbetar med även på Europeisk nivå. Ett exempel på rapport som visar exempel från olika delar av Europa visar i "Adaption Inspiration Book" inom projektet Circle-2. Se nedan.



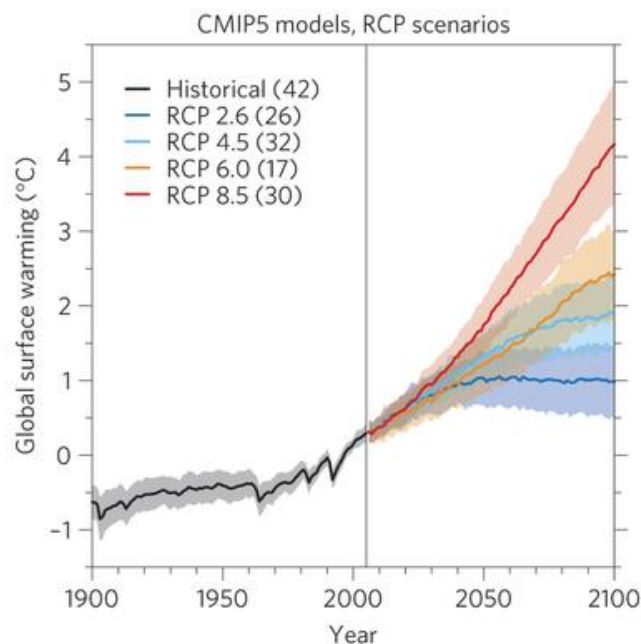
### 3 Klimatscenarier för byggsektorn i Sverige att förhålla sig till

Vi befinner oss i en klimatförändring som påverkar och kommer fortsätta påverka vädermönstren under lång tid framöver. Förändringarna i vädret kan i sin tur påverka byggnader med både snabba och långsamma händelseförlopp. SMHI har gjort beräkningar på framtida klimat. I följande stycken beskrivs metodiken för att studera framtida klimat och därefter presenteras resultat med fokus på parametrar med tänkbar påverkan på byggnader.

Detta kapitel är skrivet av Elin Sjökvist vid SMHI.

#### 3.1 Antaganden om framtiden

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens innehåll av växthusgaser förändras. För att studera framtida klimat behövs antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. Det finns flera möjliga utvecklingar och vilken av dem som slår in beror på människans förmåga att begränsa utsläppen. RCP-scenarierna beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, fram till år 2100 (ICONICS, 2013). Figur 1 visar beräknad förändring i global medeltemperatur baserat på RCP-scenarierna. RCP står för Representative Concentration Pathways och är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden.



Figur 1. Global uppvärmning relativt år 2000 för de fyra olika RCP-scenarierna beskriven av ensembler av flera globala modeller (antalet visas inom parentes). Från IPCC AR5 WG1 2013.

Tabell 2. Antaganden som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

RCP4.5	RCP8.5
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring år 2040</li> <li>• Befolkningsmängd något under 9 miljarder i slutet av seklet</li> <li>• Lågt arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster</li> <li>• Omfattande skogsplanteringsprogram</li> <li>• Låg energiintensitet</li> <li>• Kraftfull klimatpolitik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt</li> <li>• Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion</li> <li>• Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt</li> <li>• Stort beroende av fossila bränslen</li> <li>• Hög energiintensitet</li> <li>• Ingen tillkommande klimatpolitik</li> </ul>

I följande analyser används två RCP-scenarier, RCP4.5 (ljusblå linje), och RCP8.5 (röd linje). Tabell 2 beskriver vilka antaganden som ligger till grund för scenarierna. De två scenarierna täcker in en stor variationsbredd avseende framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären.

## 3.2 Klimatscenarier

Framtida klimat beräknas med hjälp av klimatmodeller. De är matematiskt formulerade beskrivningar av de fysikaliska processerna i klimatsystemet och hur de påverkas av de förhöjda halter av växthusgaser som ett RCP-scenario beskriver. Beräkningarna sker i ett 3-dimensionellt rutnät som kan variera i upplösning. De globala klimatmodellerna beräknar klimatet för hela jorden och har ofta mycket begränsad upplösning (ca 200 km). Resultatet från en global klimatmodell används ofta för att driva en regional klimatmodell med specifika egenskaper för ett visst område och högre upplösning. Beräkningarna är mycket omfattande och sker på superdatorer. Kombinationen av ett RCP-scenario och en eller flera klimatmodeller kallas för klimatscenario.

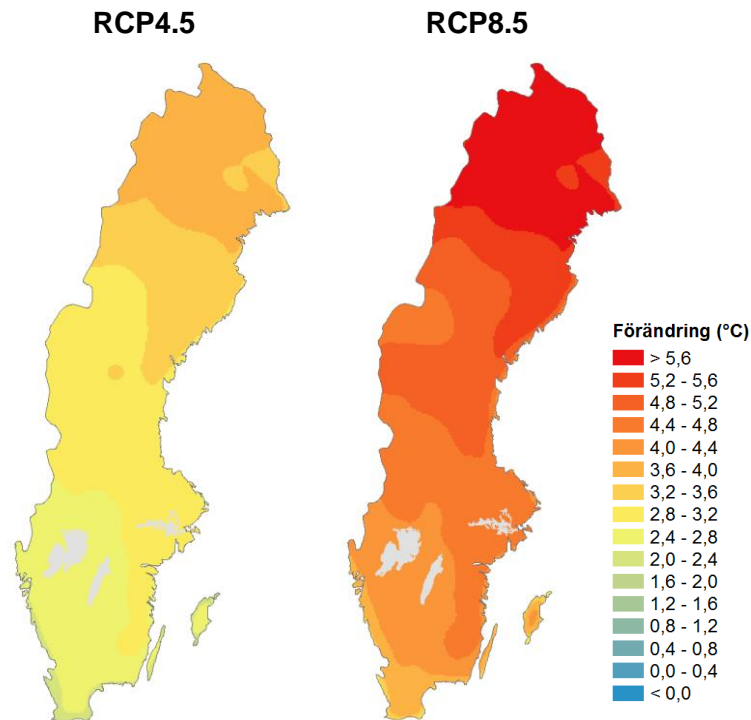
Resultaten gällande temperatur, nederbörd och vattenföring i följande stycken är hämtade från Klimatscenarier för Sverige (Sjökvist m fl, 2015). För övriga resultat anges separata referenser.

## 3.3 Temperatur

Temperatur är den väderparameter som visar tydligast trend i beräkningar för framtida klimat; över hela jorden blir det varmare. Däremot är ökningen olika stor på olika platser, generellt ökar temperaturen mer ju längre från ekvatorn vi kommer och vid nordpolen är ökningen störst. Detta avspeglar sig i resultaten för Sverige, se Figur 2.

Årsmedeltemperaturen ökar i hela landet men ökningen är nästan dubbelt så stor i Norrbotten som i Skåne. RCP8.5 visar på störst uppvärmning, 4-6 grader, och RCP4.5 2-4 grader till slutet av seklet.

Temperaturen ökar olika mycket under olika säsonger, och störst är ökningen under vintern. Vintertemperaturen (december, januari, februari) kan öka med upp till 7 grader i Norrbotten enligt RCP8.5. Övriga säsonger beräknas få ungefär samma temperaturökning, dvs lite mindre än årsgenomsnittet.



Figur 2. Beräknad förändring av årsmedeltemperatur för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990. Värdena i kartorna är utjämnade för att förenkla tolkningen.

### 3.4 Nederbörd

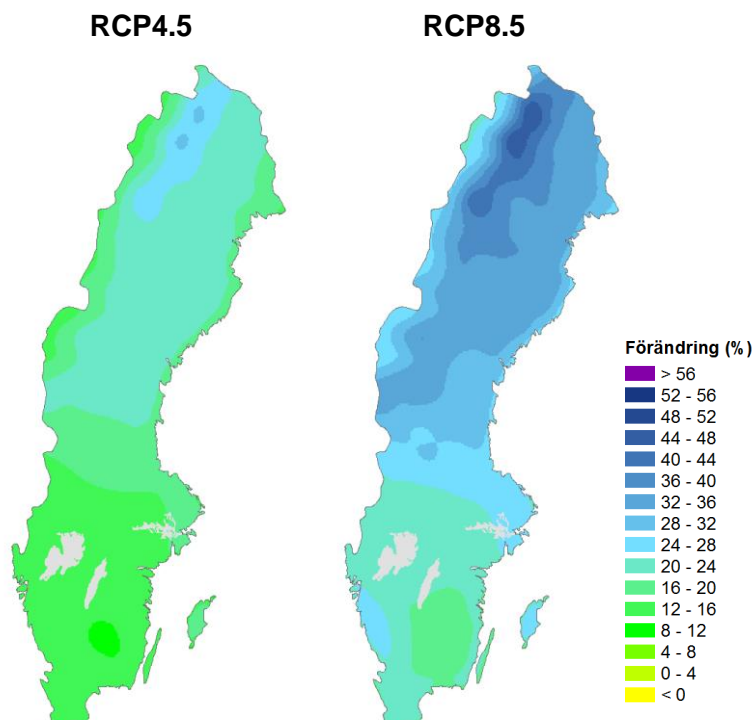
När temperaturen stiger ökar energin i atmosfären och även dess förmåga att ta upp vattenånga. Därför ökar nederbörden på många platser runt jorden i takt med klimatförändringen, men inte överallt. På vissa platser minskar nederbörden, förenklat gäller det de platser som redan idag har lite nederbörd.

Årsmedelnederbörden väntas öka i hela Sverige och den ökar mest enligt RCP8.5, med mellan 20 och 50 %, se Figur 3. Störst är ökningen i norra Sverige. RCP4.5 visar samma förändringsmönster, men som mest 30 % ökning. De olika säsongerna uppvisar olika förändringmönster. Nederbördsökningen är störst på vinter och vår, framförallt i norra Sverige. På sommaren ökar nederbörden litegrann i norra Sverige men i östra Götaland är nederbörden oförändrad eller något minskande.

Den allra kraftigaste nederbörden ökar. Tabell 3 visar beräknad förändring i nederbördsmängd av 1 timmes extremnederbörd för olika återkomsttider<sup>1</sup> (Eklund m.fl., 2015). Ju högre återkomsttid, desto större ökning, d v s de allra kraftigaste regnen är de som ökar mest, 100års-regnen ökar med 30 % enligt RCP8.5.

<sup>1</sup> Den kraftigaste nederbörden som i genomsnitt inträffar en gång under den givna återkomsttiden.





Figur 3. Beräknad procentuell förändring av årsnederbörden för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990. Värdena i kartorna är utjämnade för att förenkla tolkningen.

Tabell 3. Procentuell ökning av en timmes extremnederbörd för perioden 2069-2098 jämfört med 1961- 1900. Beräkningen är gjord för olika återkomsttider och för de två scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Tabellen visar ett medelvärde för hela landet och 4 olika klimatmodeller.

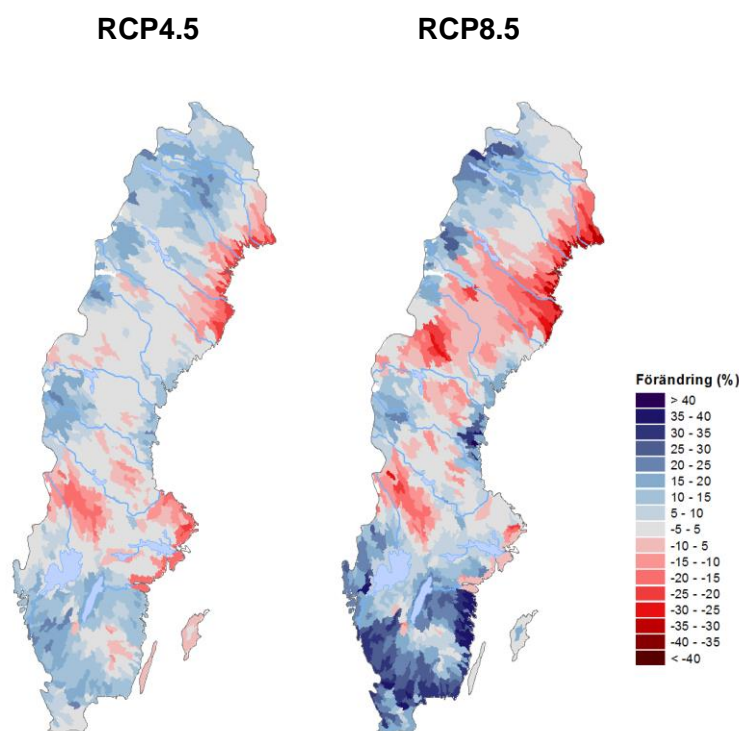
Återkomsttid	RCP4.5	RCP8.5
2 år	16	28
10 år	17	29
50 år	17	30
100 år	18	31

### 3.5 Vattenföring

Den ökade nederbörden ger ökad vattenföring i sjöar och vattendrag. Beräkningar av årsmedeltillrinning påminner om resultatet för årsmedelnederbörden, en ökning väntas i hela landet utom i östra Götaland, där det sker en liten minskning. Störst ökning sker i norra Norrland, där tillrinningen kan öka med upp till 40 % enligt RCP8.5.

