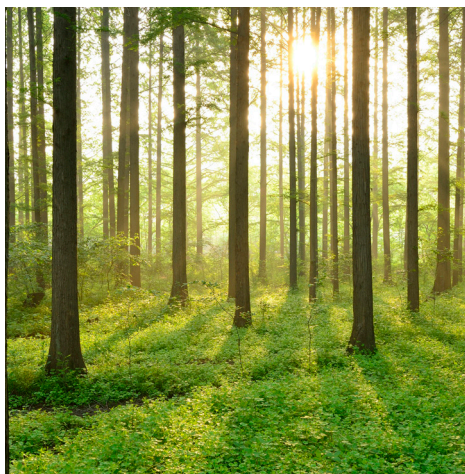


# KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS INVERKAN PÅ BIOENERGI

RAPPORT 2021:739





# Klimatförändringarnas inverkan på bioenergi

JULIA HANSSON  
SOFIE HELLSTEN  
JENNY GODE  
ERIK KJELLSTRÖM  
GUSTAV STRANDBERG

ISBN 978-91-7673-739-2 | © Energiforsk mars 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)



## Förord

År 2020 var det varmaste året i Europa och jordens medeltemperatur låg på samma höga rekordnivå som 2016. De globala utsläppen av växthusgaser fortsätter att öka och vi rör oss mot en global temperaturhöjning på över tre grader mot slutet av seklet. Effekterna blir oåterkalleliga om vi inte lyckas bryta utvecklingen.

I den arktiska regionen, som norra Sverige tillhör, går uppvärmningen betydligt snabbare och vi ser redan effekter av detta. Den ökade temperaturen påverkar både naturmiljön och samhället och därigenom det svenska energisystemet med allt större inslag av förnyelsebar energi. Det leder bland annat till förändrade produktionsförutsättningarna för olika energislag och att energisystemet blir mer sårbart.

I projektet *Klimatförändringars konsekvenser för energisystemet* har Energiforsk samlat ett 15-tal forskare och analytiker från Chalmers Tekniska Högskola, IVL Svenska Miljöinstitutet, Profu och SMHI för att fördjupa kunskapen om klimatförändringarnas påverkan på det svenska energisystemet och vilka åtgärder som krävs för att minska de negativa effekterna. Projektet har genomförts Julia Hansson och Sofie Hellsten på IVL, Jenny Gode på Profu och Erik Kjellström och Gustav Strandberg på SMHI i nära samverkan med representanter från berörda delar av energisektorn, forskningsorganisationer, myndigheter, försäkringsbolag med flera.

Energiforsk vill rikta ett stort tack dels till medverkande forskare, dels till alla medverkande i projektets styrgrupp och i olika arbetsgrupper. Sammantaget har över hundra personer från ett 50-tal organisationer bidragit till projektets genomförande. Energiforsk vill också riktat ett särskilt tack till projektets finansiärer vilka är C4 Energi, Energimyndigheten, E.ON Sverige, Fortum Sverige, Göteborg Energi, If, Jämtkraft, Karlstads Energi, Skellefteå Kraft, Stiftelsen IVL, Svenska kraftnät, Söderenergi, Tekniska verken i Linköping, TVO, Uniper, Vattenfall, ÅForsk.

Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.



## Sammanfattning

**Det är troligt att bioenergisektorn kommer att påverkas av den fortsatta klimatförändringen. För bioenergi innebär klimatförändringarna både möjlighet till ett ökat utbud av biomassa till biobränslen men även ökad risk för aspekter som kan begränsa potentialen. Den möjliga ökade tillväxten i skogen är central men skogsskador som till exempel granbarkborreangrepp och skogsbränder är också viktiga.**

Ökad kunskap om hur klimatförändringarna kan komma att påverka den svenska energisektorn behövs. I denna studie har ny kunskap om framtida klimatförändringar i Sverige använts för att analysera vilken påverkan klimatförändringar skulle kunna få för den svenska bioenergisektorn, med fokus på skogsbaserade biobränslen. De viktigaste väder- och klimatrelaterade faktorerna ur ett bioenergiperspektiv är temperatur, vegetationsperiodens längd, nederbörd och vind. Klimatförändringarna kan påverka ett flertal aspekter som har betydelse för bioenergipotentialen från skogen: tillväxten, stormfällning, skogsbränder, viltskador, snöskador, angrepp av skadedjur och skadesvampar (som granbarkborrar och rotröta), markförhållanden och lagringsförhållanden för biobränslen. Dessa aspekter leder till olika konsekvenser för bioenergisektorn genom påverkan på faktorer som ökad/minskad tillväxt, försämrad virkeskvalitet, ökat utbud, ojämn tillgång, möjlighet till uttag, ökat lagringsbehov och brandrisk.

För bioenergi innebär klimatförändringarna alltså både möjlighet till ett ökat utbud av biomassa till biobränslen men även ökad risk för aspekter som kan begränsa potentialen. En längre växtsäsong gynnar tillväxten i skogen vilket kan möjliggöra ett ökat uttag och därmed även mer biobränslen. Samtidigt leder klimatförändringarna till en ökad risk för skador på skogen och dessa kan ibland både leda till ökad och minskad potential för bioenergi.

Det är troligt att bioenergisektorn kommer att påverkas av den fortsatta klimatförändringen eftersom klimatförändringssignalen är tydlig för de relevanta klimatparametrarna. Den förväntade påverkan för de olika konsekvenserna bedöms variera betydligt. Det finns konsekvenser som förväntas leda till en relativt stor påverkan (främst ökad direkt tillväxt), andra som kan leda till ganska stor potentiell påverkan (granbarkborreangrepp, skogsbränder, ändrade markförhållanden och viltskador) medan det bedöms mindre troligt att övriga konsekvenser blir betydande för bioenergisektorn.

Bioenergibranschen behöver agera eller förbereda sig för i princip samtliga konsekvenser av klimatförändringarna. Skogsskötsel som anpassas till klimatförändringarna, till exempel genom trädslagsval, är en viktig åtgärd. Bioenergibranschens förmåga att hantera och anpassa sig till effekterna av klimatförändringarna bedöms som goda. Inom flera områden vidtas redan åtgärder i olika utsträckning eftersom konsekvenserna inte är nya. Överlag finns dock ett stort behov av fortsatt arbete och forskning kring åtgärder för att både minska negativa effekter och bidra till positiva konsekvenser av klimatförändringarna för bioenergisektorn, främst ur ett skogsperspektiv.

## Sökord

bioenergi, biobränslen, klimatförändringar, tillväxt, klimat, åtgärder, potential, skog, temperatur, energisystem, konsekvenser, risk, sårbarhet

## Summary

**It is likely that the bioenergy sector will be affected by the continued climate change. For bioenergy, climate change means both the possibility of an increased supply of biomass for biofuels but also an increased risk of aspects that may limit the potential. The likely increased forest growth is central, but forest damage such as bark beetle infestations and forest fires are also important.**

Increased knowledge of how climate change may affect the Swedish energy sector is needed. In this study, new knowledge about future climate change in Sweden has been applied to analyze the impact that climate change could have on the Swedish bioenergy sector, with a focus on forest-based biofuels. The most important climate parameters from a bioenergy perspective are temperature, length of vegetation period, precipitation and wind. Climate change can affect several aspects that are important for the bioenergy potential of the forest: growth, stormfelling, forest fires, game damage, snow damage, pest and fungal infestations (such as bark beetles and root rot), soil conditions and storage conditions for biofuels. These aspects lead to different consequences for the bioenergy sector through the impact on factors such as increased / reduced growth, deteriorating timber quality, increased supply, uneven supply, possibility of extraction, increased storage needs and fire risk.

For bioenergy, climate change thus means both the possibility of an increased supply of biomass for biofuels but also an increased risk of aspects that may limit the potential. A longer growing season benefits forest growth, which can enable increased extraction and thus also more biofuels. At the same time, climate change leads to an increased risk of damage to the forest which can sometimes lead to increased and reduced potential for bioenergy.

It is likely that the bioenergy sector will be affected by the continued climate change as the climate change signal is clear for the relevant weather and climate related factors. The expected impact on the various consequences is deemed to vary significantly. There are consequences that are expected to lead to a relatively large impact (mainly increased direct forest growth), others that can lead to a fairly large potential impact (bark beetle outbreaks, forest fires, changed soil conditions and game damage) while other consequences are considered to be less important for the bioenergy sector.

The bioenergy industry needs to act or prepare for, in principle, all the consequences of climate change. Forest management that is adapted to climate change, for example through the choice of tree species, is an important measure. The bioenergy industry's ability to manage and adapt to the effects of climate change is considered good. Measures are already being taken to varying degrees in several areas, as the consequences are not new. Overall, however, there is a great need for continued work and research on measures to both reduce negative and contribute to the positive consequences of climate change for the bioenergy sector, primarily from a forest perspective.



# Innehåll

|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inledning</b>                                                   | <b>9</b>  |
| 1.1      | Bakgrund                                                           | 9         |
| 1.2      | Bioenergins roll i det svenska energisystemet – Nu och i framtiden | 10        |
| 1.3      | Metod                                                              | 10        |
| 1.3.1    | Systemgränser och avgränsningar                                    | 12        |
| <b>2</b> | <b>Klimatförändringar</b>                                          | <b>14</b> |
| 2.1      | Om klimatscenarierna                                               | 14        |
| 2.2      | Klimatscenarier för Bioenergi                                      | 17        |
| <b>3</b> | <b>Konsekvenser, risker och åtgärder</b>                           | <b>19</b> |
| 3.1      | Sammanfattande bild över konsekvenser och tillhörande klimatindex  | 19        |
| 3.2      | Sammanfattande bild över Riskbedömningen                           | 25        |
| 3.3      | Direkt påverkan på tillväxt (ökad och minskad)                     | 27        |
| 3.3.1    | Identifierade konsekvenser                                         | 27        |
| 3.3.2    | Beskrivning av konsekvens                                          | 27        |
| 3.3.3    | Bedömning av framtida klimat                                       | 28        |
| 3.3.4    | Konsekvensbedömning                                                | 29        |
| 3.3.5    | Åtgärder                                                           | 30        |
| 3.4      | Stormfällning                                                      | 31        |
| 3.4.1    | Identifierade konsekvenser                                         | 31        |
| 3.4.2    | Beskrivning av konsekvens                                          | 32        |
| 3.4.3    | Bedömning av framtida klimat                                       | 32        |
| 3.4.4    | Konsekvensbedömning                                                | 33        |
| 3.4.5    | Åtgärder                                                           | 34        |
| 3.5      | Granbarkborre- och andra skadedjursangrepp                         | 34        |
| 3.5.1    | Identifierade konsekvenser                                         | 35        |
| 3.5.2    | Beskrivning av konsekvens                                          | 35        |
| 3.5.3    | Bedömning av framtida klimat                                       | 37        |
| 3.5.4    | Konsekvensbedömning                                                | 37        |
| 3.5.5    | Åtgärder                                                           | 38        |
| 3.6      | Skogsbränder                                                       | 39        |
| 3.6.1    | Identifierade konsekvenser                                         | 39        |
| 3.6.2    | Beskrivning av konsekvens                                          | 40        |
| 3.6.3    | Bedömning av framtida klimat                                       | 40        |
| 3.6.4    | Konsekvensbedömning                                                | 41        |
| 3.6.5    | Åtgärder                                                           | 42        |
| 3.7      | viltskador                                                         | 42        |
| 3.7.1    | Identifierade konsekvenser                                         | 42        |
| 3.7.2    | Beskrivning av konsekvens                                          | 43        |
| 3.7.3    | Bedömning av framtida klimat                                       | 43        |

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.7.4    | Konsekvensbedömning                                           | 44        |
| 3.7.5    | Åtgärder                                                      | 44        |
| 3.8      | rotröta och andra skadesvampar                                | 44        |
| 3.8.1    | Identifierade konsekvenser                                    | 45        |
| 3.8.2    | Beskrivning av konsekvens                                     | 45        |
| 3.8.3    | Bedömning av framtida klimat                                  | 45        |
| 3.8.4    | Konsekvensbedömning                                           | 46        |
| 3.8.5    | Åtgärder                                                      | 46        |
| 3.9      | ändrade markförhållanden påverkar möjligheten för uttag       | 47        |
| 3.9.1    | Identifierade konsekvenser                                    | 47        |
| 3.9.2    | Beskrivning av konsekvens                                     | 47        |
| 3.9.3    | Bedömning av framtida klimat                                  | 47        |
| 3.9.4    | Konsekvensbedömning                                           | 48        |
| 3.9.5    | Åtgärder                                                      | 49        |
| 3.10     | Snöskador                                                     | 50        |
| 3.10.1   | Identifierade konsekvenser                                    | 50        |
| 3.10.2   | Beskrivning av konsekvens                                     | 51        |
| 3.10.3   | Bedömning av framtida klimat                                  | 51        |
| 3.10.4   | Konsekvensbedömning                                           | 52        |
| 3.10.5   | Åtgärder                                                      | 52        |
| 3.11     | Eventuell påverkan på Lagringsförhållanden                    | 52        |
| 3.11.1   | Identifierade konsekvenser                                    | 53        |
| 3.11.2   | Beskrivning av konsekvens                                     | 53        |
| 3.11.3   | Bedömning av framtida klimat                                  | 53        |
| 3.11.4   | Konsekvensbedömning                                           | 54        |
| 3.11.5   | Åtgärder                                                      | 54        |
| 3.12     | Klimatförändringarnas påverkan på biobränslen från jordbruket | 55        |
| <b>4</b> | <b>Strategi för anpassning och åtgärder</b>                   | <b>56</b> |
| <b>5</b> | <b>Diskussion</b>                                             | <b>59</b> |
| <b>6</b> | <b>Slutsatser</b>                                             | <b>62</b> |
| <b>7</b> | <b>Referenser</b>                                             | <b>66</b> |
| <b>8</b> | <b>Bilagor</b>                                                | <b>72</b> |
|          | Bilaga 1 – Specifika klimatindex FÖR RESpektive KONsekvens    | 72        |
|          | BILAGA 2 – underlag till konsekvensbedömningarna              | 74        |
|          | Bilaga 3 - Granbarkborre- och andra skadedjur                 | 77        |

# 1 Inledning

**Den globala uppvärmningen påverkar jordens klimat i olika grad på olika ställen. Klimatförändringarna medför både möjligheter och utmaningar för bioenergisektorn. Denna studie har som mål att beskriva och analysera de viktigaste konsekvenserna för bioenergisektorn med fokus på skogsbaserade biobränslen.**

## 1.1 BAKGRUND

I Parisavtalet fastslås att den globala temperaturökningen ska begränsas till under 2°C över förindustriell nivå, med strävan efter max 1,5°C. Samtidigt har temperaturen redan stigit med över en grad. På våra nordliga breddgrader går klimatförändringarna snabbare och temperaturökningen är kraftigare. Ökad temperatur driver andra klimatförändringar såsom förändrad nederbörd, vind och molnighet. Klimatförändringarna kommer att påverka energisektorn på olika sätt. Energisystemets sårbarhet ökar samtidigt som produktionsförutsättningarna för olika energislag förändras. Elnätet påverkas och användningen av el, värme och kyla förändras.