Även de olika säsongerna avspeglar nederbördsförändringen. I de stora vattendragen i norra Sverige ökar generellt flödena på vintern eftersom vårfloden tidigare läggs. I mindre vattendrag där snömagasinet försvinner i framtiden uteblir vårfloden. Flödena minskar sommartid på flera platser då avdunstningen ökar och det blir vanligare med låg markfuktighet. Höst och vår uppvisar generellt något ökade flöden.

De allra högsta flödena, här redovisade som 100-årsflöden<sup>2</sup>, ger olika resultat för olika delar av Sverige, se Figur 4. I Götaland väntas de högsta flödena generellt öka, men flera avrinningsområden i norra Sverige beräknas få minskade 100-årsflöden. I dagens klimat bestäms här de högsta flödena av vårfloden som i sin tur orsakas av vinterns snömagasin. I framtiden väntas snömagasinet minska vilket innebär att vårfloden minskar i många vattendrag. I Götaland bestäms de högsta flödena av kraftig nederbörd, vilken beräknas öka i framtiden och därmed ökar 100-årsflödena. Extrema flöden kan orsaka översvämningar, framförallt i bebyggda områden.



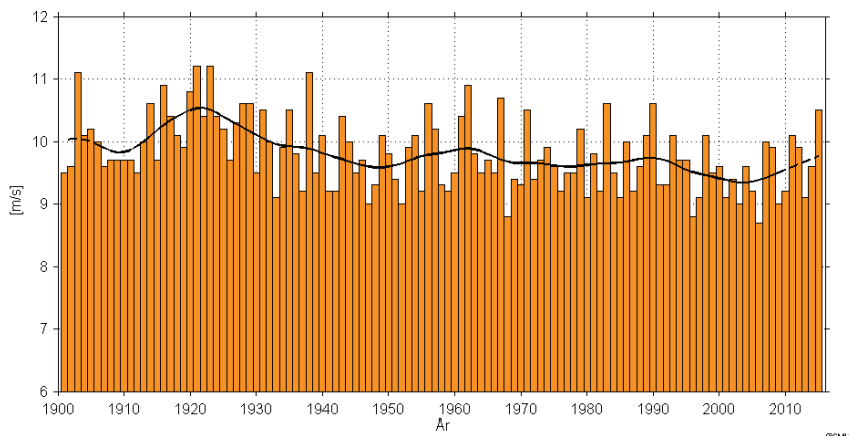
Figur 4. Beräknad procentuell förändring av 100-årsflödet för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1963-1992. Resultaten gäller för delavrinningsområden enligt den hydrologiska modellen HBV Sverige.

### 3.6 Vind

Medelvindhastigheten har minskat i så gott som hela Sverige under perioden 1951-2010 (Wern, 2011). Figur 5 visar statistik för södra Götaland och trenden är lik för övriga Sverige. Det har alltså blivit mindre blåsigt i genomsnitt. Sammantaget för Sverige har även antalet stormar minskat. Vindhastigheten i årets värsta storm visar ingen tydlig trend för Sverige som helhet, den har alltså varken ökat eller minskat. I ett framtida klimat bedöms trenden fortsätta; medelvinden förväntas minska något och enstaka stormtillfällen kan ge både lägre och högre vindstyrkor än idag.

Då vinden inte förväntas förändras så mycket och nederbördsmängderna ökar, framförallt den kraftiga nederbörden, så kan intensiteten hos slagregn öka i framtiden.

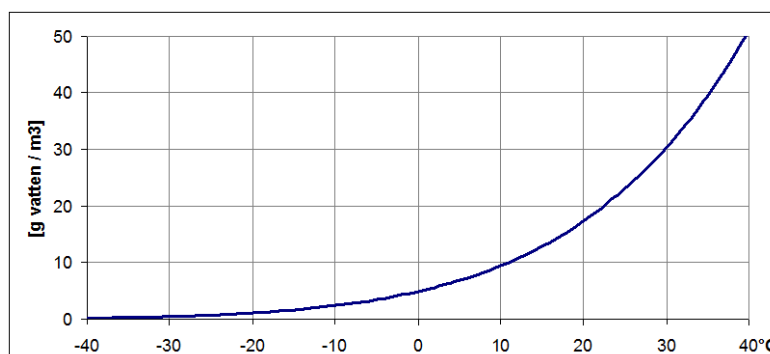
<sup>2</sup> Det högsta flödet som i genomsnitt inträffar en gång på 100 år.



Figur 5. Medelvind årsvis sedan år 1900 för södra Götaland, beräknad utifrån observationer av lufttryck. Den svarta linjen visar ett 10-årigt medelvärde.

### 3.7 Luftfuktighet

I takt med att klimatet blir varmare förändras luftens vatteninnehåll. Varmare luft kan innehålla mer vattenånga. Den relativa luftfuktigheten kommer troligtvis inte förändras, men den absoluta luftfuktigheten (massa vatten per enhet luft) ökar. Detta kan till exempel påverka fukt känsliga byggnader och dimensionering av kylanläggningar.



Figur 6. Maximalt innehåll av vattenånga i luften vid olika temperaturer. Den blå linjen motsvarar 100 % relativ luftfuktighet.

### 3.8 Havsnivå

Enligt FN:s klimatpanels (IPCC:s) senaste utvärdering av kunskapsläget (IPCC, 2013) var den globala höjningen av havsnivån i genomsnitt 1,7 millimeter per år under perioden 1901-2010. De senaste åren har takten ökat. Beräkningarna för framtiden visar att havet kan komma att stiga med upp emot en meter under detta sekel, och utvecklingen beror på framtidens utsläpp av växthusgaser. Förändringen ser dock olika ut på olika platser, i Sverige påverkas havets nivå av landhöjning.

Denna sida är avsiktligt blank

## 4 Konsekvenser av ett framtida ändrat klimat – fuktrelaterat

### 4.1 Översvämningar som når byggnader

Några av de tydligaste och idag mest uppmärksammade konsekvenserna för våra byggnader av ett ändrat klimat är översvämningar till följd av kraftiga regn samt förhöjd havsvattennivå. Citat från SMHI Skyfallsuppdraget [SMHI Klimatologi Nr 37, 2015]:

*”Även om själva uppdraget handlar specifikt om korttidsnederbörd så är bakgrunden tilluppdraget de negativa effekter på samhället som korttidsnederbörd och skyfall kan ha. En huvudsaklig konsekvens av skyfall är s.k. pluviala översvämningar. Dessa inträffar när nederbördsintensiteten överskrider markens förmåga till infiltration och avvattning vilket leder till att vatten ansamlas på markytan och översvämning sker. Översvämningen i Malmö augusti 2014 är det främsta exemplet under senare år, men åtskilliga andra händelser har rapporterats. Den ökade uppmärksamhet som skyfallsproblematiken fått under senare år har lett till att många städer och kommuner börjat analysera sin sårbarhet i detta avseende.”*

Karteringar av översvämningar till följd av ökad belastning på avrinningssystem i samband med kraftiga regn tas fram och hanteras på en nationell nivå av SMHI, MSB och av länsstyrelser som i sin tur ger stöd till kommuner. Landets kommuner har i sin tur kommit olika långt i sitt arbete med att kartera och förbereda bebyggelsen för översvämningar. Detta har bland annat studerats i rapporten ”Klimatanpassning 2015 – så långt har kommunerna kommit” [Svensk försäkring, IVL]. Göteborg är ett exempel där man kommit långt. I Göteborg Stad har man påbörjat ett arbete för att förbereda staden för mer frekventa och kraftiga regn genom en skyfallsmodell. Flera förvaltningar och bolag inom Göteborg Stad arbetar tillsammans för att planera långsiktigt.

#### Översvänningsutbredning

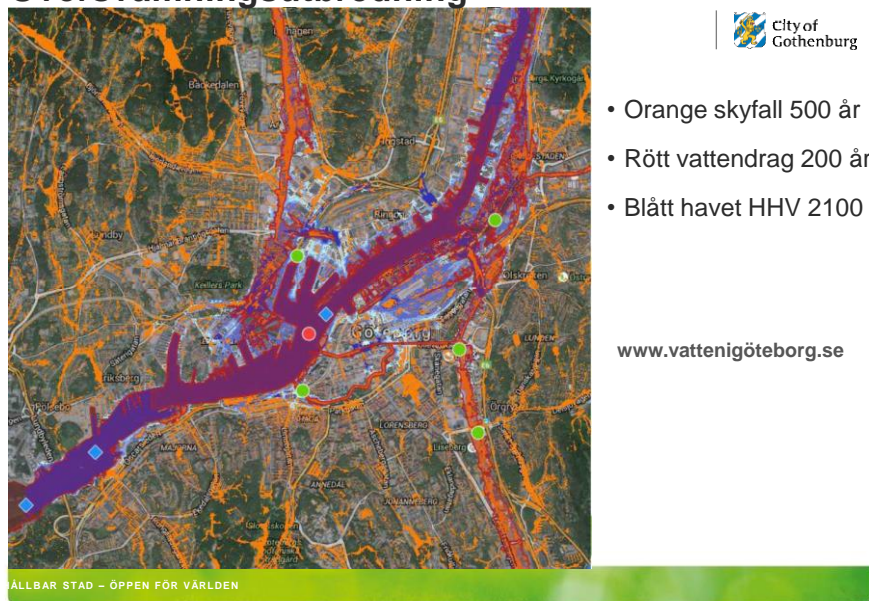


Bild 5. Scenarier beskriva för Göteborg till följd av skyfall (500 års regn), översvämning vid vattendrag (återkomsttid 200 år) samt stigande havsnivå (högsta högvatten år 2100, RCP8,5).

Kommunen ansvarar för att byggande sker på mark som är lämplig för sitt ändamål och gör en bedömning av detta i översiktsplanen. Om man vill tillåta bebyggelse i riskområden kan kommunen i detaljplanen visa att marken kan bli lämplig exempelvis genom att bestämma bebyggelsens placering och utformning.

## 4.2 Avloppsvatten når byggnader

Infrastuktur såsom avlopps- och dagvattensystem utsätts för hård belastning vid kraftig nederbörd. Överbelastning kan medföra att vatten, och ibland avloppsvatten tränger in i byggnaden via golvbrunnar och toaletter. Detta vatten kan, förutom att det fuktat upp byggnadens olika delar, försmutsa dessa och ge upphov till framtida inomhusmiljöproblem.

## 4.3 Påverkan från grundvattennivå

Grundvattennivån kan på grund av klimatändringar komma att ändras. Under vissa perioder i framförallt sydöstra delar av landet kan grundvattennivån bli låg. Om bebyggelsen inte är förberedd för dessa grundförhållanden kan sättningar uppstå med sprickor och otätheter till följd. Dessa otätheter kan medföra att vatten vid annat tillfälle kan tränga in eller att luft kan röra sig genom konstruktionerna.

Under andra perioder med mycket nederbörd kan grundvattennivån istället bli högre än normalt. Om byggnaden inte är förberedd för detta kan vatten tränga in i de byggnadsdelar som befinner sig under grundvattennivån, även kapillärsugning kan förekomma i konstruktioner som i någon del nås av fritt vatten.

## 4.4 Inträngning av vatten vid slagregn

I rapporten [Boverket 2007] anges att slagregn mot byggnader och fönster och otätheter i anslutningar som kan leda vatten in i väggen kan orsaka fuktskador. Detta är redan idag ett uppmärksammat problem i vissa situationer, och där klimatskalets utformning och detaljlösningar är viktiga för om skador uppstår, och vilka följderna av dessa blir. Med ökad belastning av slagregn vid mer frekventa extremväder kan återkommande vatteninträngningar ge upphov till omfattande fuktskador.

De flesta klimatskal idag i Sverige är inte dimensionerade för någon nämnvärd fuktbelastning förutom ytterst lite ångtransport inifrån som ska kunna vandra ut/torka ut och förhindras att stängas in i väggen (Olsson, 2014a). Om konstruktionen tillförs ytterligare fukt, såsom inträngande slagregn eller byggfukt, är det tveksamt om fuktskänsliga material klarar detta utan att skadas av mikrobiell tillväxt. Dessutom har risken för mikrobiell påväxt redan ökat i väggens yttre delar i takt med bättre isolerade konstruktioner både vad gäller att det blivit kallare och därmed fuktigare i yttre delen. Dessutom minskar uttorkningspotentialen med minskad temperaturskillnad mellan yttre delen av stommen/väggen och utomhusluften samt med ökad ånghalt i utomhusluften.

Inläckagemängden är generellt sett relativt proportionell mot slagregnsbelastningen. I takt med mer extremare väder bör fasader och ytterväggar sannolikt dimensioneras för en ökad intensitet hos regn och eventuellt slagregn.



Bild 6. Inläckage av nederbörd i en ytterväggskonstruktion kan ge omfattande fuktskador. Bilden visar en frilagd yttervägg där vatten trängt in.

## 4.5 Missfärgningar och fördröjd uttorkning av material

Följande avsnitt har skrivits av Pernilla Johansson.



Bild 7. Exempel på missfärgad fasad. Missfärgningen är missprydande men påverkar inga andra funktioner i byggnaden. Foto: Pernilla Johansson, SP.

Mikroorganismer som växer på fasader kan orsaka omfattande missfärgning, något som ofta utgör ett problem för husägaren då det kan ge ett estetiskt ofördelaktigt intryck av byggnaden. Påväxten uppkommer som ett resultat av en komplex process som omfattar flera parametrar, bland dem biologiska faktorer, mikroklimat och faktorer kopplade till byggnaden, inklusive fasadmaterial. I en nyligen publicerad rapport (Johansson och

Capener 2015) sammanfattas forskning kring de faktorer som påverkar uppkomsten av missfärgade fasader.

Det som ytterst avgör om det uppkommer påväxt är att det finns tillräckligt med fukt. Ju fuktigare det är, desto större är risken generellt för påväxt och fler organismer kan växa. Även temperaturen påverkar påväxten. Mikroorganismer kan växa på fasader vid låga temperaturer men de gynnas mer av högre temperaturer. Med ökad mängd nederbörd, vilket innebär mer fuktutsatta fasader, och ökade temperaturer är det därför rimligt att anta att problemen med missfärgade fasader kommer att öka i framtiden. Detta kommer då att ställa högre krav på de fasadmaterial och ytbehandlingar som används för att undvika uppkomst av påväxt som orsakar missfärgning.

## 4.6 Ökad temperatur och absolut luftfuktighet – inverkan på byggnadskonstruktioner

Vid en ökad utetemperatur, framförallt vintertid, kan även temperatur och fuktinnehåll i konstruktioner påverkas. När luftens temperatur blir högre ökar avdunstningen från marken och det leder till en högre ånghalt i luften. Däremot ändras den relativa luftfuktigheten (RF) marginellt eftersom varm luft har en högre mätnadsånghalt. Flera risker blir tydliga vid högre temperatur och ånghalt i luften, exempelvis:

- kondens på ventilerade kallvindar
- kondens i uteluftsventilerade krypgrunder
- ökad påväxt på fasader
- hög relativ fuktighet och risk för ytkondens sommartid i svala utrymmen som källare
- kondensering i innemiljön vid komfortkyla, som skapar lokalt kalla ytor och byggdelar

Kondens på råsponen på traditionella kallvindar vid framförallt tillfällena med kraftig nattstrålning är redan idag ett problem som ökar. Tydligast syns det på välisolerade och välventilerade vindar – där förhållandevis varm fuktig uteluft ventileras in nattetid och där insida tak är nerkyllt till en lägre temperatur än den omgivande luftens på grund av strålningsutbytet med den kalla rymden (så kallad nattutstrålning). På en välisolerad vind blir detta ett större problem då värmeläckaget från de bebodda delarna av huset är små och inte förmår värma upp kallvindens tak. Att öka den naturliga, okontrollerade ventilationen på vinden kan ibland öka skadornas omfattning. Ökad kondensation, det vill säga tillgång till fritt vatten tillsammans med högre temperaturer ger högre risk för mikrobiell påväxt, bakterier, mögel och röta. Fyra olika kallvindskonstruktioner har studerats [Nik, Klagasidis] för byggnadsbeståndet i fyra svenska städer utifrån framtida klimatscenarier. Konstruktionerna omfattar typiska uteluftsventilerade kallvindar med råsponntak, samt råspon med utanpåliggande isolering. Mer avancerade lösningar med kontrollerad styrd ventilation inkluderas också som ett av alternativen. Mögeltillväxten i vindskonstruktionens råspon används som kriterium i konsekvensanalysen. Analytiska modeller (mögelindex) används för att förutsäga mögeltillväxt. Studien visar att det kommer att uppstå fler skador (mögeltillväxt) i kallvindar i det framtida klimatet. Konstruktionen med kontrollerad ventilation visar låg risk för mögeltillväxt eller ingen risk vid rätt dimensionerad ventilation, även i ett framtida fuktigare klimat.

Precis som på kallvindrar ökar risken för kondens även i krypgrunder, men vid andra årstider och väderförhållanden. I krypgrunder är den känsligaste perioden för kondensation sen vår – tidig sommar då luftens temperatur kan vara hög och därför hålla hög ånghalt och krypgrunden fortfarande är kall. Generellt höjd ånghalt i luften innebär



att kondensation sker vid en högre temperatur än idag vilket ökar risken för att antalet kondensations tillfällen ökar, detta medför ökad risk för mikrobiell påväxt, nedbrytning och andra fuktinducerade skador.

Även om den relativa fuktigheten förväntas vara oförändrad ger det tillsammans med en högre lufttemperatur högre risk för påväxt på olika typer av fasader. Detta då mikrobiell påväxt i hög grad styrs av kombinationen av luftfuktighet och temperatur.

En högre ånghalt i uteluften kan också orsaka problem i innemiljön. Störst är denna risk om komfortkyla används på ett sätt som ger upphov till kalla ytor och byggnadsdelar där luftens fuktighet kan kondensera. Högre utelufttemperaturer kan förväntas ge en högre användning av komfortkyla i såväl bostäder som skolor, vilket är byggnader som idag normalt inte har komfortkyla

Konsekvensanalyser av hur klimatförändringen påverkar byggnader i har bland annat studerats av Nik samt Kalagasidis. Speciellt har temperatur och fuktförhållanden på vindskonstruktioner i Sverige studerats, samt förändringen av värme och kylbehovet för fastighetsbeståndet i Stockholm som redovisas i avsnitt 4.7. En stor del av deras arbete fokuserar på att hantera osäkerheten i konsekvensanalysen som härrör från startvärden, utsläppsscenarier, globala- och regionala klimatmodeller samt geografisk upplösning. Detta har också hanterats på en mer generell nivå i IEA:s projekt RAP-RETRO som handlade om probabilistisk baserad design av renoveringar. Nik och Kalagasidis visar att utfallet av konsekvensanalysen påverkas mycket av klimatdata. En tillförlitlig konsekvensanalys bör därför baseras på flera uppsättningar klimatdata framtagna med olika modeller.

En annan aspekt av en temperaturändringen är att antalet noll-passager (d v s tillfällen då fryspunkten passerar ock som kan medföra skador på fuktiga material) kan komma att förändras i delar av landet. Gränsen för antalet dagar för noll-passager förflyttas norrut i Sverige enligt klimatscenerierna för det framtida ändrade klimatet. Detta har inte studerats specifikt inom ramen för denna förstudie.

## 4.7 Högre temperatur och ökat behov av kyla inomhus

Vi är anpassade till att leva i ett relativt svalt skandinaviskt klimat. Ovanliga väderförhållanden ställer till många problem. Extrema värmeböljor påverkar befolkningen i stort med bland annat termisk diskomfort, en allmänt nedsatt prestationsförmåga och ytterligheten: en ökad dödlighet. Särskilt individers ålder och hälsotillstånd är faktorer som påverkar dödligheten vid värmeböljor. Den optimala dygnsmedeltemperaturen, med lägst dödlighet, är 11-12°C i Sverige. I vårt klimat påverkas dödligheten mer av extremt höga temperaturer jämfört med kalla temperaturer. En värmebölja är ett dynamiskt fenomen som kan kvantifieras utifrån flera mått, t ex dygnsmedeltemperatur, maximal temperatur (dagen), lägsta temperaturen (natten) eller värmeböljans varaktighet. Vilket mått som har störst inverkan på hälsa och välbefinnande råder ingen konsensus om.

Våra bostäder, liksom våra kroppar och vanor, är anpassade till det skandinaviska klimatet. Bostäderna i Skandinavien är i regel utformade för att hålla en komfortabel inomhustemperatur i en kall omgivning. Ett flertal faktorer påverkar inomhustemperaturen i en bostad då den utsätts för en värmebölja. Byggnadens respons av en värmebölja är dynamisk (föränderlig över tid), korta värmeböljor påverkar t ex inomhustemperaturen mindre än långvariga. Byggnadens värmetröghet, egenskaper för

fönster och solavskärmning, ventilation och vädring samt byggnadens värmeisolering är exempel på viktiga faktorer för att kvantifiera en byggnads förmåga att upprätthålla en hälsosam inomhustemperatur vid en värmebölja. Enligt socialstyrelsen uppstår ett problem då inomhustemperaturen är långvarigt över 26°C eller kortvarigt över 28°C (råden gäller dock inte vid extrema väderförhållanden). Komfortkyla finns idag endast i undantagsfall i svenska bostäder. Utformningen på byggnaden är därför viktig för att kunna undvika diskomfort och ohälsosamt höga inomhustemperaturer.

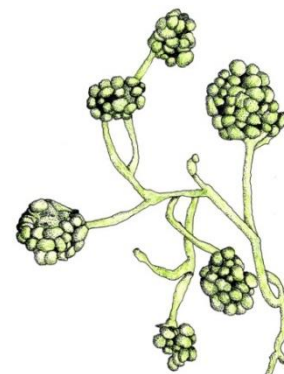
I framtiden kommer förmodligen värmeböljor att inträffa mer frekvent; händelser som har inträffat var tjugonde år kan komma att inträffa vart 3:e till vart 5:e år i slutet på seklet. Med detta följer mer dramatiska effekter på hälsa och välbefinnande. En framtida utmaning är att utforma byggnader som både kan hantera vårt svala Skandinaviska klimat men också klara av allt mer frekventa och kraftigare värmeböljor.

I de konsekvensanalyser som Nik och Kalagasidis utfört ingick även en studie med avseende på värme- och kylbehov i Stockholm. Genom att göra värme- och kylbehovsberäkningar med ett statistiskt urval av årtal och byggnader har Stockholms byggnadsbestånd analyserats. Resultaten visar att under perioden 2081-2100 kommer värmebehovet i Stockholm att minska med 25-30% jämfört med innan 2011. Även värmebehovets variabilitet sjunker i det framtida klimatet. Det innebär att den dimensionerande värmeeffekten kan sänkas i framtiden.

Dimensionering av kyla utifrån medeltemperatur kan inte göras och eftersom extremväder i form av värmeböljor antas öka kan man anta att generellt sett kommer ett framtida klimat med högre temperaturer att öka behovet av att kyla våra byggnader. Redan idag kyls många av våra lokalfastigheter och kontorsbyggnader. Vad det gäller bostäder är detta ännu så länge mer ovanligt. Kylning leder till högre relativ fuktighet i klimatskalets kylda delar vilket kan vara ett motiv att studera klimatskalets utformning utifrån dessa nya förutsättningar.

## 4.8 Insekter, svampar och bakterier som följd av högre temperatur och ändrat fuktinnehåll

En ökad luftfuktighet i kombination med en ökad temperatur medför att byggnadsmaterial i konstruktioner kan påverkas. Material som tidigare inte fått mikrobiologisk påväxt av t ex mögel kan riskera att periodvis få mögeltillväxt. Även annan typ av svampar eller insekter kan få nya förutsättningar och nya möjligheter för etablering till följd av ökad luftfuktighet och temperatur. Denna problematik har studerats, men kan behöva studeras ytterligare.



### 4.8.1 Insekter – generellt

Generellt drar fuktigt och ruttet trä till sig mer skadeinsekter än torrt. De flesta skadeinsekter i byggnadsvirke förekommer i byggnadsvirke med barkrester eller i rötskadat virke. Några av dem kan dock angripa byggnadsvirke utan barkrester och/eller rötskador. Strimmig trädgnagare, förvånad trägnagare och husbock är exempel på skalbaggar som kan angripa friskt virke.

Ökad temperatur ökar risk för *husbock* i oinredda vindar (försämrar hållfastheten i konstruktionsvirke). Generellt kan man tänka sig att zonen för t ex *husbocken* flyttar sig

mot norr. Idag vanligt förekommande från Laholm och längs väst-, syd- och ostkust upp till Gävle (se utbredningskarta) och ungefär tio mil inåt landet.