I Energiforsksprojektet "*Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet*" har Profu, SMHI, IVL Svenska Miljöinstitutet och Chalmers Tekniska Högskola tillsammans analyserat hur ett förändrat klimat kan påverka energisektorn. Projektet har omfattat påverkan på vattenkraft, vindkraft, kärnkraft, bioenergi, elnät samt energianvändning, fjärrvärme och fjärrkyla.

Analyserna har utgått från klimatscenarier och energisystemscenarier för att beakta förväntad utveckling av såväl energisystemet som klimatet i framtiden. SMHI har tagit fram en mängd klimatindex för att beskriva hur väder- och klimatrelaterade faktorer kan ändras vid temperaturnivåer på +1,5°C, +2,0°C, +3,0°C och +4,0°C över förindustriell tid. Dessa sammanfattas i en separat Energiforskrapport (Kjellström m.fl., 2021), medan de klimatindex som är relevanta för det energislag som behandlas i denna rapport, nämligen bioenergi, beskrivs i kommande avsnitt.

Denna rapport är en delrapport från projektet och fokuserar på hur klimatförändringar kan påverka bioenergins förutsättningar. Klimatförändringarna medför både möjligheter och utmaningar för bioenergisektorn och denna studie har som mål att beskriva och analysera de viktigaste konsekvenserna. Arbetet bygger delvis vidare på tidigare analyser av konsekvenser för bränsleförsörjningen och energisektorn av klimatförändringar i Gode och Holmgren (2007) och Gode m.fl. (2007). Övriga delrapporter för andra energislag från detta projekt finns att ladda ner från Energiforsks hemsida.

## 1.2 BIOENERGINS ROLL I DET SVENSKA ENERGISYSTEMET – NU OCH I FRAMTIDEN

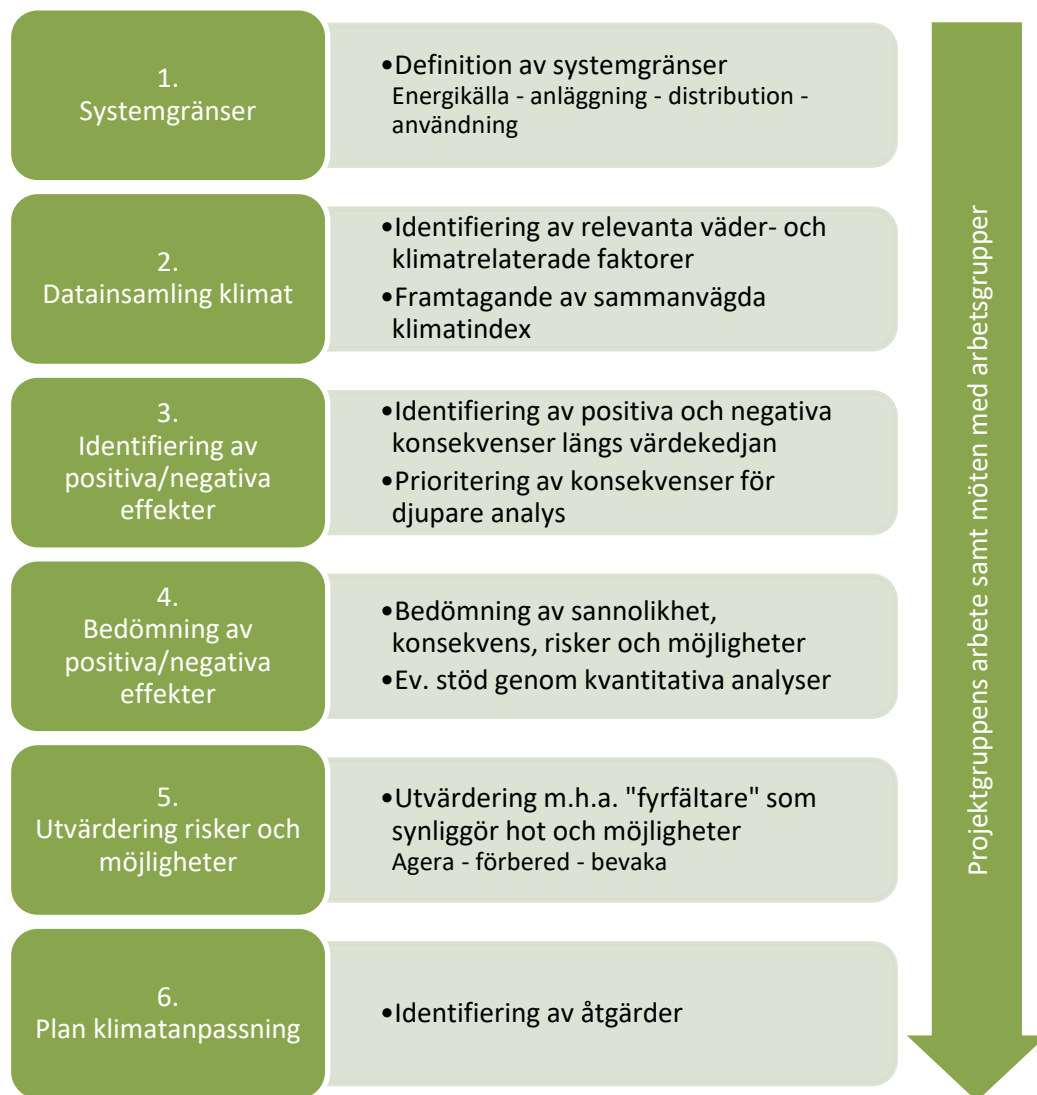
Den totala biobränsleanvändningen i Sverige (inklusive i transportsektorn) uppgick 2018 till cirka 141 TWh, vilket motsvarade 38 procent av den totala energianvändningen (Energimyndigheten, 2020). Ungefär 70 % av dagens bioenergianvändning kommer från skogen (Lundmark, 2020) och de största användarna av skogsbränsle är skogsindustrin (massa- och pappersbruk och sågverk), fjärr- och kraftvärmeverk och småhussektorn (Energimyndigheten, 2020).

Vad gäller bioenergins roll i det framtida svenska energisystemet till 2050 så är slutsatserna från flera analyser att det inte förväntas bli så stora skillnader i biobränsleanvändning för el och fjärrvärme jämfört med idag utan nuvarande nivå förväntas kvarstå (Energimyndigheten, 2018; Energimyndigheten, 2019; NEPP, 2019). En ökad efterfrågan på bioenergi och biomassa förväntas snarast från andra sektorer såsom transporter och industri för att ersätta fossila bränslen samt för material i till exempel byggnader. Om koldioxidinfångning och lagring av biobaserad koldioxid (BECCS) börjar tillämpas i Sverige kan detta också ge en viss ökad efterfrågan. Det finns dock scenarier som redovisar en något annan bild med till exempel ökad efterfrågan på biobränslen även för elproduktion men som också ser en betydande ökning från industri och transporter (Svebio, 2020).

Mer om vad olika studier säger om utvecklingen för olika energislag, inklusive bioenergi, finns att läsa i en separat PM framtaget inom projektet (Hagberg & Unger, 2021). Oavsett scenario så förväntas bioenergi fortsatt utgöra en viktig del av det framtida svenska energisystemet och det är därmed högst relevant att bättre förstå hur klimatförändringarna påverkar förutsättningarna för bioenergin.

## 1.3 METOD

Figur 1 sammanfattar på övergripande nivå den metodik som använts i projektet. Metodiken har inspirerats av en risk- och sårbarhetsmetodik som VTT i Finland utvecklade 2008 inom ramen för ett nordiskt forskningsprojekt kring konsekvenser för energisystemet av klimatförändringar (Molarius m.fl., 2008). Denna metodik har sedan vidareutvecklats under projektets gång och ett flertal verktyg och mallar har tagits fram och anpassats till det övergripande projektets olika delstudier.



Figur 1. Övergripande metodik för projektet som använts för de flesta energislag. Viss iteration har skett mellan de olika delmomenten under projektets gång. Metodiken är en vidareutvecklad version av en risk- och sårbarhetsanalys som VTT i Finland tagit fram (Molarius m.fl., 2008). Molarius m.fl. inkluderade även som ytterligare steg i sin metodik genomförande av anpassningsplan, vilket inte har ingått i detta projekt.

En kort beskrivning av metodiken som den tillämpats för bioenergi följer. Efter att systemet för respektive energislag definierats (Figur 2), identifieras de klimatparametrar som är relevanta för respektive energislag. Sedan identifieras och beskrivs de konsekvenser som förändringar av de relevanta klimatparametrarna skulle kunna resultera i. Både potentiellt positiva och negativa konsekvenser ingår. Konsekvenserna kategoriseras utefter om de innebär en risk eller ökad potential samt om de är att betrakta som långsiktig förändring eller plötslig händelse (eller både och).

Parallellt bestäms de klimatindex (ofta en kombination av klimatindex) som påverkar respektive konsekvens. En beskrivning av de sammanvägda klimatindexen görs innehållandes en bedömning för hur troligt det är att en förändring

av klimatindex och klimatparameter kommer att ske. Denna bedömning baseras på klimatmodeller (Kjellström m.fl., 2021).

En bedömning av sannolikheten för att respektive konsekvens blir betydande (inom loppet av 20 år givet att klimatförändringen inträffar i någon form) utförs sedan. Resultatet av de kombinerade bedömningarna av sannolikheterna för klimatförändringar och konsekvenser presenteras i en figur, kallad "fyrfältare". Baserat på denna diskuteras risker, hot och möjligheter för energislaget utefter vilken handling som behövs (agera, förbereda, bevaka) för respektive konsekvens. Slutligen identifieras och beskrivs möjliga åtgärder.

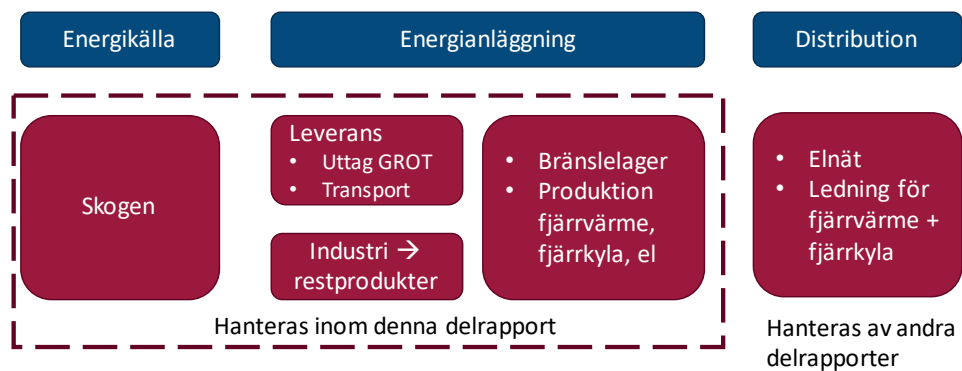
Analyserna av konsekvenser, risk, sårbarhet och åtgärder har genomförts av projektgruppen i nära samarbete med en arbetsgrupp med experter kring bioenergi från energiföretag, myndigheter, branschorganisationer, forskare med mera tillsatt inom ramen för projektet. Arbetsgruppen har träffats tre gånger och har aktivt bidragit till arbetet, till exempel med förslag till prioritering och diskussion av konsekvenser, bedömning av sannolikheten för olika konsekvenser och till identifiering av åtgärder. Diskussionerna med arbetsgrupperna har sålunda varit mycket värdefulla för projektet och ligger till grund för delar av analysen.