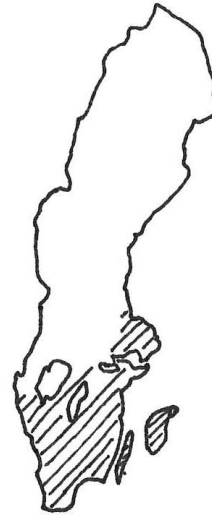


Bild 8. Husbock (hane) som är ca 14 mm samt husbockens utbredning idag. Foto: Gunilla Bok, SP

Högre luftfuktighet (>50-60 procent) i uppvärmda lokaler skapar förutsättningar för Strimmig *trägnagare* (trämask, möbelmask) som inte orsakar några direkta hållfasthetsförsämringar men bland annat möbler kan drabbas.

Fler rötskador (t ex högre luftfuktighet, översvämningar, nederbördsläckage till konstruktion, slagregn m m tillsammans med högre luftfuktighet och högre temperatur) kan skapa förutsättningar för skadeinsekter som *envis trägnagare* och *hästmyra*. *Hästmyra* kan orsaka omfattande skador i t ex bjälklag och i väggar vilka ofta kräver omfattande bekämpning.

#### 4.8.2 Mögel, bakterier och lukt

Generellt kan det sägas att ju fuktigare ett material är desto större risk att det kan få påväxt. Blånadsskador skulle kunna öka då dessa uppstår vid höga fuktnivåer och kan sammankopplas med skadeinsektproblematiken då blånad kan vara insektburen.

Högre fuktnivåer ger större mögelsvampdiversitet vilket i sin tur kan skapa större risk för luktproblematik. Vid riktigt höga fuktnivåer >95% RF så finns det förutsättningar för bakterietillväxt vilket skapar större risk för lukt. Som alltid gäller sambandet att höga fuktnivåer gör att svampar och bakterier kan etablera en påväxt i låga temperaturer.

## 5 Åtgärder för att ta hand om nederbörd lokalt



Bild 9. I våra städer är stora delar av ytorna ofta hårdgjorda. Foto: Anna Zigge.

Hantering och avledning av dagvatten och dränvatten blir allt viktigare i samband med städernas expansion och förtätning. Förr var det avledning som var i fokus, ofta i rör, men idag är avledning, dagvattenkvalitet och gestaltning alla viktiga faktorer i dagvattenhanteringen [Svenskt Vatten, 2011].

I våra städer medför den stora andelen hårdgjorda ytor att regnvatten i mycket stor utsträckning behöver tas omhand av dagvattensystemet. När man bebygger mark och anlägger vägar, parkeringar m m, förändras avrinningen av vatten från nederbörd från dessa ytor. Infiltrationen av vatten till mark kan hindras och staden blir mer beroende av att dagvattensystem kan ta hand om nederbörden utan fördröjning. Vid kraftiga regn kan följden bli översvämningar. En åtgärd som därför blir mer uppmärksammas för att minska tillfällig stor belastning på dagvattennätet är att ha gröna ytor, genomsläppliga ytor eller magasin inom kvarteren som bebyggs.

Kommuner och byggherrar ställer många gånger krav på en grönytefaktor som ska uppnås. En grönytefaktor ställer krav på andel grön yta på den mark som ska bebyggas, och gröna ytor bidrar till att belastningen på dagvattensystemen minskar. Ofta kan även blå ytor som t ex dammar ingå som en parameter i beräkningen av grönytefaktor.

Dränvattnet måste också avledas på ett robust sätt för att fuktbelastning inte ska förekomma på byggnader. Det är viktigt att inte vatten blir stående i ledningssystemet under någon längre tid om inte byggnaden är byggd för att klara det.

Det finns ett antal åtgärder som vidtas för att minska belastningen på dagvattennätet som presenteras nedan. Flera av dessa lösningar kan kombineras som exempelvis gjorts i projektet Nya Krokslätt, se Bild 10.

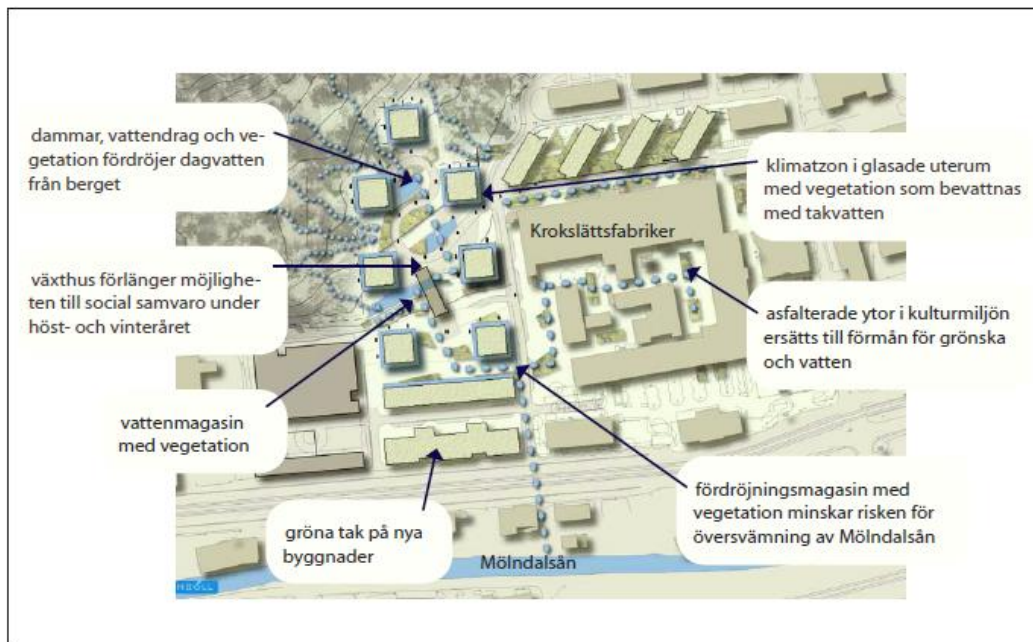


Bild 10. Utformning av dagvattenhantering i Nya Krokslätt. Bild: Ramböll och Wingårdh arkitekter.

## 5.1 Gröna tak



Bild 11. Grönt tak på Sveavägen 44, Stockholm. Foto: Eva Sikander.

Gröna tak är en åtgärd som effektivt tar hand om mindre regn och medför att dagvatten avleds långsammare till ledningsnätet.

Jord och växtsubstrat kan hålla vatten till viss grad innan vattnet når dagvattennätet. Bland annat finns alltför många exempel där byggnadens klimatskal och då framförallt tak beläggs med växtsubstrat och grön yta. Inom ett flertal projekt har nyttan av detta visats, bland annat inom Vinnovaprojektet c/o city som drivs av Stockholm Stad. Även Malmö Stad uppmärksammar möjligheten och nyttan i flera projekt. Förutom nyttan med en

födröjning och ökad avdunstning vid mindre nederbörd, bidrar gröna klimatskal till ett bättre inomhusklimat och förbättrad dagvattenkvalitet. Se vidare [www.cocity.se](http://www.cocity.se).

## 5.2 Permeabla lösningar för hårdgjorda ytor



Bild 12. Parkeringsplats med dränerande konstruktion. Foto: Björn Schouenborg, CBI.

För att minska avrinningen från hårdgjorda ytor kan det i vissa fall vara möjligt att ersätta dessa med hårdgjorda ytor som också är dränerande, det vill säga släpper igenom vatten så att det istället sipprar ner i marken. Exempelvis sker en utveckling av dränerande betong- och betongmarksten lämpad för parkeringsplatser, bussgator, terminaler, gång- och cykelvägar. Detta minskar belastningen på dagvattennätet vilket är extra värdefullt i samband med kraftiga regn, och det bidrar även till att exempelvis träd får det vatten och gasutbyte den behöver. Mer att läsa finns bland annat på [www.greenurbansystems.eu](http://www.greenurbansystems.eu). På hemsidan finns även dimensioneringsstöd för att dimensionera både för trafiklast och för dagvattenhantering. Även på hemsidan [www.klimatsakradstad.se](http://www.klimatsakradstad.se) finns information om genomsläppliga hårdgjorda ytor.

## 5.3 Öppna dagvattenkanaler och magasin/dammar

För att samla och därmed fördröja avrinningen i samband med regn används i allt större omfattning lösningar med öppna kanaler och dammar eller vattenmagasin. Sådana exempel finns bland annat i Malmö (se bild Bild 13 och Bild 14).

Dagvattenmagasin och dammar kan bidra till multifunktionella ytor, när det är torrt väder är platsen en lekplats eller bollplan, och när det regnar en dagvattenfördröjningsanläggning.



Bild 13. Nya Krokslätt. Foto: Camilla Wenke, Ramböll.



Bild 14. Regnvatten från taktytor och gator leds in i öppna dagvattenkanaler i Malmö som kommer i bruk i samband med regn. Foto: Eva Sikander.

## 5.4 Vattenmagasin

Dagvattenmagasin kan användas för att ta hand om och utjämna tillfälliga belastningar på dagvattennätet och därmed minska risken för översvämning. Dagvattenmagasin, ofta i makadam eller som i exemplet på bilden, i plast är en vanlig lösning för att utjämna dagvattenflöden. Den kan antingen användas lokalt på tomtmark eller som en anläggning i en gata eller park (allmänplatsmark). Exempel på dagvattenmagasin finns i Norrköping, men förekommer på många ställen i landet. Fler exempel finns att studera på Klimatanpassningsportalen, [www.klimatanpassning.se](http://www.klimatanpassning.se).



Bild 15. Exempel på lösning för dagvattenmagasin för att fördröja dagvattnet i samband med kraftiga regn. Källa: [www.aco-nordic.se](http://www.aco-nordic.se).

## 5.5 Planera för tillfälliga kanaler

De dagvattensystem som beskrivits här kan inte byggas för att klara alla regnväder. För att ta hand om de mest extrema vädertillfällena med mycket stora nederbördsmängder finns exempel där man utformar gator för att styra och leda vatten så att bebyggelse skyddas. Ett exempel på skyfallsväg presenteras i Karlstad (se nedan) där vägbanan formas som ett ”v”. Ett annat exempel finns i Mölnlycke där höga kanter har byggts kring vägar för att det skall kunna bildas en tillfällig kanal som tar hand om avrinningen i samband med stora regnmängder.

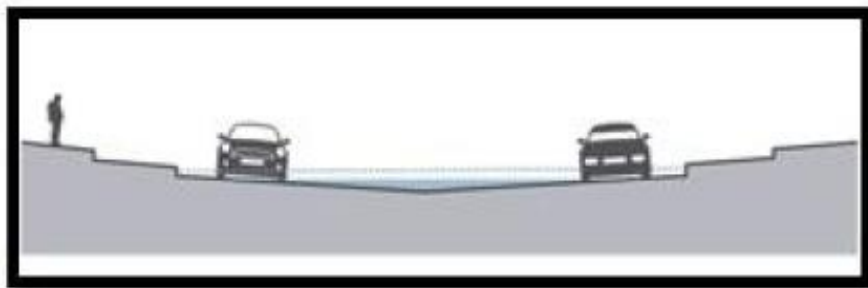


Bild 16. Exempel på utformning av skyfallsväg i Karlstad. Källa: Karlstad kommun och Ramböll.





Bild 17. Bilväg i Mölnlycke som är förberedd att vara en vattenkanal vid höga vattenflöden. Foto: Eva Sikander.

## 6 Minska påverkan av översvämningar på bebyggelse

### 6.1 Principer för anpassning av byggnader

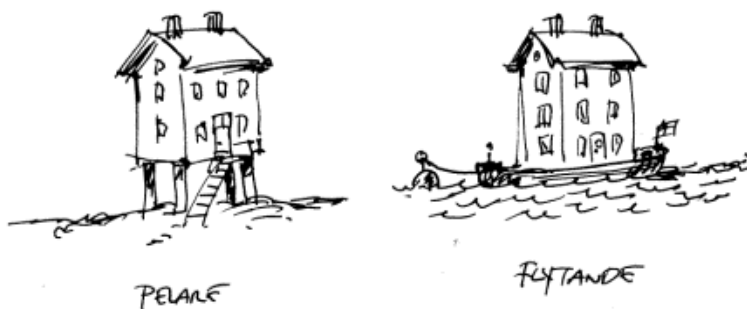
Det finns ett flertal principer idag för att undvika alternativt att minska risken för översvämning av fastigheter, eller minska risk för skador som följd av översvämning. Beroende av teknisk lösning skulle det kunna vara möjligt att gruppera åtgärds- och anpassningsprinciper inom olika ”säkerhetsprinciper” för byggnader. I ett nästa steg skulle det sedan vara möjligt att rekommendera olika säkerhetsprinciper för olika zoner i vår bebyggelse. Inom projektet Mistra Urban Futures har man undersökt tre olika klimatanpassningsstrategier för klimatanpassad stadsstruktur [Mistra Urban Futures, 2011]. Dessa strategier benämner man Attack, Reträtt, Försvar.

Ett första förslag på sådana säkerhetsnivåer för anpassning av byggnader är:

1. Bygg ej i område med översvämningsrisk (motsvarar Mistra Urban Future’s Reträtt)

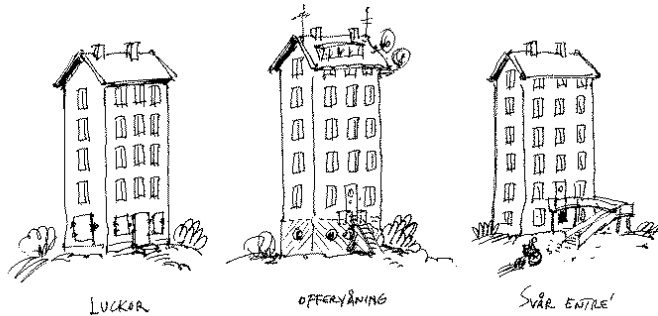


2. Planera infrastruktur så att översvämning inte skall nå fastigheten. Exempel kan vara skydd av vallar, skydd av portar i vattendrag, fungerande dagvattenhantering och annan infrastruktur för vatten och avlopp (motsvarar Mistra Urban Future’s Försvar)
3. Låt inte vatten nå byggnad. Exempel kan vara att bygga på plintar eller ”flytande” lösningar (motsvarar Mistra Urban Future’s Attack)



4. Stäng vatten ute: skydda genom tät grundläggning och att förse första våning med portar/luckor, avloppssystem med backventiler

5. Acceptera och anpassa för översvämning, exempelvis genom att ha offervåning. Begränsa skadorna genom att undvika fukt känsliga material, ingen teknisk utrustning i bottenplan, tillgång till tork och pump som standard



För nivåerna 2-5 kan det sannolikt vara viktigt att det finns beredskapsplan, varnings-system kopplat till väderprognoser samt information om hur byggnaden och området kring byggnaden är tänkt att fungera vid översvämning. I beredskapsplan är frågor som tillgänglighet och frångänglighet viktiga aspekter. Exempelvis arbetar man i Köpenhamn med dessa frågor som en följd av översvämningarna som inträffade augusti 2010 (99 mm), juli 2011 (135 mm) och senast augusti 2014 (119 mm).

Ytterligare en kommentar kan vara att nivåerna kan beaktas med hänsyn till byggnadens livslängd och möjligen även försäkringsfrågor.

## 6.2 Låt inte vatten nå fastigheten/stadsdelen – exempel på vallar/portar

Inom detta kapitel sammanställs exempel på åtgärder som idag används och som syftar till att minska översvämningens risker i samband med stormfloder, stigande havsvattennivå och hög belastning på vattendrag och sjöar.

För att skydda stora områden kan portar och barriärer användas. Exempel finns på många platser i världen, bland annat London/Themsen och Holland. Även i Göteborg finns utredningar genomförda för att kartlägga hur portar skulle kunna skydda Göteborg från stigande vattennivåer. Se förstudier utförda för Göteborg, [www.goteborg.se/extremtvader](http://www.goteborg.se/extremtvader) där Themsenbarriären är av den typ som förordas för Göteborg.



Bild 18. Exempel på barriär: Maeslantbarriären i Hoek van Holland, Nederländerna, som ska skydda Rotterdam och dess omgivningar från översvämningar från Nordsjön. Barriären är världens största rörliga konstruktion och invigdes 1997 efter sex års byggande. Bild (a) visar den i öppet läge och bild (b) när den håller på att stängas. Foto: Eszter Simfoni (a) och Quistnix (b).

I flera svenska städer och tätorter finns ett behov av att minska risken för översvämning längs kajkanter och längs vattendrag. Att bygga permanenta kantskydd i form av vallar är ett alternativ. Det finns flera exempel i Sverige som tillämpar detta, bl a i Kristianstad där man också jobbar med att förstärka befintliga vallar. I Göteborg är nya spårvägen vid Skeppsbron ett exempel på vall för skydd mot havet som skall klara nivån efter 2100. Fler exempel finns att finna på Klimatanpassningsportalen. Även MSB ([www.msb.se](http://www.msb.se)) presenterar exempel på principer:

- Permanent invallning – erosionsskyddade samt utan otätheter. Exempelvis kan dagvattenledningar behöva ha avstärningsanordning.
- Tillfällig sandsäcksinvallning. Det finns exempel på hur man utvecklat denna tanke genom att ha sandsäckslager i källarutrymme i fastigheten.
- Tillfälliga jordvallar som erosionsskyddas av exempelvis presenningar
- Pallbarriär uppbyggd av lastpallar som stötts av ett stöd av galvaniserad stålplåt. Lastpallarna täcks med presenning
- Tubvall av luftfyllda tuber av förstärkt PVC som rullas ut och kan monteras av två personer. Tubvallen kan skydda mot vattenhöjder på ca 1 meter.



Bild 19. Kaj längs Donau i Linz, Österrike. Mellan kajen och staden ligger ett grönområde Donau Park som också är en vall för att minska risken för översvämning vid höga vattenflöden i floden. Foto: Maksim.

Ett annat alternativ till vallar och som det finns exempel på i Europa är uppfällbara översvämningsskydd längs vattendrag och kajkanter. Dessa ”fälls upp” innan eller i samband med att vattnet stiger. Det finns också exempel på sådana fast monterade lösningar som fälls upp vid behov i direkt anslutning till fastigheten för att stoppa eller leda förbi vatten i samband med kraftigt regn.



Bild 20. Exempel på självstängande översvämningsskydd. Skyddet höjs i samband med att ett utrymme framför och under skärmen vattenfylls. Se vidare på företagets hemsida. Källa: [www.aggeres.com](http://www.aggeres.com).



Bild 21. Vatten hindras tränga in i bottenvåningen med hjälp av en konstruktion som fällts upp. Källa: <http://floodbreak.com/products/>



Bild 22. Exempel på ett portabelt översvämningsskydd som kan monteras vid behov. Källa: [www.aggeres.com](http://www.aggeres.com)

### 6.3 Låt inte vatten nå byggnaden – exempel på plint- och flytande lösningar

Om byggnader uppförs i områden med översvämningssrisk, och som inte skyddas av vallar eller portar, kan man välja att hindra vattnet att nå byggnaderna genom att bygga dessa på plintar eller som flytande byggnader. Det finns ytterligare en lösning som kallas amfibiebyggnader och där det framförallt finns internationella exempel. De exempel på amfibiebyggnader som vi funnit är mindre byggnader. Byggnader på plintar eller flytande byggnader kan däremot utföras även för större byggnader.

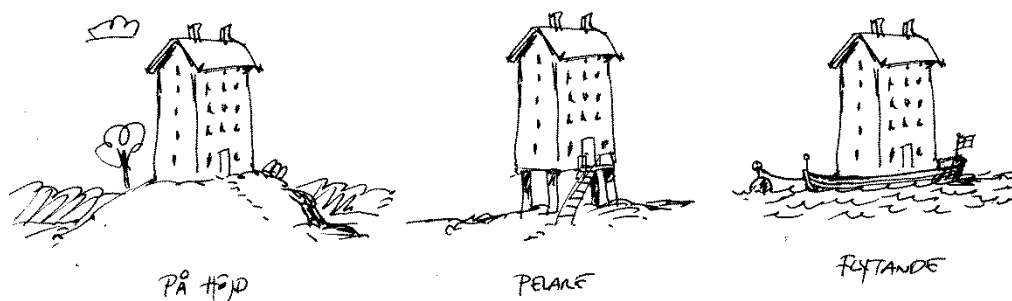


Bild 23. Principer för att bygga så att vatten inte når byggnaden även om den är placerad i område som nås av översvämning. Teckning: Erik Werner Tecknare AB

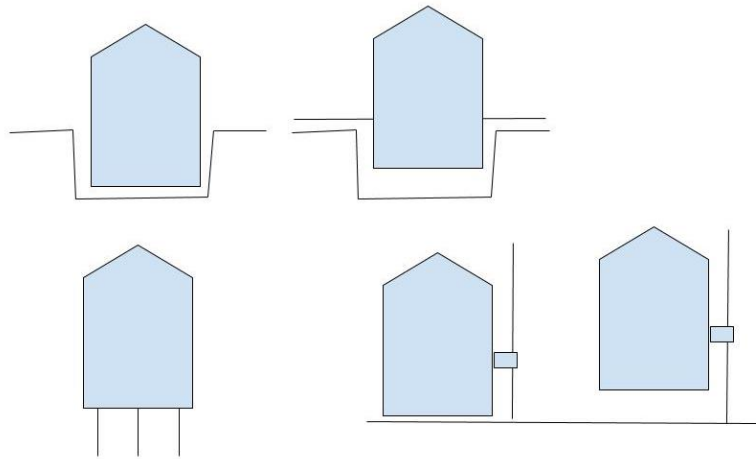


Bild 24. Amfibiska hus är byggnader som är utformade så att de flyter vid översvämning, men är förankrade och styrda på sådant sätt att byggnaden återvänder till samma plats efter översvämning. Exempel finns i USA och Europa i områden som regelbundet drabbas av översvämning.



Bild 25. Fastsättning för flytande hus. Foto: Tarrakaner.

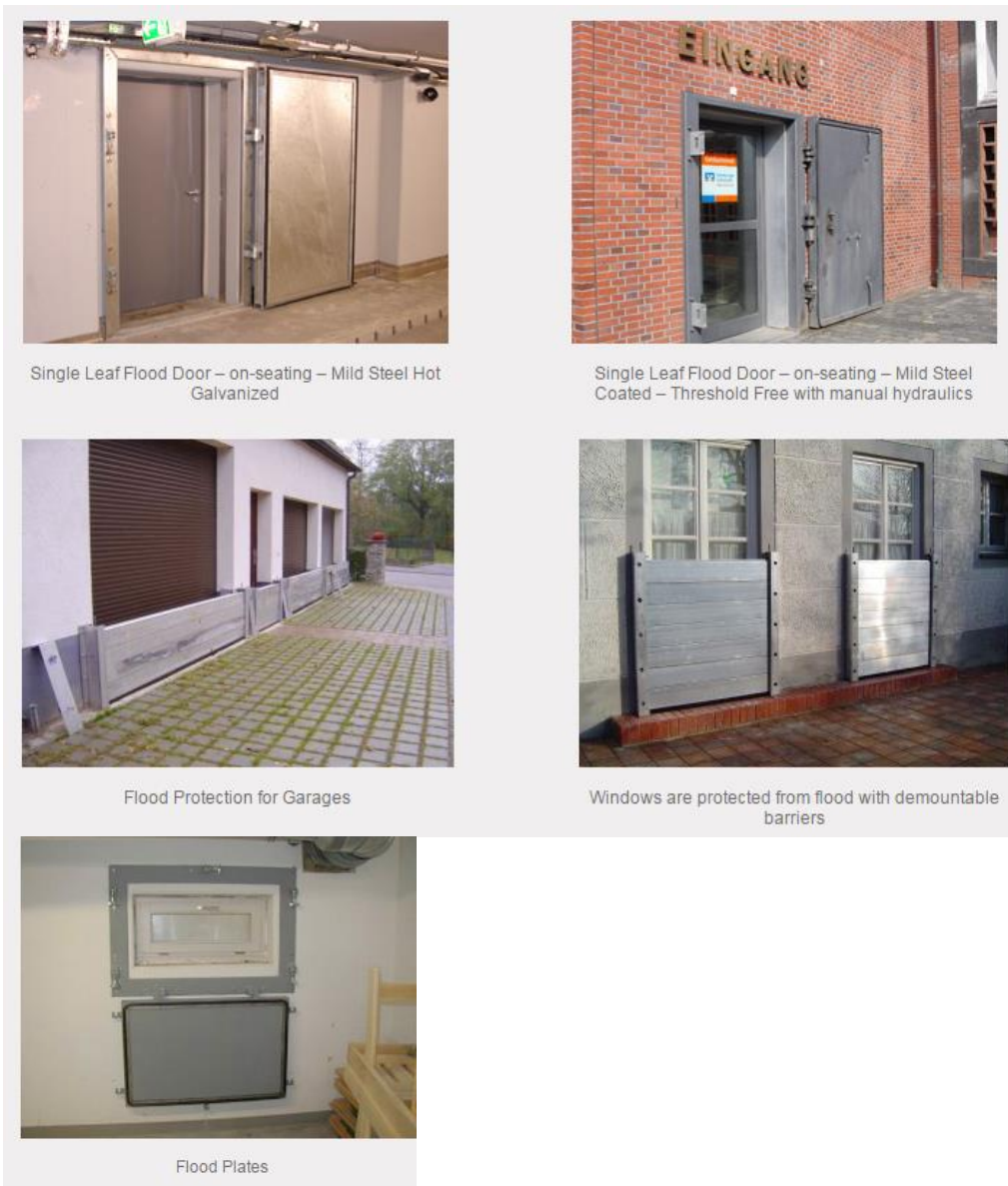
## 6.4 Stäng vatten ute – exempel på förslutning

Ytterligare en lösning för att skydda byggnader i de fallen att vatten faktiskt kan nå byggnader i samband med översvämning är att hindra vatten att tränga in i byggnaden. En lösning kan vara att höja entréer och öppningar från gatunivå, men följderna är många gånger att tillgänglighetsaspekterna inte löses. En annan väg att gå är att tätta fönster- och dörröppningar, men även andra genomföringar som avlopp. Dessa lösningar kan vara tillämpbara för att skydda även befintlig bebyggelse, eller begränsa skador på befintlig bebyggelse. Se vidare de exempel som visas i bilder nedan och som vi funnit i andra europeiska länder.