### 1.3.1 Systemgränser och avgränsningar

För bioenergi ingår energikällan och vissa delar kopplat till energianläggning (framförallt uttag för bioenergiändamål, transport och lagring av biobränsle och produktionsanläggning) i analysen, medan övriga delar kopplat till distribution (till exempel elnät), användning och produktion av fjärrvärme och fjärrkyla (till exempel påverkan på efterfrågan av fjärrvärme, fjärrkyla och el) analyseras och täcks in av andra delrapporter (se Figur 2 som beskriver systemgränserna för bioenergianalysen). Betydande geografiska skillnader i påverkan av klimatförändringar beskrivs i analysen men analyser av enskilda anläggningars förutsättningar ingår inte i detta arbete.

I dagsläget domineras den svenska användningen av biobränsle för el- och värmeproduktion av skogsbaserad råvara, vilken även i framtiden förväntas spela en viktig roll. Fokus i denna rapport är därmed just på skogsbaserad råvara. Även jordbruksbaserade biobränslen (energiskog, energigrödor, halm och andra restprodukter) förväntas dock spela en viktig roll i framtiden och har potential att öka betydligt jämfört med idag (se till exempel Svebio, 2020). Hur biobränslen från jordbruket kan komma att påverkas av klimatförändringarna beskrivs emellertid bara kortfattat i denna rapport och har inte analyserats med den metodik som beskrivs i Figur 1. Det betyder inte att det är mindre intressant att studera utan beror på att det inte funnits utrymme för det i detta projekt.





Figur 2. Systemgränser för analysen av bioenergi.

Samtliga konsekvenser som identifierats kopplat till bioenergisektorn har bedömts med samma metodik inom ramen för detta projekt. Drygt tio konsekvenser bedömdes baserat på underlaget från en workshop med arbetsgruppen för bioenergi och resterande med hjälp av en efterföljande enkät till samma personer (som fick nästan lika stor svarsfrekvens). Resultatet för samtliga redovisas i denna rapport och den lika detaljerade analysen av de konsekvenser som inte ingick på workshopen är att betrakta som del av fördjupade analyser som genomförts kopplat till detta energislag. Utöver detta har även klimatförändringarnas påverkan på angrepp av granbarkborre och andra skadedjur analyserats lite extra (fördjupningen redovisas i Bilaga 2).

## 2 Klimatförändringar

**Ny kunskap om framtida klimatförändringar har tagits fram baserat på klimatscenarier. De klimatparametrar som har störst betydelse ur ett bioenergiperspektiv är temperatur, vegetationsperiodens längd, nederbörd och vind. Det är överlag troligt eller mycket troligt att de klimatförändringar som påverkar konsekvenserna för bioenergisektorn kommer att ske. Det är därmed troligt att bioenergisektorn kommer att påverkas av den fortsatta klimatförändringen.**

### 2.1 OM KLIMATSCENARIERNA

Den pågående globala uppvärmningen har gjort att den globala medeltemperaturen idag ökat med nästan 1,2°C jämfört med förindustriell tid (WMO, 2020). Klimatförändringarna märks redan även i Sverige och temperaturökningen här är väsentligt större än den vi ser i det globala medelvärdet. För perioden 1991–2019 jämfört med 1861–1900 har Sveriges medeltemperatur ökat med 1,7°C, motsvarande siffra för den globala medeltemperaturen är 0,8°C. Den globala uppvärmningstakten är nu 0,2°C/årtionde. Vid fortsatt uppvärmning i samma takt kommer den globala temperaturen att överskrida +1,5°C jämfört med förindustriell tid någon gång mellan 2030 och 2052 och +2°C ytterligare 20–30 år senare (IPCC, 2018).

Hur stor uppvärmningen faktiskt blir, särskilt i ett tidsperspektiv på mer än 30 år, beror på framtidens utsläpp av växthusgaser och på klimatsystemets känslighet. Större utsläpp ger större uppvärmning och betyder att en viss uppvärmningsnivå nås snabbare än med mindre utsläpp. Beroende på hur stora utsläppen blir kan den globala uppvärmningen i slutet av seklet hamna på 1,5–5°C (IPCC, 2013; IPCC, 2018).

Den här rapporten fokuserar på +1,5°C och +2°C jämfört med förindustriell tid. Vi har också analyserat ytterligare uppvärmningsnivåer: +2,5°C, +3°C, +3,5°C och +4°C. Resultaten visar att klimatförändringssignaler blir större vid högre uppvärmningsnivåer. Detta medför generellt mer omfattande konsekvenser. I vissa fall kan konsekvensernas natur ändras vid högre uppvärmningsnivåer.

Här ger vi en kort generell inledning till hur klimatförändringen under det senaste seklet sett ut och vad som kan förväntas under resten av seklet. För mer utförliga beskrivningar se rapporten om klimatförändringar (Kjellström m.fl., 2021). Resultat från det här forskningsprojektet kommer att användas i SMHIs nya webbaserade klimatscenariotjänst som lanseras 2021. Det rekommenderas att undersöka i vilken grad motsvarande index som finns i den här rapporten har uppdaterats med nyare material.

Både de observerade och de simulerade temperaturförändringarna för framtiden är generellt större över kontinenterna än över haven och allra störst är den i Arktis där minskad utbredning av snö och is förstärker förändringarna och leder till ännu högre temperaturökning. Sveriges nordliga läge, med snö och is under vinter-

halvåret, gör att klimatförändringen redan är högst märkbar här. Generellt väntar vi oss därför fortsatt ökad medeltemperatur främst för vinterhalvåret men även under sommaren. Särskilt väntas vintersäsongen bli kortare och sommaren längre vilket är något som redan nu har observerats.

Även nederbörds klimatet ändras när den globala medeltemperaturen ökar. Eftersom högre temperatur betyder att luften kan innehålla mer vattenångor sker större avdunstning från hav, sjöar och vattendrag men också från fuktiga markytor och vegetation. Mer vatten i kretsloppet betyder också mer nederbörd vilket för Sveriges del innebär ökad nederbörd främst under vinterhalvåret, då med ökat inslag av regn och mindre snöfall i allmänhet. Även under sommaren pekar scenarierna generellt på ökad nederbörd men eftersom sommarnederbörden väntas minska längre söderut över Europa är det mer osäkert om huruvida det kommer att bli en nederbördsökning eller inte i de södra delarna av landet. Den större avdunstningen i ett varmare klimat leder också till ökad risk för torrare markförhållanden, särskilt under nederbördsfattiga år.

Sveriges klimat är präglad av en mycket stor variabilitet mellan varma och kalla år och mellan mer eller mindre nederbördsrika år. Den typen av variabilitet som vi observerar idag har funnits även tidigare och väntas också finnas kvar i ett framtida varmare klimat med förskjutningar mot allt varmare förhållanden och med ändringar i nederbörd enligt ovan. Många av förändringarna som är att vänta påverkar inte bara medelvärden över längre perioder som år, säsong eller månad utan kan också påverka kortare förlopp som till exempel ändrad intensitet hos kortvariga skyfall. Det här gör att många väderrelaterade extremer också förväntas ändras i ett varmare klimat. Några exempel är: ökad risk för intensiva skyfall och ökad nederbörd i samband med frontsystem och lågtryck, ökad risk för värmeböljor och höga temperaturer, minskad risk för köldknäppar och låga temperaturer.

Klimatinformationen i den här rapporten baseras på resultat från simuleringar med ett stort antal regionala klimatmodeller från EURO-CORDEX (Jacob et al., 2014) där beräkningarna har gjorts på ett beräkningsgrid med 12,5x12,5 km horisontell upplösning för Europa och stora delar av Nordatlanten. De regionala modellerna har tagit drivdata från ett antal globala klimatmodeller från CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) som låg till grund för mycket av resultaten bakom FN:s klimatpanels femte utvärderingsrapport (IPCC, 2013). Sammanlagt har en ensemble om upp till 65 klimatsimuleringar använts för analyserna. För vissa undersökta index har materialet varit begränsat till dryga 10-talet simuleringar då data från flera modeller saknats. Syftet med att inkludera många modeller och simuleringar är att på ett systematiskt sätt kunna beskriva några av de källor till osäkerhet som finns vad gäller framtida klimatförändringar.

För att identifiera vid vilken tidpunkt olika uppvärmningsnivåer nås har vi använt den globala medeltemperaturen i de globala klimatmodellerna. Där beräknar vi först löpande 30-årsmedelvärden och identifierar sen den första 30-årsperiod varvid temperaturökningen når upp till de olika uppvärmningsnivåerna i förhållande till 1861–1890. På så sätt kan vi jämföra delvis olika tidsperioder från olika klimatmodeller eftersom den globala uppvärmningen är samma i båda. I projektet har vi använt 1971–2000 som referensperiod mot vilket vi jämför de olika

uppvärmningsnivåerna. Eftersom vi nu omkring 2020 redan är på god väg mot +1,5°C och på sikt +2°C har en del av de klimatförändringssignaler vi presenterar redan inträffat. För +1,5°C-nivån handlar det om drygt 60% och för +2°C-nivån drygt 40%. Dessa mått skall ses som en grov uppskattning av hur stor del av den förväntade klimatförändringssignalen som vi redan har upplevt. Den globala medeltemperaturen är olika i början respektive slutet av 30-årsperioderna för respektive +1,5°C och +2°C vilket betyder att de analyserade perioderna som regel inte är beskrivningar av ett stationärt klimat.

I arbetet har vi tagit fram information för olika väder- och klimatrelaterade faktorer. Eftersom dessa är mer eller mindre komplexa har modellerna olika möjlighet att beskriva dem med olika detaljgrad. Vi har därför använt en rad olika variabler från modellerna som representerar värden för t ex temperatur, nederbörd eller luftfuktighet. Utifrån variablernas värde på dygnsbasis har vi beräknat en rad klimatindex. Dessa kan vara antingen enkla medelvärden motsvarande max- eller minvärde för variabeln i fråga. Det kan också vara frågan om mer komplicerade index som t ex hur många dagar i följd temperaturen varit över en viss nivå, eller hur många dagar på året som det finns snö på marken. Klimatindexen beskrivs i detalj i (Kjellström m.fl., 2021). För en del väder- och klimatrelaterade faktorer finns inga klimatindex som direkt kan svara på frågan om hur klimatförändringen kan påverka energisystemet. I sådana fall har vi gjort bedömningar genom att väga samman flera index. T ex kan kombinationen av klimatindex för "effektiv nederbörd" (nederbörd minus avdunstning), "längsta torrperiod" (antal dagar utan nederbörd) och "värmebölja" (antal varma dagar i följd) användas för att beskriva torka och därigenom diskutera risken för skogsbränder.

Klimatindexen presenteras i kartor och diagram. Kartor har tagits fram för hela Europa och hela Skandinavien där fördelningen visas för varje enskild 12,5x12,5 km<sup>2</sup> gridruta i modellerna och dels specifikt för Sverige i de av SMHI använda väderprognosdistrikten. Väderprognosdistrikten har valts eftersom de motsvarar regioner i Sverige med olika väder och klimat som till exempel skillnader mellan västra och östra Götaland i söder vilket till stor del påverkas av Sydsvenska höglandet och skillnader mellan fjälltrakter, inland och kusttrakter i Norrland. Utöver de 15 traditionella prognosdistrikten har vi också tagit fram data för själva kustzonen uppdelat på tre delar samt för de stora sjöarna.

Figurerna visar simulerade klimatförhållanden under en referensperiod, satt till 1971–2000, och vid olika uppvärmningsnivåer, samt skillnaden mellan framtida uppvärmningsnivåer och 1971–2000. Utöver förändring i ensemblmedelvärde visar vi också på spridningen inom ensemblen definierad som interkvartilavståndet (IQR) mellan 25- och 75-percentilerna. Spridningen i resultat mellan enskilda år för de olika simuleringarna skiljer sig mellan olika modeller. Modellerna uppvisar delvis olika klimat och klimatförändringssignal, både vad gäller absolutvärden och spridning mellan åren.

När vi sammanställer resultaten har vi använt följande terminologi:

- "mycket troligt" i vilket vi lägger att det finns en entydig signal och att bedömningen görs baserat på ett stort antal projektioner

- "troligt" där vi ser en relativt entydig signal baserat på relativt många projektioner
- "mindre troligt" där vi ser en liten signal baserat på många projektioner
- "osäkert" där vi antingen ser olika signaler eller har bara ett fåtal projektioner att tillgå.

I alla fyra fallen kan också annan information utöver de EURO-CORDEX-simuleringar som beskrivs här användas för att bedöma huruvida en viss förändring är trolig eller ej.

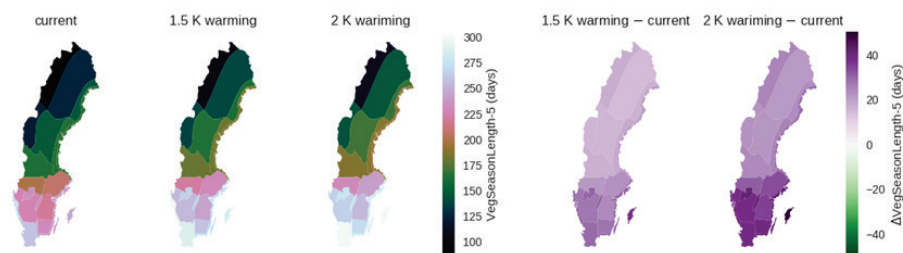
## 2.2 KLIMATSCENARIER FÖR BIOENERGI

De viktigaste väder- och klimatrelaterade faktorerna ur ett bioenergiperspektiv är:

- Temperatur
- Vegetationsperiodens längd
- Nederbörd
- Vind

För temperatur är det till exempel förändringar av medeltemperaturen, längden på värmeböljor, antal frostdagar och förekomst av nollgenomgångar som påverkar förutsättningarna för bioenergisektorn. För nederbörd handlar det till exempel om förändringar av årsnederbörd, antal dagar med snöfall, nederbördsrika perioder, ojämn nederbörd i tid och rum, samt nederbördsrika vintrar. För vind är det främst vindhastighet och frekvens av dagar med starka vindar som kan påverka.

Enligt klimatscenarierna förväntas medeltemperaturen öka i hela landet och det kommer att bli varmare under alla säsonger. Uppvärmningen är allra störst i norra Sverige under vinterhalvåret. Antalet längre värmeböljor förväntas öka i hela landet, minimitemperaturer ökar mest i norr medan maxtemperaturer ökar mest i sydost. Uppvärmningen förstärks till följd av mindre snö/is. Generellt blir det mer uttalade varma extremer och mindre uttalade kalla extremer. Antal frostdagar förväntas minska medan dagar med nollgenomgångar ökar i norr under vinterhalvåret men minskar i övrigt. Vegetationsperiodens längd förväntas bli längre i hela landet (Figur 3).



Figur 3. Vegetationsperiodens längd (baserat på dagar då medeltemperaturen är > 5°C). Kartorna till vänster visar förhållandena i referensperiodens klimat (1971-2000) samt vid tidpunkten då den globala uppvärmningen jämfört med förindustriell tid når 1,5°C resp. 2°C. Figurerna till höger visar klimatförändringssignalen mellan referensperiodens klimat respektive vid 1,5°C och 2°C uppvärmning jämfört med förindustriell tid.

Årsnederbörden väntas öka och antalet dagar med snöfall minska, och vi kan få fler och längre nederbördsrika perioder till exempel blötare vintrar. Vid högre uppvärmningsnivåer kan risken för torka komma att öka, särskilt under nederbördsfattiga somrar till följd av högre avdunstning vid ökade temperaturer. Kopplat till vind, förväntas relativt små förändringar och det är stor osäkerhet gällande vindextremer.

Inom ramen för detta projekt har en mängd olika väder- och klimatrelaterade faktorer vars förändringar har potential att påverka bioenergins förutsättningar identifierats. Dessa finns beskrivna i Tabell 2 och Figur 4 i avsnitt 3.1 som också beskriver såväl enskilda som kombinationen av flera relevanta klimatindex och de konsekvenser förändringar kan leda till med fokus på bioenergisektorn). För varje konsekvens utförs sedan en bedömning av hur trolig klimatförändringen (i form av sammanvägda klimatindex) är (se tex Tabell 2). Denna bedömning baseras på en analys av klimatmodelleringen som beskrivs i Kjellström m.fl., 2021. En kort beskrivning av möjlig påverkan för respektive klimatindex finns i underavsnitten ”Bedömning av framtida klimat” i avsnitt 3.

Sammanfattningsvis, bedömer vi att en förändring av de klimatindex som påverkar de möjliga konsekvenserna kopplat till bioenergi är trolig eller mycket trolig för i princip samtliga konsekvenser med undantag för vindparametrarna där en relativt liten förändring förväntas. Klimatförändringssignalen är alltså tydlig.

### 3 Konsekvenser, risker och åtgärder

Klimatförändringarna kan påverka ett flertal aspekter som har betydelse för bioenergipotentialet från skogen, till exempel tillväxten, stormfällning, skogsbränder, viltskador, snöskador, markens fuktighet och angrepp av skadedjur och rotröta. I detta avsnitt beskrivs och analyseras konsekvenserna från ett bioenergiperspektiv. Sannolikheten för att de klimatförändringar som är relevanta för respektive konsekvens ska ske kombineras med en bedömning av sannolikheten för att respektive konsekvens blir betydande för bioenergisektorn.

#### 3.1 SAMMANFATTANDE BILD ÖVER KONSEKVENSER OCH TILLHÖRANDE KLIMATINDEX

I kapitel 3 beskrivs de potentiella konsekvenserna för bioenergisektorn till följd av klimatförändringar som identifierats i detta projekt och vilka klimatindex som påverkar denna del av energisektorn. Det görs en genomgång av hur de relevanta klimatindexen förväntas förändras, hur trolig denna förändring är samt en sammanvägd bedömning över hur stor konsekvensen blir för bioenergisektorn. I de flesta avsnitt listas även förslag på åtgärder som kan vidtas för att mildra konsekvensen.

De för bioenergi relevanta klimatförändringarna påverkar framförallt skogen som används för flera ändamål. De identifierade potentiella konsekvenserna för bioenergisektorn till följd av klimatförändringar redovisas i Tabell 1. För bioenergi har de potentiella konsekvenserna av klimatförändringar strukturerats efter övergripande konsekvens (till exempel *Viltskador*) med tillägg för de specifika (under-)konsekvenser som detta kan ha specifikt för bioenergisektorn (för *Viltskador* *Minskad tillväxt* respektive *Försämrade virkeskvalitet*), se Tabell 1. Flera övergripande konsekvenser kan bidra till samma underkonsekvenser. Till exempel kan både stormfällning och skogsbränder leda till minskad tillväxt. Men eftersom sannolikheten för att varje konsekvens kommer att inträffa skiljer sig åt samt att dess betydelse varierar har varje specifik "konsekvenskedja" bedömts separat.

Om respektive konsekvens innebär en risk eller möjlighet har också markerats i tabellen liksom om konsekvensen är att betrakta som en långsiktig påverkan eller plötslig händelse ur ett bioenergiperspektiv. En bedömning av den möjliga storleken för påverkan på bioenergisektorn för respektive konsekvens redovisas också i tabellen. De för varje konsekvens relevanta klimatindexen redovisas i Tabell 2. Samtliga konsekvenser påverkas av mer än ett klimatindex och flera klimatindex påverkar mer än en konsekvens. De relevanta specifika klimatindex från klimatscenarier som använts (enligt uppdelning i Kjellström m.fl., 2021) redovisas i Tabell 1 i bilaga 1.

Nästan alla identifierade konsekvenser kopplat till bioenergi har med skogen som energikälla att göra. Enbart två konsekvenser kopplat till steget energianläggning har identifierats och dessa berör lagringen av biobränslen vid anläggning. Själva produktionssteget (anläggningen) för el, fjärrvärme etcetera förväntas inte



påverkas av klimatförändringarna i någon betydande utsträckning. Undantag kan finnas om en enskild anläggning ligger i ett område där till exempel över-svämningarna förväntas öka, då det kan bli en lokal påverkan. Påverkan på enskilda anläggningar ingår dock inte i analysen.

**Tabell 1. Sammanfattning och kategorisering av möjliga konsekvenser av klimatförändringar för bioenergisektorn. Risk eller möjlighet liksom långsiktig påverkan eller plötslig händelse anges för bioenergisektorns perspektiv.**

| Konsekvens – titel                                | Konsekvens – kort beskrivning                                                 | Risk/Ökad potential<br>Möjlig storlek på påverkan | Långsiktig påverkan/<br>Plötslig händelse |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Direkt påverkan på tillväxt</b>                |                                                                               |                                                   |                                           |
| Ökad tillväxt                                     | En längre växtsäsong kan leda till en ökad generell tillväxt i skogen.        | Ökad potential<br>Mycket stor                     | Långsiktig påverkan                       |
| Minskad tillväxt                                  | Torrare marker kan göra att tillväxten i skogen minskar.                      | Risk<br>Liten-Mellan<br>(geografiskt betingad)    | Långsiktig påverkan                       |
| <b>Stormfällning</b>                              |                                                                               |                                                   |                                           |
| Stormfällning-Ojämn tillgång                      | Stormfällning kan leda till ojämn virkesflöden och biobränsleutbud.           | Risk<br>Liten                                     | Plötslig händelse                         |
| Stormfällning-Lagringsbehov                       | Stormfällning kan leda till större lagringsbehov.                             | Risk<br>Liten-Mellan                              | Plötslig händelse                         |
| Stormfällning-Försämrade virkeskvalitet           | Stormfällning kan leda till ökad andel biobränsle pga försämrade kvalitet.    | Ökad potential<br>Liten                           | Plötslig händelse                         |
| Stormfällning-Möjlighet till uttag                | Stormfällning kan leda till försämrade förhållanden för uttag.                | Risk<br>Liten                                     | Plötslig händelse                         |
| Stormfällning-Minskad tillväxt                    | Stormfällning kan påverka den generella tillväxten i skogen på sikt.          | Risk<br>Liten                                     | Långsiktig påverkan                       |
| <b>Granbarkborre- och andra skadedjursangrepp</b> |                                                                               |                                                   |                                           |
| Granbarkborre-Försämrade virkeskvalitet           | Barkborreangrepp kan leda till ökad andel biobränsle pga försämrade kvalitet. | Ökad potential<br>Stor                            | Plötslig händelse                         |
| Granbarkborre-Ojämn tillgång                      | Barkborreangrepp kan leda till ojämn virkesflöden och biobränsleutbud.        | Risk<br>Mellan                                    | Plötslig händelse                         |
| Granbarkborre-Lagringsbehov                       | Barkborreangrepp kan leda till större lagringsbehov.                          | Risk<br>Mellan                                    | Plötslig händelse                         |
| <b>Skogsbränder</b>                               |                                                                               |                                                   |                                           |
| Skogsbränder-Ojämn tillgång                       | Skogsbränder kan leda till ojämn virkesflöden och biobränsleutbud.            | Risk<br>Liten                                     | Plötslig händelse                         |

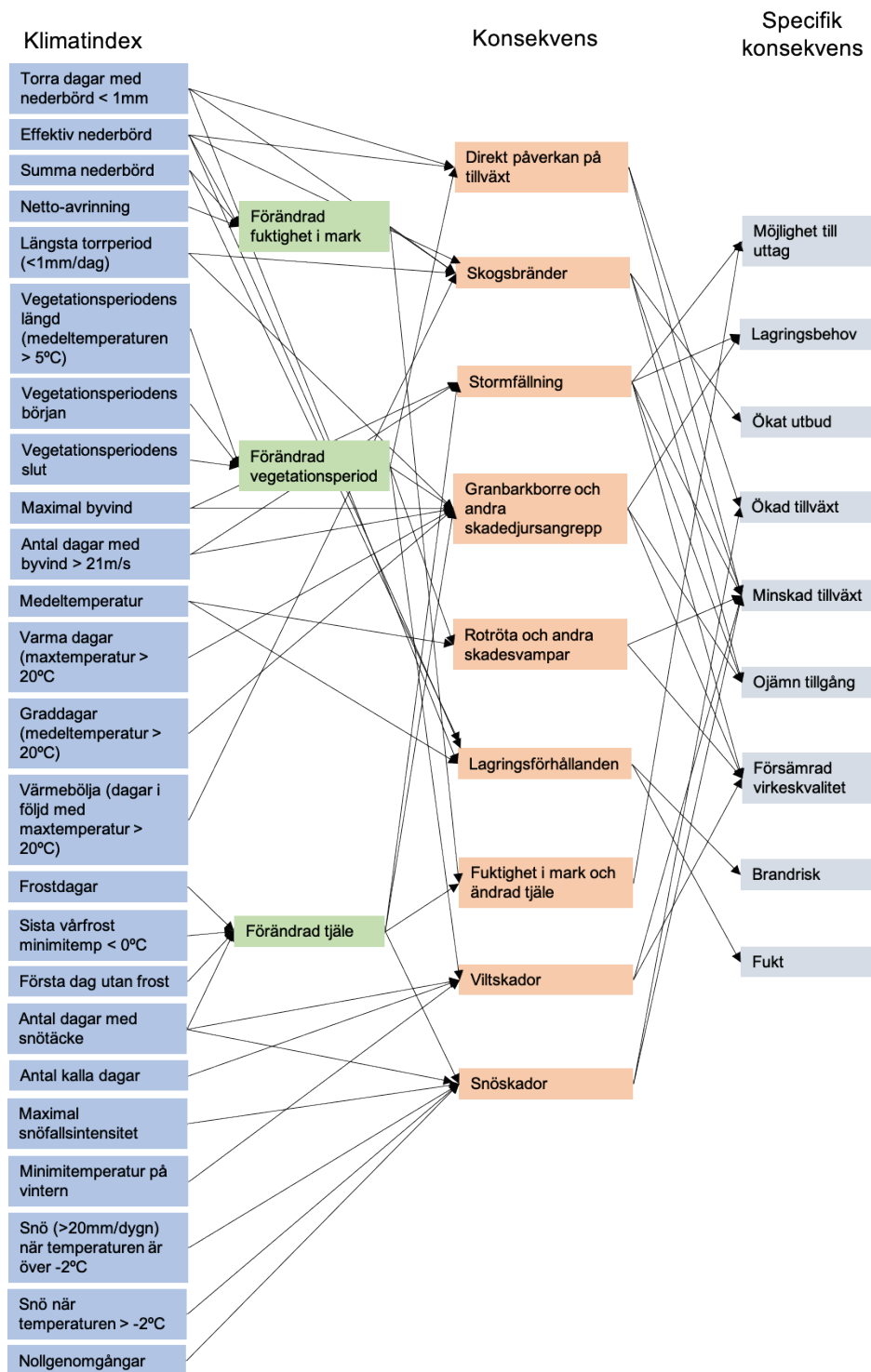
|                                                        |                                                                                                  |                                                                         |                     |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Skogsbränder-Ökat utbud                                | Skogsbränder kan leda till ökat utbud av biobränslen (träd som inte brinner upp helt).           | Ökad potential<br>Mellan                                                | Plötslig händelse   |
| Skogsbränder-Minskad tillväxt                          | Om brand sker i skog med stark tillväxt kan den generella tillväxten minska.                     | Risk<br>Liten-Mellan                                                    | Långsiktig påverkan |
| <b>Viltskador</b>                                      |                                                                                                  |                                                                         |                     |
| Viltskador-Minskad tillväxt                            | Viltskador påverkar trädens tillväxt negativt.                                                   | Risk<br>Mellan men slutlig påverkan på bioenergibranschen mer begränsad | Långsiktig påverkan |
| Viltskador-Försämrade virkeskvalitet                   | Viltskador kan leda ökad andel biobränsle pga försämrade kvalitet.                               | Ökad potential<br>Liten                                                 | Plötslig händelse   |
| <b>Rotröta och andra skadesvampar</b>                  |                                                                                                  |                                                                         |                     |
| Rotröta-Minskad tillväxt                               | Rotröta, rotticka och andra skadesvampar påverkar trädens tillväxt negativt.                     | Risk<br>Liten                                                           | Långsiktig påverkan |
| Rotröta-Försämrade virkeskvalitet                      | Rotröta, rotticka och andra skadesvampar kan leda ökad andel biobränsle pga försämrade kvalitet. | Ökad potential<br>Liten-Mellan                                          | Plötslig händelse   |
| <b>Möjlighet till uttag</b>                            |                                                                                                  |                                                                         |                     |
| Fuktighet i mark och ändrad tjäle-Möjlighet till uttag | Ökad fuktighet i mark samt förändrad tjäle påverkar det möjliga uttaget.                         | Risk<br>Mellan                                                          | Långsiktig påverkan |
| <b>Snöskador</b>                                       |                                                                                                  |                                                                         |                     |
| Snöskador ökar-Tillväxt                                | Ökad mängd snöskador kan på sikt påverka generell tillväxt i skogen negativt.                    | Risk<br>Liten                                                           | Långsiktig påverkan |
| Snöskador minskar-Tillväxt                             | Minskad mängd snöskador kan på sikt påverka generell tillväxten i skogen positivt.               | Ökad potential<br>Liten                                                 | Långsiktig påverkan |
| <b>Lagringsförhållanden</b>                            |                                                                                                  |                                                                         |                     |
| Lagring-Brandrisk och fukt                             | Ev. ökad risk för brand i lager av träråvara och biobränsle.                                     | Risk<br>Liten                                                           | Plötslig händelse   |