### 6.4.1 Luckor och förslutningar av fönster och dörrar



Bild 26. Exempel på lösning för att hindra vatteninträngning. Luckan är i detta fall nedfärd i marken och lyfts upp då installationen vattenfylls – anges såsom självstängande. Källa: [www.aggeres.com](http://www.aggeres.com)



Single Leaf Flood Door – on-seating – Mild Steel Hot Galvanized

Single Leaf Flood Door – on-seating – Mild Steel Coated – Threshold Free with manual hydraulics

Flood Protection for Garages

Windows are protected from flood with demountable barriers

Flood Plates

Bild 27. Exempel på dörrar och luckor som stängs och skyddar byggnaden från inträngande vatten i samband med översvämning. Källa: <http://www.ibsengineeredproducts.co.uk/en/Flood-Protection-Systems/Flood-Doors.php>



## 6.4.2 Förslutning av avlopp och genomföringar

Ett vanligt fall av skador som följd av inträngande vatten via avloppssystemet är att byggnadsmaterial förorenas med omfattande saneringsåtgärder som följd. Av denna anledning uppmärksammas det att avstämninganordningar eller backventiler i avloppssystem i riskområden är en lämplig åtgärd. I ”Vattenskador orsakade av baktryck i avloppssystem – erfarenheter, regler, hantering och tekniska lösningar” [Olshammar, Baresel, 2012] finns olika tekniker och erfarenheter beskrivna.

## 6.4.3 Grundläggning

Många grundläggningar som finns i befintlig bebyggelse och som projekteras för ny bebyggelse dimensioneras och utformas för att fritt vatten ej skall nå konstruktionsdelar under mark (betong eller mur). Utformningen förlitar sig till att fritt vatten inte når konstruktionen med hjälp av dräneringslagret och dränering under och invid konstruktionerna. Om dräneringen ligger under dagvattennätet behöver vattnet pumpas. Om grunden ligger under högsta grundvattenytan finns två möjligheter [Fukthandboken, 2007], ”antingen sänks grundvattenytan lokalt genom dränering och eventuellt pumpning, eller utförs konstruktionen vattentät i de delar som ligger under högsta grundvattenytan”.

I det fall att byggnaden finns i område för översvämningsrisk och kan förväntas kunna nås av fritt vatten och utsättas för vattentryck behöver grunden (och även delar över mark som eventuellt anses behöva vara vattentät) dimensioneras för detta.

I vissa fall måste byggnaden även förankras så att den inte lyfts oavsiktligt. Ett exempel på detta är det nya Nationalmuseet i Oslo. Statsbygg, som är byggherre, bygger vattentät yttre konstruktion under mark och upp till 2,7 m över havsvattennivån. För att förbereda att huset inte lyfts av framtida höga vattenstånd så har man förutom att påla också spänt fast/förankrat byggnaden i berggrunden.

## 6.5 Acceptera översvämning och anpassa

Ett sista alternativ till anpassning är att låta vatten strömma in i byggnaden men förbereda så att skadorna på byggnaden begränsas. Sådana exempel finns både i Europa samt USA. I Hamburg har man exempelvis i hamnområdet placerat bostäder en trappa upp och i markplan finns annan verksamhet som kan utrymmas och tömmas vid risk för översvämning.

Vid ombyggnad eller vid nybyggnad kan man exempelvis överväga följande delar för begränsning av skador efter översvämning:

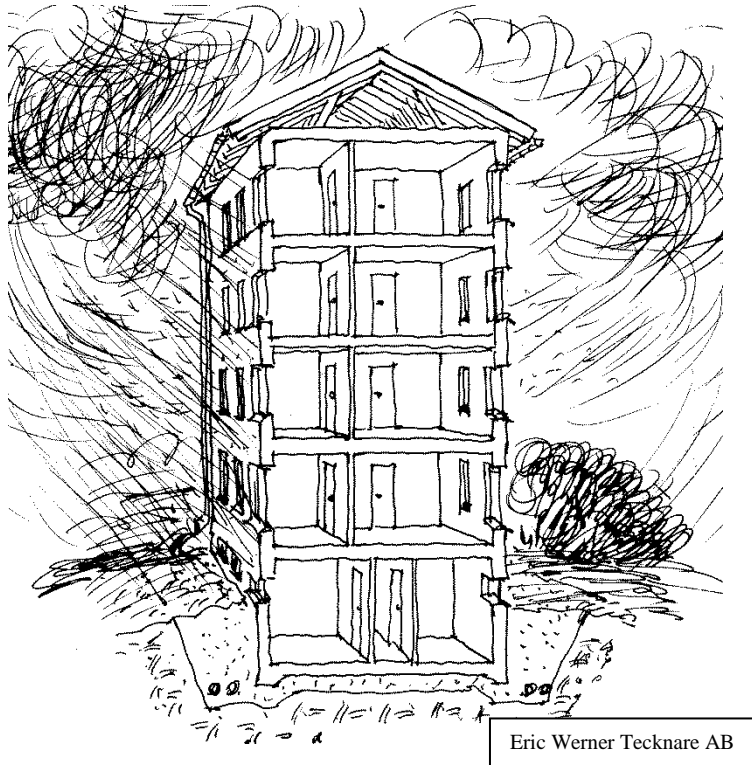
- Använd byggnadsmaterial som tål fuktbelastning och fritt vatten
- Placera elcentraler och teknisk utrustning såsom ventilationsaggregat, värmepumpar m m på ett säkert sätt så att de inte nås av fritt vatten.
- Säkerställ att försmutsat vatten hindras att komma in. Smutsigt vatten från avlopp eller annat kan medföra att lukt kan uppstå från material efter uttorkning även om själva materialet är fukttåligt.
- För att undvika att mögelpåväxt uppstår är det viktigt att vatten snabbt torkar ut. Tillgång till pumpar och torkanläggningar är viktigt.

- Innan utrymmet inreds igen behöver konstruktionerna följas upp med fuktmätningar och materialprovtagning så att man inte stänger inne fukt eller lämnar material som har mögelpåväxt.

## 6.6 Befintlig bebyggelse generellt

Många av principerna ovan kan tillämpas vid både nyproduktion och ombyggnad. Det finns även rekommendationer att finna på olika webbplatser och som rör befintlig bebyggelse. Ett exempel är VA-Syd som på sin hemsida har tips om åtgärder för källare för att minska skadeverkningar från översvämning. Bl a nämns backventiler, pumpar, lagande av sprickor i vägg/golv, säkra öppningar såsom fönster och dörrar, dränering. Ytterligare exempel finns på [www.visadapt.info](http://www.visadapt.info), Fastighetsägarnas information "Är din fastighet klimatsäkrad" samt Länsförsäkringars information "Minska skadorna vid naturkatastrofer". Även MSB har information på [www.dinsakerhet.se](http://www.dinsakerhet.se).

## 7 Minska fuktrisken med hänsyn till slagregn på klimatskal



### 7.1 Skapa ett andra hinder – allmänt

Forskning, bland annat i Nordamerika, visar att det är svårt eller omöjligt att bygga helt regntäta fasader. Regnvatten förväntas alltså tränga igenom varför vattnet behöver tas omhand bakom fasaden och ledas ut på ett kontrollerat sätt (Straube, 1998, Beaulieu et al., 2002). Omfattande studier av svenska konstruktioner pekar på samma sak. Det är mer regel än undantag att det läcker in framförallt i anslutningar vid fasaddetaljer såsom fönster, dörrar, balkonger, ventiler och infästningar etc beroende av om fasaden är ventilerad eller oventilerad (Olsson, 2014b, Olsson, 2015, Olsson, 2014a). Vatten kan tränga ända in till stommen eftersom det vanligtvis saknas ett andra regntätt hinder framförallt vid fasaddetaljer. Dock är det vanligt med vindskydd bakom fasader, men vindskydd är i regel inte avsett att utgöra ett regntätt hinder. Det finns alltså redan idag ett behov av att fortsatt utveckla fuktsäkra lösningar, exempelvis med ett ”andra hinder”.

### 7.2 Principer för minskad vatteninträngning

För att minska risken för fuktskador till följd av inträngande vatten i klimatskalet är några moment viktiga och tillämpas till viss del redan idag. Generellt sett rekommenderas att skydda och avleda, dränera, säkerställa snabb uttorkning och använda beständiga/hållbara material. Det mest effektiva sättet är att skydda och avleda, alltså minimera inträngning i fasaden och ytterväggen (Beaulieu et al., 2002).

- Fuktsäkerhetsprojektering med hänsyn till inträngande vatten:  
Det är viktigt att projektören förstår ytterväggens funktion och alla dess skikts funktion och egenskaper. I bland annat Nordamerika är rekommendationen att använda ett andra hinder eftersom det är svårt eller praktiskt omöjligt att helt

förhindra inläckage. Andra hindret tillämpas också vid fasaddetaljer, vilka utgör störst risk för inläckage, vilket också rekommenderas i Sverige sedan 2009 (Gustavsson, 2009). Dessutom är dränerande och ventilerande lösningar bakom fasad att föredra. I Boverkets byggregler (BBR22) ges råd att ytterväggar ska förses med kapillärbrytning, dränering, säkerställa tillräcklig uttorkning samt att regelkonstruktioner skyddas med ett stomskydd (andra hinder). Dessutom ska anslutningar och skarvar i material och materialkombinationer inte skapa oförutsedda fukttillstånd.

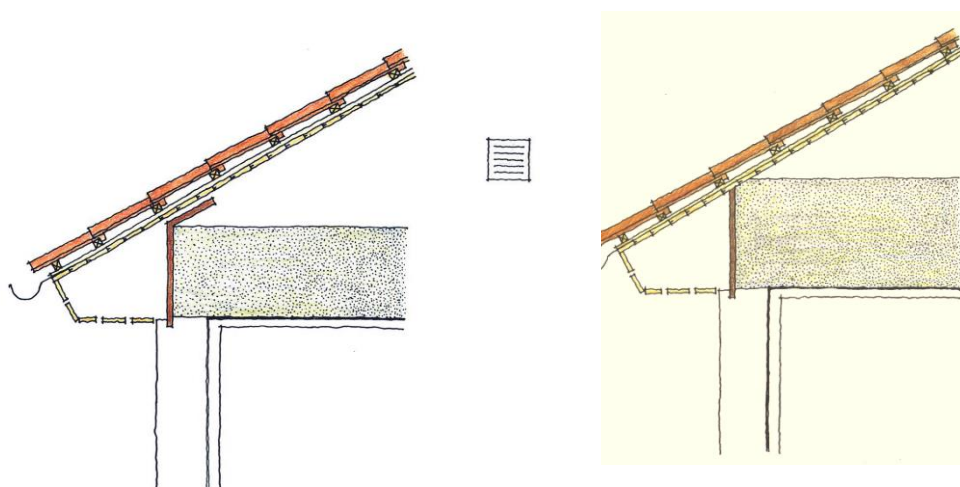
- **Fuktsäkerhetsprojektering för val av fasadmaterial:**  
Det är inte ovanligt med frostsador i fuktsugande fasadmaterial. Skadorna uppkommer eller är värst i väderutsatta lägen, varför slagregnsexponering har avgörande betydelse (Sandin, 1993). Därför bör fasadmaterial/produkter väljas som klarar förväntad exponering samt det ökade underhållsbehov som kan bli aktuellt vid ökad slagregnsexponering. För befintliga fuktsugande fasader som riskerar att suga upp för mycket vatten med avseende på kapillär fukttransport kan förhållandena förbättras med lämplig fasadimpregnering.
- **Verifierade systemlösningar:**  
Hur olika detaljlösningar fungerar med hänsyn till slagregnstäthet är svårt att utvärdera teoretiskt. Provnings av slagregnstäthet är viktigt att tillämpa vid utveckling och utvärdering av lösningar (Straube & Burnett, 1999). För att kunna avgöra en fasad eller ytterväggs prestanda eller lämplighet har SP tagit fram en utvärderingsmetod som möjliggör det för fasad- eller väggsystem (SP, 2009). Exempel på systemsyn är att ett fönster kan vara utmärkt i sitt utförande för täthet mot slagregn, en väggkonstruktion kan även det vara utmärkt i sitt typsnitt, men om det vid montering av fönstret i väggkonstruktionen saknas systemsyn riskerar anslutningen mellan vägg och fönster att läcka.
- **Utförande under produktion:**  
Ett detaljerat och noggrant arbetsutförande bör kontrolleras och dokumenteras
- **Plan för uppföljning under drift:**  
Vid kritiska detaljer såsom anslutningar och genomföringar i klimatskalet bör uppföljningar utföras, gärna med hjälp av inbyggda sensorer.
- **Underhåll av kritiska detaljer:**  
Under drift och i befintligt fastighetsbestånd bör tätande detaljer och material kontrolleras regelbundet.