Tabell 2. Konsekvenser av förändringar i relevanta väder- och klimatrelaterade faktorer för bioenergisektorn. I tabellen visas också de klimatindex som beräknats utifrån klimatmodeller samt bedömning av risken för att klimatförändringen inträffar för respektive konsekvens.

| Konsekvens – titel                                                                                                              | Relevanta väder- och klimatrelaterade faktorer och beräknade klimatindex                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bedömning av risken för att klimatförändring sker                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tillväxt</b><br>Ökad tillväxt<br>Minskad tillväxt                                                                            | Temperatur:<br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperatur >5°C)<br>- Vegetationsperiodens slut<br>- Vegetationsperiodens början<br>Nederbörd och temperatur:<br>- Antal torra dagar (med nederbörd <1 mm)<br>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration)                                                                                                                                                                                                                                                                       | Mycket troligt (med förändring av det som kan leda till ökad tillväxt)   |
|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Troligt (med förändring av det som kan leda till minskad tillväxt)       |
| <b>Stormfällning</b><br>Ojämn tillgång<br>Lagringsbehov<br>Försämrad virkeskvalitet<br>Möjlighet till uttag<br>Minskad tillväxt | Vind:<br>- Maximal byvind,<br>- Antal dagar med byvind > 21 m/s<br>Index för att bedöma tjälrisk:<br>- Frostdagar,<br>- Tid med frost genom Sista vårfrost (minimitemperatur < 0°C) och Första dag utan frost,<br>- Antal dagar med snötäcke                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Troligt (med förändringar som ökar risken för stormfällning)             |
| <b>Granbarkborre</b><br>Försämrad virkeskvalitet<br>Ojämn tillgång<br>Lagringsbehov                                             | Temperatur:<br>- Varma dagar/högsommardagar (Maxtemperatur >20 °C),<br>- Graddagar med medeltemp >20 °C,<br>- Längsta torrperiod (med <1 mm/dag)<br>Vegetationsperiod:<br>- Vegetationsperiodens slut,<br>- Vegetationsperiodens början,<br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperatur >5°C)<br>Vind:<br>- Maximal byvind,<br>- Antal dagar med byvind > 21 m/s<br>Index för att bedöma tjälrisk:<br>- Frostdagar,<br>- Tid med frost genom Sista vårfrost (minimitemperatur < 0°C) och Första dag utan frost,<br>- Antal dagar med snötäcke | Troligt (med förändringar som gynnar granbarkborrar och andra skadedjur) |
| <b>Skogsbränder</b><br>Ojämn tillgång<br>Ökat utbud<br>Minskad tillväxt                                                         | Temperatur:<br>- Värmebölja (dagar i följd med maxtemperatur >20°C)<br>Nederbörd:<br>- Torra dagar (med nederbörd <1 mm),<br>- Längsta torrperiod (med <1 mm/dag),<br>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration),                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Troligt (med förändringar som gynnar skogsbränder)                       |
| <b>Viltskador</b><br>Minskad tillväxt                                                                                           | Nederbörd/Temperatur:<br>- Antal dagar med snötäcke<br>Vegetationsperiod:<br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperaturen överskrider 2°C),                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Mycket troligt                                                           |

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Försämrad virkeskvalitet                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vegetationsperiodens slut,</li> <li>- Vegetationsperiodens början</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | (med förändringar som gynnar vilt)                                                             |
| <b>Rotröta</b><br>Minskad tillväxt<br>Försämrad virkeskvalitet   | Temperatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medeltemperatur</li> </ul> Vegetationsperiod: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperatur &gt; 5°C)</li> <li>- Vegetationsperiodens slut</li> <li>- Vegetationsperiodens början</li> </ul>                                                                                                                                      | Mycket troligt<br><br>(med förändringar som gynnar rotröta och andra skadesvampar)             |
| <b>Fuktighet i mark och ändrad tjäle</b><br>möjlighet till uttag | Index för att bedöma tjälrisk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Frostdagar,</li> <li>- Tid med frost genom Sista vårfrost (minimitemperatur &lt; 0°C) och Första dag utan frost,</li> <li>- Antal dagar med snötäcke</li> </ul> Fuktighet i mark: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Summa nederbörd,</li> <li>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration),</li> <li>- Netto-avrinning</li> </ul> | Mycket troligt<br><br>(med förändringar som leder till ökad fuktighet i mark och mindre tjäle) |
| <b>Snöskador</b><br>Ökad tillväxt<br>Minskad tillväxt            | Temperatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nollgenomgångar (Antal dagar med högsta temp &gt;0°C och lägsta temp &lt;0°C)</li> </ul> Nederbörd: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximal snöfallsintensitet,</li> <li>- Snö när temperaturen är över -2 grader,</li> <li>- Snö (&gt;20 mm/dygn) när temperaturen är över -2 grader,</li> <li>- Antal dagar med snötäcke</li> </ul>                           | Troligt<br><br>(med förändringar som ger ökning av snöskador i norr och minskning i söder)     |
| <b>Lagring</b><br>Brandrisk och fukt                             | Temperatur: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medeltemperatur</li> </ul> Nederbörd: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Torra dagar (med nederbörd &lt;1 mm),</li> <li>- Summa nederbörd,</li> <li>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration)</li> </ul>                                                                                                                                           | Troligt<br><br>(med förändringar som kan påverka brandrisk och fukt i bränslelager)            |

För att illustrera komplexiteten kring hur en förändring av olika klimatindex påverkar förutsättningarna för bioenergi har Figur 4 som åskådliggör relationerna som beskrivs i Tabell 2 tagits fram. Det finns ytterligare en komplexitet i att vissa konsekvenser också påverkar varandra, till exempel gynnas granbarkborren av ökad stormfällning (se vidare i avsnitt 3).



Figur 4. Illustration av sambandet mellan relevant klimatindex, och de konsekvenser respektive specifika konsekvenser för bioenergisektorn som förändringar av dem skulle kunna leda till. I figuren framgår endast sambandet mellan klimatindex och konsekvens, och inte sambandet mellan olika konsekvenser. Exempelvis bidrar stormfällan och skogsbrand till en ökad risk för angrepp av granbarkborrar, och skadade träd, exempelvis orsakat av snöbrott eller vilt, är mer mottagliga för följdskador i form av svamp- och insektsangrepp.

### 3.2 SAMMANFATTANDE BILD ÖVER RISKBEDÖMNINGEN

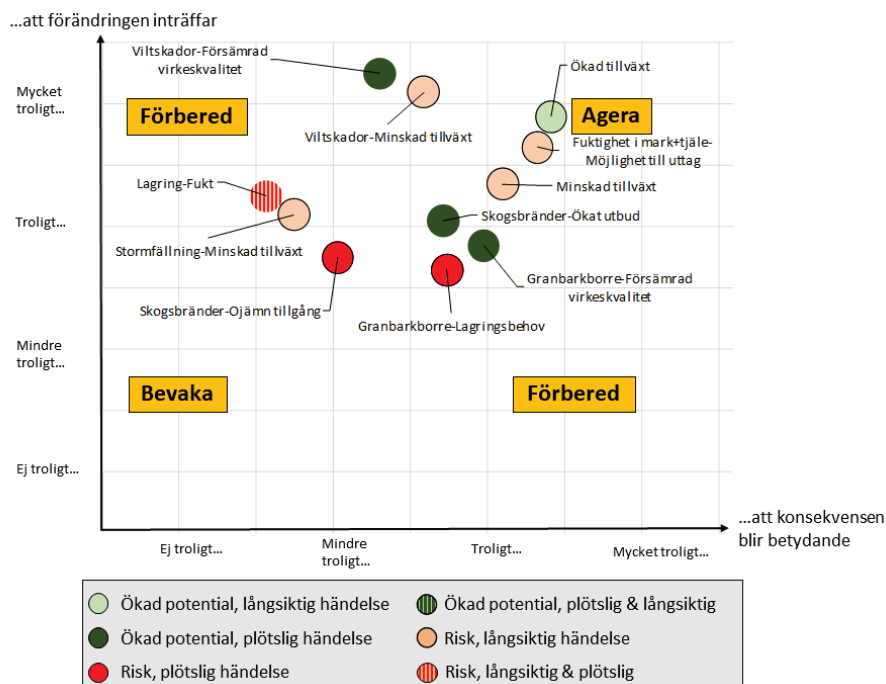
De potentiella konsekvenser och tillhörande klimatindex kopplat till bioenergi-sektorn (se Tabell 1 och 2) har analyserats vidare för att ingå i den riskbedömnings-matris som visas i Figur 5. Figuren visar en bedömning av hur troligt det är att respektive klimatförändring (representerat av en kombination av klimatindex) inträffar på y-axeln och en bedömning på x-axeln hur troligt det är att konsekvensen blir betydande för bioenergisektorn (givet att klimatförändringen inträffar). Den relativa storleken av den möjliga påverkan på bioenergisektorn mellan olika konsekvenser framgår inte tydligt i figuren (men indikeras i Tabell 1 och diskuteras per konsekvens i detta kapitel). Till exempel kommer en ökad generell tillväxt att påverka hela landet medan vissa effekter får en mer lokal påverkan och då oftast mindre omfattande skador från ett nationellt perspektiv.

Sannolikheten för att en förändring av de klimatindex som påverkar de möjliga konsekvenserna kopplat till bioenergi ska inträffa är relativt hög för i princip samtliga klimatindex (troligt eller mycket troligt) med undantag för vind-parametrarna där en relativt liten förändring förväntas. Sammantaget innebär detta att det är troligt eller mycket troligt att en förändring av samtliga relevanta kombinationer av klimatindex kommer att inträffa. Det är alltså troligt att bioenergisektorn kommer att påverkas av den fortsatta klimatförändringen.

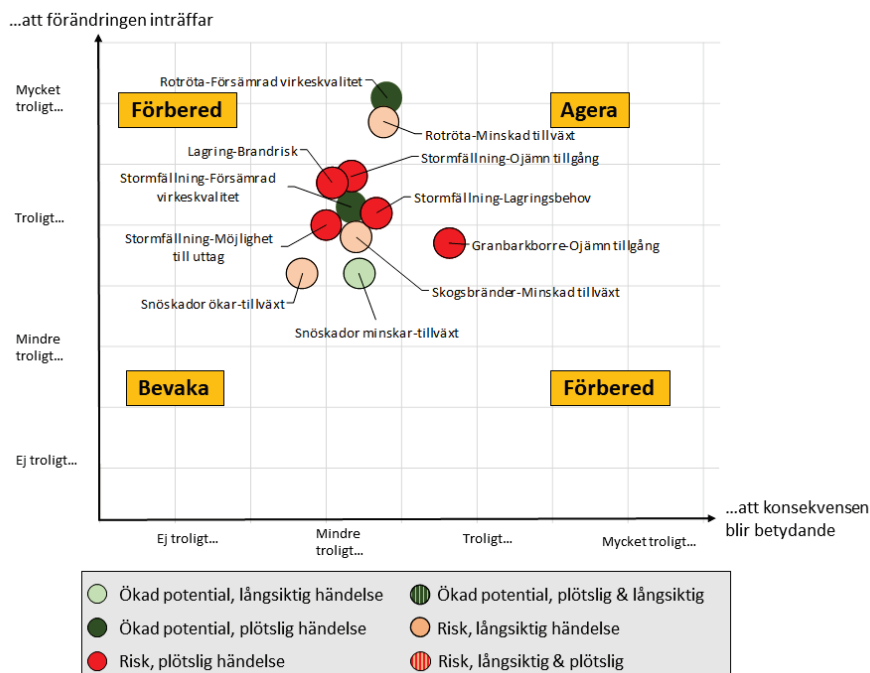


**Figur 5. Riskmatris för samtliga identifierade konsekvenser och baserat på arbetsgruppens bedömning. Y-axeln indikerar hur troligt det är att förändringen inträffar (baseras på klimatmodellering) och x-axeln visar arbetsgruppens bedömning av att konsekvensen blir betydande för branschen inom loppet av 20 år.**

Riskbedömningens förslag till övergripande strategi för de olika konsekvenserna redovisas i Figur 6 och 7. Anledningen till att konsekvenserna har delats upp i två figurer beror dels på ökad läsbarhet men främst på att inte alla identifierade konsekvenser bedömdes samtidigt. De som bedömdes under en workshop redovisas i Figur 6 och de som bedömdes med hjälp av en enkät i Figur 7.



**Figur 6.** Riskmatris inkluderandes de konsekvenser som arbetsgruppen bedömde på en workshop i projektet. Y-axeln indikerar hur troligt det är att förändringen inträffar (baseras på klimatmodellering) och x-axeln visar arbetsgruppens bedömning av att konsekvensen blir betydande för branschen inom loppet av 20 år.



**Figur 7.** Riskmatris inkluderandes de konsekvenser som arbetsgruppen bedömde genom en enkät. Y-axeln indikerar hur troligt det är att förändringen inträffar (baseras på klimatmodellering) och x-axeln visar arbetsgruppens bedömning av att konsekvensen blir betydande för branschen inom loppet av 20 år.



### 3.3 DIREKT PÅVERKAN PÅ TILLVÄXT (ÖKAD OCH MINSKAD)

Sammantaget gör vi bedömningen att den möjliga relativa storleken för påverkan på bioenergisektorn kopplat till ökad direkt tillväxt kommer att vara stor eftersom denna påverkan förväntas inträffa i hela landet. För minskad direkt tillväxt förväntas påverkan variera mellan år och kunna bli liten eller mellanstor då detta troligtvis inte kommer att inträffa i hela landet. Effekten beror på i vilken utsträckning som enstaka torra år begränsar tillväxten. Sen beror det möjliga utbudet av biomassa till biobränslen inte bara på tillväxten utan på hur uttaget till andra ändamål utvecklas. Men generellt sett förväntas en ökad efterfrågan på skogsbaserad råvara.

#### 3.3.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande påverkan på skogens tillväxt:

1. *Ökad tillväxt - En längre växtsäsong kan leda till en ökad generell tillväxt i skogen*
2. *Minskad tillväxt - Torrare marker kan leda till att tillväxten i skogen minskar.*

De klimatindex som bedömts vara relevanta för ökad respektive minskad tillväxt listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar vegetationsperiod och nederbörd. Den möjliga effekten på ökad och minskad tillväxt beskrivs nedan liksom den påverkan på bioenergisektorn som ökad och minskad tillväxt kan tänkas få.

#### 3.3.2 Beskrivning av konsekvens

Den bioenergi som används i Sverige idag utgörs främst av biprodukter från skogssektorn. Därmed kan restströmmarna påverkas om tillväxten i skogen ökar eller minskar.

En längre växtsäsong (eller vegetationsperiod) betyder vanligen ökad skogstillväxt. För att vegetationen ska växa behövs även solljus, dvs en längre vegetationsperiod till följd av varmare temperaturer leder inte alltid till ökad tillväxt. Gran och tall kan till exempel inte utnyttja den längre vegetationsperioden på hösten och en längre vegetationsperiod på hösten kan därför bara tillvaratas om klimatet också förändras på andra sätt.

Skogstillväxtens storlek beror även på till exempel nederbördens storlek (under vegetationsperioden) eftersom fler och längre perioder med brist på markvatten under tillväxtsäsongen kan sänka tillväxten i skogen. Den beror även på CO<sub>2</sub>-halten i luften (gynnsamt med ökning) och mängden näringsämnen. Risken för torka ökar under sommaren i ett varmare klimat och torkstress kan påverka tillväxten flera år framåt (Weemstra m.fl., 2013, deSoto 2020). Torka kan också ge torkskador på skogsföryngring. Även tillväxtsäsongen på fuktiga marker kan kortas om grundvattennivåerna höjs (pga ökad nederbörd under vinterhalvåret).

Ruiz-Pérez & Vico (2020) visade med hjälp av satellitbildstolkning att klimatförändringarna kan medföra att skogen i södra Sverige kan bli mindre produktiv i

framtiden som en konsekvens av torrare förhållanden, samtidigt som tillväxten i norra Sverige gynnas av den längre vegetationsperioden. Ökande temperaturer är alltså positivt för tillväxten i nordliga och fuktiga regioner, men har en negativ inverkan på tillväxten i torrare områden längre söderut. Dessa begränsningar förekommer redan i norra Europa, och kommer att bli vanligare framöver (Ruiz-Pérez & Vico, 2020).

Skogliga konsekvensanalyser (SKA) omfattar framtida skogliga scenarier på 100 års sikt, där klimatförändringar (i enlighet med klimatscenarierna<sup>1</sup> RCP4.5 och RCP8.5), och olika typer av skogsskötsel beaktas. SKA15 är den senaste skogliga konsekvensanalysen, men för närvarande pågår arbetet med en ny konsekvensanalys som ska redovisas 2022.

SKA15 uppskattade en mer än 20-procentig ökad skogstillväxt i hela landet (baserat på klimatscenarierna RCP4.5 och RCP8.5), framförallt på grund av en längre vegetationsperiod (Claesson m.fl., 2015, Eriksson m.fl., 2015). Ökningen beräknades bli högst (i absoluta tal) i söder, men procentuellt sett var ökningen störst i norr. Granen beräknades öka sin tillväxt mest, mer än dubbelt så mycket som tallen (Eriksson m.fl., 2015).

Heureka-modellen (som användes i SKA15) är behäftad med osäkerheter när det gäller beräkningen av tillväxt, bland annat eftersom modellen inte fångar upp påverkan av vattenunderskott (torka). Andra modeller har redovisat en lägre tillväxt än Heureka-modellen. Exempelvis så visade modellen LPJ-GUESS en större tillväxtreduktion i södra Sverige på grund av vattenunderskott (Jönsson och Lagergren, 2018). Ytterligare en modell, ForSAFE-modellen, indikerar att tillväxten kan komma att avta i södra Sverige och att sommarnederbörden (inte årsnederbörden) spelar störst roll för tillväxten (Belyazid & Zanchi, 2019). Även för Finland visar modellresultat att tillväxten ökar i norr och avtar i söder (Ge m.fl., 2011, Kellomäki, m.fl. 2018, Venäläinen m.fl., 2020).

Numera finns en hybridmodell, 3PG-Heureka, där den empiriska modellen Heureka har kombinerats med en processbaserad modell (3PG). Även denna modell indikerar en lägre tillväxt i södra Sveriges skogar jämfört med den renodlade Heureka-modellen (Subramanian m.fl., 2019). Tillväxtberäkningar med 3PG-Heureka-modellen för hela Sverige förväntas vara tillgängliga under våren 2021.

### 3.3.3 Bedömning av framtida klimat

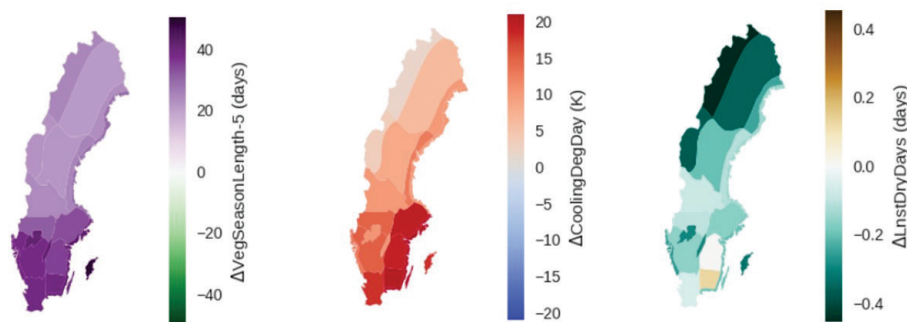
Förväntad förändring av relevanta klimatindex för +2-gradersscenariot illustreras i Figur 8. Mycket troligt med mer gynnsamma förhållanden för ökad tillväxt till följd av längre och varmare vegetationsperiod som ett resultat av tidigare start och senare slut, det vill säga förlängning både på höst och vår. Något större ökning i söder än i norr men tydlig ökning i hela landet. Mellanårsvariation minskar i

<sup>1</sup> Klimatscenarier har utvecklats, så kallade RCP:s (Representative Concentration Pathways) (van Vuuren m.fl., 2011) RCP4.5 motsvarar en temperaturökning på 2°C och RCP8.5, som är det mest pessimistiska scenariot, motsvarar en temperaturökning på 4°C år 2100.

sydligaste Sverige där växtsäsongen ibland beräknas sträcka sig över hela året. Tillväxten påverkas dock inte bara av vegetationsperiodens längd utan även av tid med dagsljus. Ökade CO<sub>2</sub>-halter kan också bidra till ökad tillväxt. Utöver direkta ändringar i temperaturklimatet väntas också en kortare snösäsong.

Under sommaren väntas ett större antal dagar med höga temperaturer liksom längre värmeböljor, främst i sydöstra Sverige. Nederbörden ökar på helårsbasis men under sommaren kan antalet torra dagar utan nederbörd och längden av torrperioder komma att öka på sikt i södra Sverige. Förändringar i nederbörd och markvatten är förhållandevis små men med tendens till större skillnad mellan torra och blöta år. Vissa år blir det därför troligtvis torrare markförhållanden (högre risk för torka) medan andra år blir det blötare markförhållanden. Det är därför möjligt att det finns en effekt på minskad tillväxt eftersom det handlar om hur enstaka torra år eventuellt begränsar tillväxten i ett annars antagligen mer gynnsamt varmare och fuktigare klimat.

*Sammantaget, är det mycket troligt med mer gynnsamma förhållanden för ökad tillväxt i hela landet, men något större förlängning av vegetationsperioden i söder än norr. Det är något större risk för torka i södra Sverige (trolig effekt).*



Figur 8. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för den direkta påverkan på tillväxten i skogen i +2-graders fallet. Från vänster till höger, vegetationsperiodens längd, antal kylgraddagar, och perioder utan nederbörd.

### 3.3.4 Konsekvensbedömning

Som vi tidigare nämnt, så finns det stora osäkerheter i hur tillväxten i skogen kommer att påverkas av klimatförändringarna. En längre och varmare vegetations-säsong kan bidra till att tillväxten ökar, samtidigt som torrare förhållanden istället kan påverka tillväxten negativt. SKA15 lade på en klimatförändringssignal som resulterade i en ökad tillväxt (mer än 20% i hela landet), men den är associerad med stora osäkerheter. Det finns många faktorer som påverkar. Tillväxten påverkas till exempel inte bara av vegetationsperiodens längd utan även av tid med dagsljus. Därför kan vi idag inte med säkerhet säga hur det kommer att bli med tillväxten då det är mycket troligt både med förutsättningar som ger ökad tillväxt och troligt med förutsättningar som ger minskad tillväxt. Hur stor påverkan på tillväxten från enstaka torra år kan bli återstår också att se och här råder större osäkerhet kring det framtida klimatet. En av experterna i arbetsgruppen för bioenergi tror till exempel inte att risken för minskad tillväxt är

särskilt stor och hänvisade till att vi har haft en ökad tillväxt i Skandinavien och att vi sedan lång tid tillbaka fått bättre skogsskötsel.

I övrigt, gjorde arbetsgruppen för bioenergi en ganska likartad bedömning med avseende på konsekvensen av en ökad respektive minskad tillväxt, men konsekvensen för "ökad tillväxt", bedömdes som något mer betydande, se Bilaga 2. En av experterna menade att konsekvensen av en ökad tillväxt är minst kontroversiell, eftersom det är en positiv konsekvens, inte bara för bioenergisektorn.