Bild 28. Vid fönstermontage kan ett andra hinder monteras under fönster som för ut eventuellt inträngande vatten. Foto: Börje Gustavsson, SP.

## 8 Minska risken med hänsyn till ökad temperatur och ånghalt

Att förenkla problematiken med ett ändrat klimat till att det endast handlar om att vi får samma klimat som i varmare regioner gör att vi riskerar dra felaktiga slutsatser om vilka lösningar som är lämpliga. Ett exempel är förväntade temperaturhöjningar, tittar vi bara på medeltemperatur är det lätt att förledas att tro att vi får ett varmare sommarklimat när de framtida klimatscenerierna snarare visar högre vintertemperaturer. Att baserat på medeltemperaturhöjning föreslå att användandet av ångspärr omprövas kan då vara ödesdigert. Simuleringar baserade på framtida klimatscenerier behöver därför redan nu tas med i utformningen av våra framtida byggnader.



Figur 29 Traditionell utformning av utluftsventilerad kallvind (a) och förbättrad lösning med minskad ventilation av uteluft för att undvika skador pga kondens på insida råspont orsakad av nattutstrålning kalla klara nätter. Teckning: Agneta Olsson-Jonsson, SP.

Redan idag ser vi att moderna energieffektiva konstruktioner är fukt känsligare än äldre lösningar. Kallvindar, där ökad isolering av vindsbjälklag minskat värmeläckage upp på vinden, får fler skador orsakade av att uteluft som vinden ventileras med kondenserar på insidan råspont. Ökad ventilation förvärrar problemet och lösningen är en reducerad och även styrd ventilation av vindsutrymmet. Framtidens klimat kommer att ställa nya krav på nya hållbara och byggnadsfysikaliskt välgrundade lösningar som radikalt skiljer sig från de vi kallar beprövade lösningar.

## 8.1 Minska behov av kyla inne

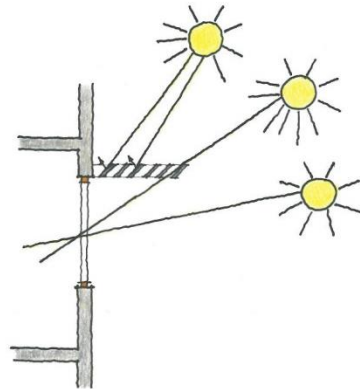


Bild 29. Solavskärmning har ofta stor betydelse för att undvika behov av kyla inomhus. Teckning: Agneta Olsson-Jonsson, SP.

I de delar av en byggnad där kylning sker kommer den relativa fuktigheten att öka, vilket enligt tidigare beskrivning innebär en ökad risk för mikrobiell tillväxt om man inte samtidigt avfuktar luften. Det är därför värdefullt att både ur fuktsäkerhetssynpunkt och ur energisynpunkt bygga för en god termisk komfort utan kyla. Ytterligare studier bör dock göras utifrån de scenarier för framtida klimat som finns.

## 8.2 Utformning av klimatskalet

### Nya byggnader

Problematiken med en ökad luftfuktighet för klimatskal, ventilerade konstruktioner och uteluftsventilerade vindar har studerats bland annat vid Chalmers (se referenser tidigare). Tidigare redovisade studier visar att hänsyn behöver tas till ökad temperatur och fukttillstånd i luften vid fuktsäkerhetsprojektering. Mer detaljerade hygrotermiska beräkningar utförs ännu så länge bara inom forskningsprojekt och området behöver utvecklas. Några exempel på generella hållpunkter som kan behöva beaktas i samband med en fuktsäkerhetsprojektering är dock följande:

- Utför hygrotermiska beräkningar med en säkerhetsmarginal eller med klimatdata som tar hänsyn till framtida ändrat klimat. Vilken säkerhetsmarginal som bör anges saknas ännu. Detaljerade anvisningar saknas ännu.
- Materialval görs utifrån beräkningarna så att materialen inte riskerar att få tillväxt av mögel. Materialets kritiska fuktillstånd skall ej överskridas.
- Välj tekniska lösningar där så behövs som bidrar till uttorkning av konstruktioner. Idag används ibland styrd ventilation av vindar, avfuktning av konstruktioner, lokal uppvärmning för uttorkning osv under perioder då så behövs med tanke på fuktförekomst och materialens kritiska fuktillstånd.
- Fuktsäkerhetsprojektera klimatskal så att fuktskador inte uppkommer under varma och fuktiga perioder då kylsystem inomhus kan komma att användas, t ex i bostadshus.
- För extra säkerhet: Installera sensorer på fuktkritiska lägen och koppla till ett larm

- Ifall byggnaden blir tillfälligt uppfuktad: Om ett läckage trots förebyggande åtgärder skulle inträffa bör det finnas en åtgärdsplan för uttorkning och eventuellt utbyte av material som snabbt kan sättas in.

### **Befintlig bebyggelse**

Inför ombyggnad eller annan förberedelse av befintliga byggnader med hänsyn till en ökad RF kan följande beaktas:

- Inventering av konstruktioner och material. Finns påväxt av mögel, hög fuktighet, lukt, etc?
- Finns byggnadstekniska förutsättningar för att isolera på konstruktionens utsida om behov föreligger? Finns förutsättningar och utrymme att skapa spalter som ventileras, avfuktas eller annat som skulle förbättra?
- Fuktsäkerhetsprojektera likt en nyproduktion, men med de förutsättningar som utformning och befintliga material ger.
- Fuktsäkerhetsprojektera klimatskal eller vidta andra åtgärder så att fuktskador inte uppkommer under varma och fuktiga perioder då kylsystem inomhus kan komma att användas, t ex i bostadshus.
- Larm och åtgärdsplan likt ovan.

### **Allmänt**

Bedömningen är att det finns en fortsatt stor potential för innovationer för byggsystemutveckling, materialval och underhåll. LCA-perspektiv, material som tål miljön under lång tid behöver beaktas med rätt material på rätt ställe i konstruktionen.



## 9 Byggsektorns anpassning till framtida ändrat klimat – nästa steg

### 9.1 Fuktsäkra byggnader i ett ändrat klimat

Vid denna förstudie har det framkommit att det finns behov av att fördjupa kunskapen inom vissa frågeställningar för att bygg- och fastighetssektorn skall kunna planera den byggda miljön med hänsyn till framtida ändrat klimat. Några exempel på behov av fortsatt arbete är:

1. Sprid den kunskap som redan finns så att byggsektorns aktörer får ett ökat medvetande om den fuktpåverkan som klimatändringarna medför, samt de åtgärder som man redan idag kan vidta.
2. Krav och råd i BBR baserar sig idag på historiska klimatdata. Även vid fuktsäkerhetsprojektering av byggnader och byggnadsdelar använder man historiska data. Simuleringar skulle även behöva utföras med klimatdata enligt scenarier för ett framtida klimat. Detta bör göras i några pilotstudier för orter som representativa för olika klimatzoner. Eftersom de byggnader man uppför idag förhoppningsvis kommer att vara i bruk i 100 år bör konstruktioner och byggedelar som inte kan åtgärdas i ett senare skede ta hänsyn till klimatscenarier.
3. Aktörer i byggsektorn behöver ha mer stöd för dimensionering och projektering i form av checklistor och anvisningar. En lämplig väg kan vara att ge stöd och komplettering till de stödverktyg som redan finns idag såsom ByggaF, t ex inom fuktsäkerhetsprojektering för framtida klimatscenarier.
4. Tydliggöra motiv för byggherren att bygga för ett framtida klimat. Vad kan vara drivkraft för att ta höjd för risker man ännu inte ser och som kan kosta en del? Kostnadsbilden kan behöva tydliggöras för att visa kostnaden för anpassning kontra kostnaden som kan inträffa om ingen anpassning görs (LCA vid olika klimatscenarier och olika ”säkerhetsnivåer”)
5. Behovet av utveckling av tekniska lösningar för att möta utmaningar vid framtida extremväder finns fortfarande även om det idag finns exempel på flera goda lösningar. Exempel på områden med behov av ytterligare kunskap och exempel på goda lösningar är bl a klimatskalets täthet mot regn, förslutning och vattentäta konstruktioner i översvämningssområden, utveckling av konstruktioner för ändrad temperatur och luftfuktighet.
6. Hur kan vi verifiera och kontrollera tekniska lösningar och kritiska punkter vid produktion och senare under drift? Exempelvis är det viktigt att veta att aktiva eller passiva lösningar för att stänga ute vatten i samband med tillfälliga översvämningar fungerar såsom tänkt. Inbyggda sensorer vid kritiska punkter är ytterligare ett redskap som kan utvecklas.
7. Utveckla de tekniska lösningarna med avseende på vilken säkerhet lösningen erbjuder vid olika klimatscenarier. En möjlighet är att ha olika ”säkerhetsnivåer” för olika zoner i vår bebyggelse inom Sverige, inom en region eller inom en stadsdel. Ett förslag för ”säkerhetsnivåer” finns i denna förstudie och avser lösningar för översvämning och utgår från arbetet i Mistra Urban Futures,

## 9.2 Energieffektiva byggnader i ett framtida klimat

Även frågor kring energianvändningen av våra byggnader i ett framtida klimat har kommit fram inom ramen för detta projekt, även om fokus varit fuktsäkerhet. Frågor som framförallt lyfts är:

- Hur kan vi idag utforma våra bygganden för att även på sikt ha en effektiv energianvändning och god termisk komfort inne, t ex med hänsyn till scenarier med ett varmare klimat vintertid och tydligare extremväder med höga temperaturer sommartid? Vilka klimat skall byggnaderna dimensioneras för i närtid och på längre sikt? Finns lösningar som kan ge ett optimum för båda fallen? Även detta bör studeras för några pilotfall för orter som är representativa för olika klimatzoner.

## 9.3 Ytterligare frågeställningar till följd av ett framtida ändrat klimat

Andra aspekter, än de som berörts i denna förstudie, som bygg- och fastighetssektorn kan behöva ta hänsyn till som följd av framtida klimatscenarier är exempelvis

- ändrade snölast
- ökade/förändrade vindlast i samband med extremväder
- risken för ras och skred
- förändringar i ett områdes lämplighet för byggnation på grund av klimatförändringar
- brandsäkerhet i samband med torra perioder
- termisk komfort i samband med värmeböljor
- infrastruktur för till- och frångänglighet exempelvis i samband med översvämningar och oväder
- infrastruktur för vatten, dagvatten och avlopp som är tillräcklig eller har kompletterande lösningar i samband med översvämning och extremväder
- vattenkvalitet och rent vatten är också en viktig fråga med tanke på ändrat klimat. Hur kan vi exempelvis hushålla ytterligare med dricksvattnet i våra byggnader?
- varierande grundvattennivåer som bland annat påverkar grundläggningens förutsättningar och i en förlängning även byggnadens lufttäthet och vattentäthet



## 10 Sammanfattning och slutsatser

De scenarier som finns idag om Sveriges framtida klimat kommer att innebära ökade risker för fuktskador i våra byggnader om vi inte anpassar våra byggnader (nya och befintliga) för dessa förändringar. Speciellt viktigt är det att beakta riskerna med framtida klimat i samband med nyproduktion samt vid ombyggnad, för att undvika framtida dyra kompletteringar och ombyggnader.