Sammantaget gör vi bedömningen att den möjliga relativa storleken för påverkan på bioenergisektorn kopplat till ökad direkt tillväxt kommer att vara stor eftersom denna påverkan förväntas inträffa i hela landet. För minskad direkt tillväxt förväntas påverkan variera mellan år och kunna bli liten eller mellanstor då detta troligtvis inte kommer att inträffa i hela landet. Effekten beror på i vilken utsträckning som enstaka torra år begränsar tillväxten. Sedan beror det möjliga utbudet av biomassa till biobränslen inte bara på tillväxten utan på hur uttaget till andra ändamål utvecklas. Men generellt sett förväntas en ökad efterfrågan på skogsbaserad råvara.

### 3.3.5 Åtgärder

Exempel på åtgärder för att gynna ökad tillväxt eller för att motverka minskad tillväxt:

- Utvecklad skogsskötsel (som anpassas till ett förändrat klimat)
- Anpassning av trädslagsval (eventuellt behövs även nya trädslag som passar i ett förändrat klimat)
- Lagstiftning kan behöva förändras (t ex kopplat till slutavverkningsålder och brukande av fjällnära skogar)
- Tillräckliga anslag till skogsbruket för löpande anpassning till ett förändrat klimat i syfte att bibehålla eller öka produktionen (plantval, skötselmetoder, teknik etc.)
- På torra marker, ståndsortsanpassa trädslaget
- Anpassa dikning
- Nyttja den ökade potential som en eventuellt ökad tillväxt ger (ökar handelsmöjligheter)

Störst effekt har anpassning av trädslagsval och utvecklad skogsskötsel, men dessa är åtgärder som inte ger effekt förrän om många år. Subramanian m.fl. (2016) visade att det finns alternativa trädslag som är lika lönsamma, eller till och med mer lönsamma, än gran i södra Sverige, exempelvis hybridlärk.

Riskerna med minskad tillväxt på torra marker kan minskas genom att ståndortsanpassa trädslaget bättre på torr mark, det vill säga att anpassa trädslaget efter växtplatsen och exempelvis plantera tall snarare än gran på torra marker (Ståhlberg m.fl., 2020). Ytterligare en åtgärd som skulle kunna vara möjlig är att höja grundvattennivån på dikad torvmark. Nackdelen är dock att detta samtidigt kan bidra till att sänka tillväxten under normala år. I ett torrare klimat kan också dikning av vissa marker inverka negativt på en större omgivande areal än den höjer produktionen på den dikade ytan. Effekten av denna åtgärd är därmed osäker (Ståhlberg m.fl., 2020).

### 3.4 STORMFÄLLNING

**Sammantaget gör vi bedömningen att det är mindre troligt att konsekvenserna av ändrad stormfällning blir betydande för bioenergisektorn. Den enda konsekvens som bedöms skulle kunna ha en viss märkbar påverkan är det eventuella ökade lagringsbehovet som kan bli av att stora volymer biomassa från mer frekventa stormfällningen behöver tas om hand på relativt kort tid. Övriga konsekvenser bedöms ha en liten påverkan på bioenergisektorn.**

#### 3.4.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande konsekvenser av stormfällning:

1. *Ojämn tillgång - Stormfällning kan leda till att stora avverkningsvolymer behöver hanteras inom en liten tidsram, vilket ger ojämna virkesflöden till industrin.*
2. *Lagringsbehov - Stormfällning kan leda till att stora avverkningsvolymer behöver hanteras inom en liten tidsram, vilket kan leda till större lagringsbehov.*
3. *Försämrade virkeskvalitet - Stormfällning kan leda till att en mindre andel av biomassan kan användas till sågtimmer och att andelen biobränsle således ökar.*
4. *Möjlighet till uttag - Stormfällning kan leda till att en mindre andel av biomassan kan plockas ut ur skogen pga. svårare förhållanden vid avverkningen.*
5. *Minskad tillväxt - Stormfällning i unga bestånd med hög tillväxt leder till att biomassan plockas ut "i förtid", vilket påverkar den generella tillväxten i skogen på sikt.*

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för stormfällning listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar vind och markförhållanden som fukt och tjäle.

### 3.4.2 Beskrivning av konsekvens

Klimatförändringarna kan leda till att skogen blir "lättfälld", framförallt om andelen granbestånd ökar på grund av ökad granplantering (vilket kan vara en konsekvens av hjortdjurens betning på tallbestånd), och om vi i medeltal får högre träd (på grund av att träden växer snabbare). Dessutom ger minskad tjäle och högre grundvattenstånd under höst och vinter, försämrade rothållfasthet och en ökad risk för stormfällning, oavsett om vindklimatet förändras eller inte (MSB, 2020).

En jämförelse av de två 30-årsperioderna (1950–1980) och (1980–2010) visade att stormfällen har dubblats från ca 1,5 miljoner m<sup>3</sup>/år (genomsnitt) till 3 miljoner m<sup>3</sup>/år (Nilsson, 2008). Ståhlberg m.fl. (2020) har gjort en mycket grov skattning av framtida stormskador: att stormfällningar blir 20 % vanligare i Götaland och Svealand och 50 % vanligare i Norrland till 2050 som en konsekvens av klimatförändringarna. Till 2100 skattas ökningen bli 30 % i söder och tre gånger vanligare i norr (jämfört med millennieskiftet om skogsbruket från 00-talet bibehålls). Det finns även modeller att tillgå för beräkning av framtida stormskador, exempelvis modellen LPJ-GUESS (Lagergren m.fl., 2012). Ikonen m.fl. (2017) visade att risken för framtida stormskador är större i södra Finland jämfört med de norra delarna av landet, framförallt eftersom granbestånd dominerar i söder, medan tall dominerar i norr.

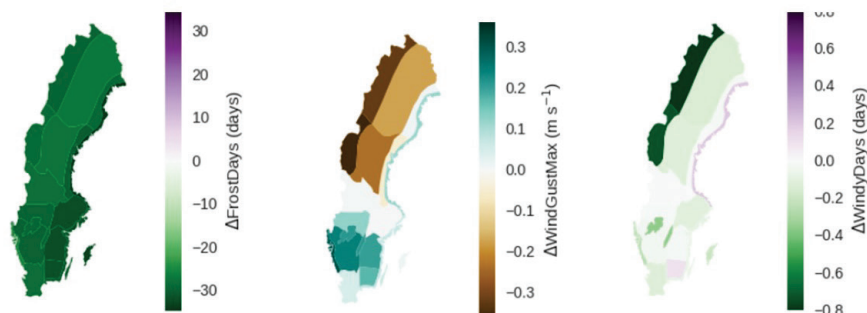
Stormfällning ingick i SKA15, men skillnaderna i stormfällning mellan klimat-scenarierna var liten. I SKA15 baserades risken för ökad stormfällning enbart på ändrad struktur i skogen, inte på minskad tjäle eller högre grundvattenstånd under vintertid (Eriksson m.fl., 2015).

### 3.4.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av relevanta klimatindex för +2-graders fallet illustreras i Figur 9. Klimatmodellerna ger inga indikationer på ändrad risk för stormar eller höga vindhastigheter. Till exempel syns väldigt små ändringar i maximal byvind och antal dagar med höga vindhastigheter. Möjligen däremot viss minskning i vindhastighet i fjällkedjan och viss ökning längs delar av kusterna. Samtidigt pekar klimatscenarierna på ökade temperaturer med till exempel mindre antal frostdagar vilket innebär en kortare säsong med tjäle (framförallt i norra Sverige). Mer nederbörd leder också generellt till högre halt av markvatten särskilt i norra Sverige. Tillsammans bidrar detta till att öka risken för stormfällning jämfört med idag även vid samma vind till följd av att träden får försämrade rothållfasthet. Det är också troligt med ändrade förhållanden vid uttag av stormfälld skog på grund av mindre snö och kortare snösäsong, blötare förhållanden till följd av ökad nederbörd och mindre utbredd tjäle.

*Sammantaget, är det troligt med ökad risk för stormfällning i hela landet men framförallt i norra Sverige.*





Figur 9. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för förutsättningarna för stormfällning i +2-graders fallet. Från vänster till höger, antal dagar med frost, maximal byvind och antal dagar med höga byvindhastigheter (>21 m/s). Förändringarna av maximal byvind och dagar med stark byvind är väldigt små och de förändringar som möjligen kan ske i fjällkedjan och vid kusterna påverkar inte förutsättningarna för bioenergi

### 3.4.4 Konsekvensbedömning

Stormskadat virke går att använda och man kan då avstå från andra avverkningar. Kvaliteten på virket försämras dock vilket gör att andelen som kan användas till bränsle i förhållande till sågtimmer kan öka. Det blir då ökad tillgång på material med sämre kvalitet vilket kan leda till ökad potential för bioenergi. Fokus vid stormfällning är att maximera uttag av råvara med hög kvalitet till industrin och det kan innebära att det inte går att ta ut just grot i samma utsträckning som vid normal avverkning men utbudet av skadat virke för energiändamål kan alltså öka.

Stormfällning drabbar framförallt äldre träd som dessutom i många fall kan användas. Skogsbränder drabbar å andra sidan alla typer av sortiment, ungskog likaväl som äldre bestånd. Konsekvensen av stormfällning blir därmed inte lika stor som vid skogsbrand, utan resulterar mest i en "omfördelning" av sortiment mellan olika tidpunkter.

Majoriteten av experterna i arbetsgruppen för bioenergi bedömde därför att det är mindre troligt att konsekvenserna av stormfällning blir betydande. Detta gäller framförallt effekten på minskad tillväxt och "möjlighet till uttag", där samtliga experter svarade "mindre troligt" eller "ej troligt" (se Bilaga 2). En expert påpekade till och med att tillväxten kan öka på lång sikt, eftersom man rensar bort långsamväxande skog och får mer ungskog. Experten hänvisade till att skogen återhämtade sig snabbt efter stormen Gudrun, som ledde till mycket omfattande stormfällning.

Alla parametrar som påverkar ungskog kan ge stor påverkan på tillväxten, men eftersom stormar främst påverkar äldre träd, blir påverkan på skogen på längre sikt inte så stor. Stormar kan även påverka nygallrad skog, men eftersom nygallrad skog bara omfattar en begränsad areal, så blir påverkan inte så stor. Dessutom står träden stadigt redan efter ca 2 år och är därför inte längre lika stormkänsliga. Stormskador kan dock bidra till insektsangrepp och sjukdomar som också kan drabba yngre träd, se kapitel 3.5 & 3.8.

Den stormfällningskonsekvens som bedöms kunna få störst betydelse är att stora avverkningsvolymen kan behöva hanteras inom en liten tidsram (som till exempel i samband med stormen Gudrun), vilket kan leda till större lagringsbehov.



Fjärrvärmebranschen anpassar sig dock efter sådana här förändringar vad gäller lagerhållning. Detta blir alltså en fråga för marknaden att hantera och det är rimligt att anta att marknaden försöker hantera detta.

**Sammantaget gör vi bedömningen att det är mindre troligt att konsekvenserna av ändrad stormfällning blir betydande för bioenergisektorn. Den enda konsekvens som bedöms skulle kunna ha en viss märkbar påverkan är det eventuella ökade lagringsbehovet som kan bli av att stora volymer biomassa från mer frekventa stormfällen behöver tas om hand på relativt kort tid. Övriga konsekvenser bedöms ha en liten påverkan på bioenergisektorn.**

### 3.4.5 Åtgärder

Möjliga åtgärder kopplat till effekter av stormfällning inkluderar:

- Anpassad skogsskötsel i vindutsatta lägen
- Anpassad gallringsregim (färre gallringar)
- Lägre beståndsålder vid föryngringsavverkning
- Val av avverkningsyta
- Trädslagsval - gran är mer stormkänsligt än tall
- Viltförvaltning (färre viltskador på tall motverkar granföryngring på tidigare tallmarker)

Även om många av ovanstående åtgärder ökar resiliensen mot stormfällning, så innebär samtidigt stormanpassning av skogen vanligen en sänkning av skogens tillväxt (Eriksson m.fl., 2015). Om åtgärderna begränsas till bestånd med hög risk för stormfällning, exempelvis grandominerad skog i vindutsatta lägen, så kan de ändå bli lönsamma. Baserat på en modelleringsstudie i Kronobergs län med 3PG-Heureka drog Subramanian m.fl. (2019) slutsatsen att en minskad beståndsålder vid föryngringsavverkning är en mer effektiv åtgärd än att plantera tall istället för gran.

## 3.5 GRANBARKBORRE- OCH ANDRA SKADEDJURSANGREPP

Sammantaget gör vi bedömningen att ändring i konsekvensen av granbarkborreförekomst i form av ett ökat utbud av biomassa till biobränslen kan ha en betydande påverkan på bioenergisektorn (i varierande grad för olika år). Det eventuella ökade lagringsbehovet från att stora mängder biomassa behöver hanteras på relativt kort tid kan också ha en viss påverkan.

### 3.5.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande konsekvenser av skadedjursangrepp kopplat till bioenergi:

1. *Angrepp av granbarkborre och andra skadedjur kan leda till ökad andel biobränsle på grund av försämrad virkeskvalitet.*
2. *Angrepp av granbarkborre och andra skadedjur kan leda till ojämna virkesflöden och biobränsleutbud.*
3. *Angrepp av granbarkborre och andra skadedjursangrepp kan leda till större lagringsbehov.*

Granbarkborreangrepp kan leda till att en mindre andel av biomassan kan användas till sågtimmer och andra industriändamål och att andelen som blir tillgänglig för biobränsle således ökar. Barkborreangrepp kan leda till att stora avverkningsvolymerna behöver hanteras inom en liten tidsram vilket ger ojämna virkesflöden till industrin och kan leda till större lagringsbehov.