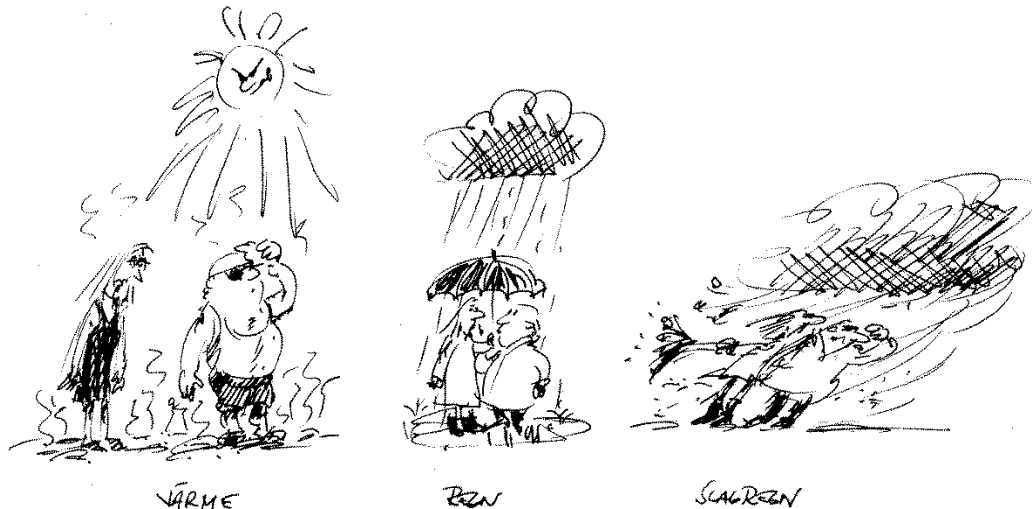


Bild 30. De klimatscenarier som vi framförallt fokuserat på i denna förstudie och som inverkar på byggnadens fuktsäkerhet är ökade regnmängder, ökad temperatur och ånghalt i luft. Skiss Erik Werner Tecknare AB.

Inom detta projekt presenteras några exempel på anpassningar som finns tillgängliga idag och som kan ge en inblick i de möjligheter vi har i bygg- och fastighetssektorn att agera och anpassa bebyggelsen. Det finns även en betydande potential för innovationer och ytterligare utveckling av hur byggnader kan anpassas och projektet lyfter några områden där detta sannolikt kan behövas.

Anpassningarna som behandlas i denna förstudie har grupperats inom områdena översvämning, ökad temperatur och luftfuktighet samt ökad förekomst av kraftiga regn. Slutsatsen är att byggsektorn kommit olika långt inom de tre anpassningsområden vi beaktat inom ramen för denna förstudie, och att det inom samtliga områden finns en potential till ytterligare insatser för anpassning.

- Inom översvämning, som också är det område som är mest uppenbart och där tydliga händelser visa på behov av anpassning, finns många gånger en medvetenhet om problemet och det finns också exempel på tekniska anpassningar som kan vidtas. Det är dock oklart om dessa möjligheter omsätts i praktiken i tillräcklig utsträckning. Sannolikt finns här också en potential för ytterligare utveckling av lösningar för att öka byggnaders fuktsäkerhet.
- Inom temperatur och luftfuktighet ser vi att byggsektorn redan idag har utmaningar med att bygga fuktsäkra konstruktioner och det finns redan problemområden som sektorn arbetar med att lösa såsom exempelvis kalla vindar, uteluftventilerade grunder och byggdelar där det läckt in eller byggts in fukt. Med en ökad temperatur blir förutsättningarna ännu mer gynnsamma för utveckling av mikrobiell tillväxt. Om byggnaden dessutom i delar eller i hela byggnaden kyls kommer även den relativa fuktigheten att öka i dessa kylda delar vilket även det är gynnsamt för mikrobiell tillväxt. För att byggnaderna skall

kunna vara fuktsäkra i en framtid med hänsyn till luftfuktighet och temperatur är det viktigt att byggsektorn har klimatdata för scenarier som man kan fuktsäkerhetsprojektera byggnader för. Dessa klimatdata har man inte tillgång till idag i de simuleringsprogram som används på marknaden.

- Inom anpassningsåtgärder för kraftiga regn och slagregn har branschen redan idag ett behov av att bygga kunskap kring dimensionering och utförande på plats för att minska risken för vatteninträngning. Det behövs en systemsyn på klimatskalets alla ingående delar. Redan idag finns det förbättringspotential inom området då det förekommer exempel på problem med inträngande vatten i samband med kraftiga regn, och än tydligare i kombination med kraftig vind. Ofta är exemplen orsakade av otätheter vid anslutningar, skarvar och genomföringar i klimatskalet.

Tabell 4. Framtida klimatändring med generell konsekvens- och åtgärdsbeskrivning.

	Konsekvens (fukt)	Möjlig åtgärd	Generellt
Högre temperatur	Behov av kylning inne sommartid, risk för påväxt	Materialanpassning, avfuktning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuktsäkerhetsprojektera</li> <li>• Följ upp och installera mätutrustning för att tidigt få reda på om något är fel</li> <li>• Beredskapsplan</li> </ul>
Högre ånghalt	Risk för påväxt generellt Risk för skador i vindar och krypgrunder	Materialanpassning, anpassning av konstruktioner	
Mer regn (och slagregn)	Fuktskador i tak och väggar	Kvalitetssäkrade konstruktioner	
Översvämningsrisk	Källare och väggar i nedervåningen skadas	Undvik att bygga i riskområden, skydda, förslut alternativt använd ”offervåning”	

## Källor

AUGUSTSSON, A. & ADOLFSSON, K. 2015. Fukttillstånd i olika ytterväggar med tre olika fasadsystem: En parameterstudie med Wufi.

BEAULIEU, P., BOMBERG, M., CORNICK, S., LACASSE, M. & AL., E. 2002. Final Report from Task 8 of MEWS Project (T8-03). Hygrothermal Response of Exterior Wall Systems to Climate Loading: Methodology and Interpretation of Results for Stucco, EIFS, Masonry and Sidingclad Wood-frame Walls. NRC: Institute for Research in Construction National Research Council Canada Ottawa, Canada.

Bengt EHNSTRÖM och Rune AXELSSON, Insektsnag i bark och ved, Artdatabanken SLU /G, 2001

Boverket, Byggnade i förändrat klimat. Bebyggelsens sårbarhet för klimatändringar och extrema väders påverkan,

Boverket, Byggnader i förändrat klimat. Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringar och extrema väders påverkan, 2007

Boverket, Miljö- och klimatanpassade byggregler, 2016.

EKLUND, A., AXÉN MÅRTENSSON, J., BERGSTRÖM, S., BJÖRCK, E., DAHNÉ, J., LINDSTRÖM, L., NORDBORG, D., OLSSON, J., SIMONSSON, L., SJÖKVIST, E. (2015). Sveriges framtida klimat, Underlag till Dricksvatten-utredningen. SMHI Klimatologi nr 14.

Fastighetsägarna, Är din fastighet klimatsäkrad? Fastighetsägare i ett förändrat klimat, 2015

GUSTAVSSON, B. 2009. Fönstermontage (SP rapport 2009:35). Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

HILLING, R. 1998. 220 Skolor - Skador och fel i skolbyggnader. Borås: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

ICONICS, 2013. Nakićenović N., Lempert R., and Janetos A (eds.). A Special Issue of Climatic Change journal on the Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research.  
<https://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics/publications/ssps>

IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I, Contribution to the IPCC 5th Assessment Report. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp

IVL, Svensk Försäkring, Klimatanpassning 2015 – så långt har kommunerna kommit

JOHANSSON P och CAPENER C-M. 2015. Missfärgning av byggnaders fasader. En kunskapsöversikt. SP Rapport 2015:10.

Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007

LOURENÇO, Avelar, CIRCLE-2 coordination, Adaption Inspiration Book - 22 implemented cases of local climate change adaptation to inspire European citizens, [www.circle-era.eu](http://www.circle-era.eu), 2013

- Länsstyrelsen i Värmland, Klimatändringar och kulturhistoriska byggnader i Värmland – anpassning genom förebyggande underhåll,
- Länsstyrelserna, Klimatanpassning i fysisk planering – vägledning från länsstyrelserna, 2012
- Miljösamverkan Västra Götaland, Handläggarstöd om dagvatten, 2014
- Mistra Urban Future, Klimatanpassad stadsstruktur: scenarier för framtida Frihamnen, 2011
- MSB, ”Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet - Framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå”
- MSB, Klimatförändringarnas konsekvenser för samhällsskydd och beredskap, Enöversikt, 2012
- NEVANDER, ELMARSSON, Fukthandboken, 2007
- NIK M.V., KALAGASIDIS A.S., KJELLSTRÖM E., 2012, Assessment of hygrothermal performance and mould growth risk in ventilated attics in respect to possible climate changes in Sweden
- NIK, Vahid, Hygrothermal Simulations of Buildings Concerning Uncertainties of the Future Climate, Chalmers 2012
- OLSHAMMAR, BARESEL; 2012; Vattenskador orsakade av baktryck i avloppssystem – erfarenheter, regler, hantering och tekniska lösningar
- OLSSON, L. 2014a. *Moisture Conditions in Exterior Wooden Walls and Timber During Production and Use*. Licentiate of engineering, Chalmers University of Technology.
- OLSSON, L. 2014b. Results from laboratory measurements of wind driven tightness in different types of facades. *10th Nordic Symposium on Building Physics*. Lund, Sweden.
- OLSSON, L. 2015. Long-time field moisture measurements in wooden walls with different types of façades: Focus on driving rain tightness. *6th International Building Physics Conference, IBPC 2015*. Torino, Italy.
- SAMUELSON, I. & JANSSON, A. 2009. Putsade regelväggar. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- SAMUELSON, I., MJÖRNELL, K. & JANSSON, A. Moisture damage in rendered, undrained, well insulated stud walls. Proc. 8th Symposium of Building Physics in the Nordic Countries, Copenhagen, 2008. 1253-1260.
- SANDIN, K. 1993. Skalmur med träregelstomme (T10:1993). Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- SJÖKVIST, E., AXÉN MÅRTENSSON, J., BERGGREN CLAUSEN, S., BERGLÖV, G., BJÖRCK, E., DAHNÉ, J., HALLBERG, K., KÖPLIN, N., NORDBORG, D., NYLÉN, L., TENGDELIUS BRUNELL, J., SÖDLING, J. (2015). Klimatscenarier för Sverige. SMHI Klimatologi nr 15.
- SKL, Klimatanpassning och nybyggnation- tips och råd från kommuner som visar vägen, 2015
- SKOPAL A., 2015, Klimatförändringen och dess effekt på byggnader. Hur kan fastighetsägare kartera riskerna?, Magister examensarbete, Lunds universitet, 2015 .

- SMHI, Klimatanpassningsportalen, [www.klimatanpassningsportalen.se](http://www.klimatanpassningsportalen.se)
- SMHI, Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning, [www.smhi.se/tema/nationellt-kunskapscentrum-for-klimatanpassning](http://www.smhi.se/tema/nationellt-kunskapscentrum-for-klimatanpassning)
- SMHI, Risker, konsekvenser och sårbarhet för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt
- SMHI Klimatologi Nr 37, Skyfallsuppdraget, 2015
- SMHI, Underlag för kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat, 2015
- SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, P-märkning av byggprodukter - Certifieringsregel 021. *Byggsystem för ytterväggar och fasader*, 2009
- STRAUBE, J. & BURNETT, E. F. P. 1999. Rain control and design strategies. *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, 23, 41-56.
- STRAUBE, J. F. 1998. *Moisture control and enclosure wall systems*. Doctoral, University of Waterloo.
- Svensk Försäkring, Vem tar ansvar för klimatanpassning? – klimatanpassning ur ett försäkringsperspektiv, Svensk Försäkrings rapportserie 2015:1
- Svenskt Vatten, Hållbar dag- och dränvattenhantering, publikation P105, 2011
- WERN, L., BÄRRING, L.(2011). Vind och storm i Sverige 1901-2010, SMHI Faktablad nr 51.
- WIDERBERG E., 2015, Hantering, sårbarheter & anpassning till ett föränderligt klimat i Lunds kommun, Magister examensarbete, Lunds universitet.
- WOODBURY, C. 2009. Stucco in New Residential Construction - A Position Paper Includes - Updates to Original Information. *In: DIVISION, B. I. (ed.)*. Woodbury, Minnesota: City of Woodbury

### **SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**

SP-koncernens vision är att vara en internationellt ledande innovationspartner. Våra 1 400 medarbetare, varav över hälften akademiker och cirka 380 med forskarutbildning, utgör en betydande kunskapsresurs. Vi utför årligen uppdrag åt fler än 10 000 kunder för att öka deras konkurrenskraft och bidra till hållbar utveckling. Uppdragen omfattar såväl tvärtekniska forsknings- och innovationsprojekt som marknadsnära insatser inom provning och certifiering. Våra sex affärsområden (IKT, Risk och Säkerhet, Energi, Transport, Samhällsbyggnad och Life Science) svarar mot samhällets och näringslivets behov och knyter samman koncernens tekniska enheter och dotterbolag. SP-koncernen omsätter ca 1,5 miljarder kronor och ägs av svenska staten via RISE Research Institutes of Sweden AB.



### **SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

[www.sp.se](http://www.sp.se)

Mer information om SP:s publikationer: [www.sp.se/publ](http://www.sp.se/publ)

SP Rapport 2016:86

ISBN 978-91-88349-75-0

ISSN 0284-5172

PART OF **RISE**