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för granbarkborre och andra skadedjursangrepp listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar temperatur, vegetationsperiod, tjäle och vind.

### 3.5.2 Beskrivning av konsekvens

Skadeinsekter specialiserar sig på olika trädslag och använder dem i huvudsak som värdträd för sina larver. De angriper antingen enskilda träd, grupper eller hela bestånd som befinner sig i olika utvecklingsfaser. Skador kan uppstå antingen på rötter, grenar, stam, barr/blad eller krona. En del skadeinsekter angriper försvagade träd medan andra har förmågan att döda friska levande träd. Vissa arter är bofasta och reproducerande i hela Sverige, medan andra bara återfinns på vissa platser. Hur stora skador insekterna orsakar beror på samspelet mellan insekt, träd och miljö. Klimatförändringar, som leder till varmare somrar och längre vegetationsperioder, förväntas gynna skadeinsekter och kan ge kortare utvecklingstid till nästa generation, högre överlevnad och fler avkommor vilket kan leda till fler utbrott och ökad utbredning (Jactel m.fl., 2019). Fler och längre perioder med brist på markvatten under tillväxtsäsongen stressar träden så att de blir mer mottagliga för insektsangrepp (Netherer m.fl., 2015).

Flertalet befintliga skadeinsekter gynnas troligen av klimatförändringarna (granbarkborren, snytbaggen, tallstekeln, barrskogsunnans och fjällbjörkmätaren) (Eriksson m.fl., 2016). Samtidigt kan även skadeinsekternas naturliga fiender få bättre förutsättningar i ett varmare klimat och därmed i högre grad kunna motverka angrepp.

Klimatförändringarna ökar också risken för att nya arter av skadegörare kan vandra in och etablera sig, exempelvis gransköldlusen, den lilla granbarkborren, den blåsvarta björkstekeln, lärkborren, lärksäcksmalen, den ungerska blandsköldlusen och tallvedsnematoden (Eriksson m.fl., 2016; Ståhlberg m.fl., 2020).

Snytbaggen skadar barken på unga plantor, vilket oftast resulterar i att trädet dör. Snytbaggen gynnas av ett varmare klimat och kan därför bli ett ökande problem särskilt norröver (Nordlander m.fl., 2017). Problem med snytbagge kommer därför troligtvis att öka i omfattning och med större geografisk spridning.

### **Granbarkborrar**

Granbarkborrar är en omfattande skadegörare på granbestånd. Träd som drabbats av granbarkborre tappar barken och får ofta följdskador såsom stockblånad och lagringsröta orsakad av svampangrepp. För skogsägaren innebär det en ekonomisk förlust eftersom kvalitén på virket sänks. Ofta säljs det som brännved eller flis till ett mycket lägre pris om inte industrierna gör undantag.

Längre växtsäsong, tidigare vår och ökad temperatur gynnar granbarkborren genom tidigare svärmning på våren och kortare utvecklingstid, vilket ökar sannolikheten för ytterligare en generation (Jönsson m.fl., 2009). Varma somrar gynnar alltså barkborrarna eftersom de kan hinna med flera generationer under säsongen. Ökad temperatur i kombination med lägre nederbördsmängder (april-juli) bidrar till att granskogen blir torkstressad och får en minskad motståndskraft mot granbarkborreangrepp (Ståhlberg m.fl., 2020).

Rena granbestånd drabbas hårdare av granbarkborreangrepp än blandskogar (Jactel m.fl., 2017, Huuskonen m.fl., 2020). Framöver förväntas granandelen minska i Norrland och Svealand, och öka i Götaland, baserat på dagens skötsel och andra påverkansfaktorer (Eriksson m.fl., 2015). Samtidigt förväntas tallandelen minska och lövandelen öka i hela landet. Balansen mellan gran, tall och löv förväntas bli mer delad i södra Norrland och Svealand. I SKA15 bedömde man att skadorna från granbarkborreangrepp kommer att öka mångdubbelt mot slutet av seklet, som en konsekvens av mer gran på torr mark i södra Sverige, mer stormfällning och snabbare förökning på grund av varmare och torrare somrar (Eriksson m.fl., 2015).

Granbarkborren gynnas av ökad stormfällning eftersom barkborrarna får ökad tillgång till lämpligt yngelmateriäl i form av stormfällda granar. Marini m.fl. (2017) har studerat hur variationer i barkborreskador kan förklaras med sommar-temperatur, nederbördsmängd, mängd stormfälld skog och hur stor volym av granskog som dödas av granbarkborren under föregående år och hur de olika faktorerna samverkar. Stormskador är ofta startskottet för barkborreangrepp, särskilt om det blir en varm och torr sommar, men Marini m.fl. (2017) kunde inte visa på synergieffekter (barkborreangrepp) om varma och torra somrar sammanfaller med stormfällningar. Risken för barkborreskador ökar däremot under varma somrar, när det regnat lite under föregående år och när det inträffat en stormfällning under föregående år (Marini m.fl., 2017). Konkurrensen om bra platser att föröka sig på ökar när granbarkborrarna är väldigt många, vilket bidrar till att minska barkborreskador när mycket skog dödas under föregående år (Marini m.fl., 2017).

Torkan och den varma sommaren 2018 gjorde att granbarkborren hann med tre generationsväxlingar istället för två, vilket gjorde att granbarkborreangreppen blev omfattande både under 2018 och 2019. Under 2018 uppskattades volymen barkborreskadad granskog vara ca 2,4 miljoner m<sup>3</sup> för Götaland och 0,5–1,5 miljoner m<sup>3</sup> för Svealand, vilket var de högsta barkborreskadorna som Skogsstyrelsen då hade

uppskattat för ett enskilt år (Schroeder & Fritscher, 2020). Men redan året efter, alltså 2019, fördubblades skadorna i Götaland och skadorna i Svealand uppskattades till 1,9 miljoner m<sup>3</sup>. För 2020 har SLU uppskattat skadorna till 4 miljoner m<sup>3</sup> i Götaland och 3,7 miljoner m<sup>3</sup> i Svealand (Wulff & Roberge, 2020).

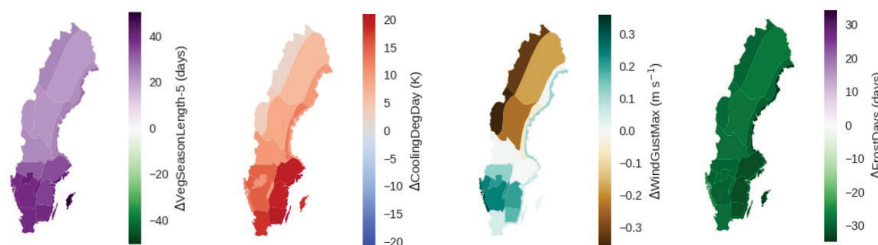
Datasimuleringar har visat att utvecklingen av två generationer kommer att vara normaltillståndet i södra halvan av Sverige från perioden 2071–2100 och framåt (Bentz m.fl. 2019). Samtidigt kommer motsvarande förhållanden råda i Norrland som idag råder i Götaland och Svealand.

En fördjupning av problemen med granbarkborrar och andra skadeinsekter återfinns i Bilaga 3.

### 3.5.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av relevanta klimatindex för +2-gradersscenariot illustreras i Figur 10. Det är sannolikt med mer gynnsamma förhållanden för granbarkborre och andra skadedjur främst till följd av längre och varmare sommarperiod. Enligt klimatmodelleringen kan vi förvänta oss längre vegetationsperiod i hela landet, en längre och varmare sommarperiod (större överskridande av höga temperaturer). Problematiken kring stormfällning väntas öka trots små förändringar i vindhastighet till följd av högre markvattenhalt och mindre förekomst av tjäle i det varmare och blötare klimatet.

*Sammanfattningsvis, är det troligt med mer gynnsamma förhållanden för granbarkborre och andra skadedjur i hela landet med något större förändring i söder än norr.*



Figur 10. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för förutsättningarna för granbarkborre- och andra skadedjursangrepp i +2-graders fallet. Från vänster till höger, vegetationsperiodens längd, antal kylgraddagar, maximal byvind och antal dagar med frost.

### 3.5.4 Konsekvensbedömning

Majoriteten av experterna i arbetsgruppen för bioenergi bedömde att det är troligt eller mycket troligt att barkborreangrepp kommer att leda till en ökad andel biobränsle på grund av skadat virke (Bilaga 2). På kort sikt kan granbarkborreangrepp alltså innebära ökat utbud till energisektorn, i form av skadat virke, medan på lång sikt kommer alla sektorer att bli lidande. Det är dock inget självändamål för energisektorn att få mer bränsle på grund av skogsbränder och skadedjur. Långsiktighet, helhetssyn och ett stabilt skogsbruk är viktigt för alla sektorer. Med god skogsskötsel kan man undvika påverkan av granbarkborreangrepp på virkeskvaliteten, exempelvis genom avverkning i tid.

Däremot bedömde experterna inte att konsekvensen med avseende på ojämna virkesflöden och ett större lagringsbehov blir lika betydande. Om vi vidtar lämpliga åtgärder för att hantera problemet med granbarkborreangrepp så minskar risken för att vi får granbarkborreskadat virke, och därmed minskar också risken för att vi behöver satsa på lagring. Skogsindustrin utvecklas hela tiden, bl.a. med avseende på logistik. På nationell nivå är problem med lagringsbehov och ojämna virkesflöden troligen inte så stort, men lokalt kan det bli problem. Om problemet med barkborreangrepp däremot blir storskaligt, kan det resultera i mycket stora mängder virke/biomassa till lågt pris.

**Sammantaget gör vi bedömningen att ändring i konsekvensen av granbarkborreförekomst i form av ett ökat utbud av biomassa till biobränslen kan ha en betydande påverkan på bioenergisektorn (i varierande grad för olika år). Det eventuella ökade lagringsbehovet från att stora mängder biomassa behöver hanteras på relativt kort tid kan också ha en viss påverkan.**

### 3.5.5 Åtgärder

För granbarkborren kan risken för skador i ett framtida klimat minskas med en skogsskötsel som leder till vitala granbestånd som är motståndskraftiga mot stormfällningar och torkstress. Granarnas vitalitet beror i sin tur både på vädret, skogsskötseln och ståndortsanpassning, det vill säga anpassning av skogliga åtgärder efter växtplatsens förutsättningar (Ståhlberg m.fl., 2020). Möjliga specifika åtgärder kopplat till effekter av granbarkborren och andra skadedjur inkluderar:

- Mer blandskog och fler trädslag minskar riskerna för trädslagsspecifika skadegörare.
- Eftersträva stor spridning i åldrar och trädslag.
- Trädslagsval utifrån markförhållanden (lämpligt trädslagsval på torkkänslig mark).
- Minska granandelen på de mest utsatta markerna.
- Skogsskötsel (röjning och gallring i granbestånd i rätt tid).
- Avverkning av granbestånd med nedsatt vitalitet.
- I riskområden - lägre beståndsålder vid föryngringsavverkning.
- Minska stormfällningsrisken (se kapitel 3.4.5).
- Aktivt borttagande av fallna träd och färska vindfällen.
- Aktiv skötsel – ta bort barkborreskadade träd snabbt och transportera till industri medan populationen befinner sig i trädet.

- Viltförvaltning – håll viltstammarna på en sådan nivå att det lämpligaste trädslaget kan väljas.
- Användning av feromonfällor.
- Digitalisering/övervakning, exempelvis drönare.
- Överväg regelverk också för skyddad skog.
- För snytbagg - fysiska skydd kan hindra gnag på stammen. Åtgärder på hygge: lämna skärmträd, markbereda och plantera i mineraljord (ej humus).
- Fortsatt forskning kring skogsskador. Ökad forskning kring olika skadegörare för att anpassa åtgärderna efter olika typer av skadegörare.

### 3.6 SKOGSBRÄNDER

Sammantaget gör vi bedömningen att det är troligt att påverkan på mängden biobränsle på grund av mer frekventa skogsbränder blir betydande för bioenergisektorn (mellanstor påverkan). Påverkan på tillväxt är mer osäker och beror på de lokala förutsättningarna i de skogsbestånd som drabbas men kan få betydelse för tillväxten och påverka den negativt (även om den påverkas av många andra faktorer också).

#### 3.6.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande konsekvenser av skogsbränder:

1. *Ojämn tillgång – Skogsbränder kan leda till ojämna virkesflöden och biobränsleutbud.*
2. *Ökat utbud – Skogsbränder kan leda till ökat utbud av biobränslen (träd som inte brinner upp helt).*
3. *Minskad tillväxt - Om brand sker i skog med stark tillväxt kan den generella tillväxten minska.*

Skogsbränder är plötsliga händelser som kan leda till ojämnt utbud av biobränslen från skogen. Skogsbränder kan leda till att utbudet av skogsråvara minskar på en lokal nivå. Mängden som går till bioenergi kan dock öka på grund av att inte hela eller alla träd brinner upp men biomassan kan då inte användas för andra ändamål än för bioenergi. Skogsbränder kan leda till att den generella tillväxten påverkas. Om brand till exempel sker i skog med stark tillväxt kan den generella tillväxten i skogen minska. Skogsbränder kan även leda till att relativt stora volymer av skadad skogsbiomassa behöver hanteras inom en liten tidsram, vilket kan leda till större lagringsbehov för biobränsle. Denna konsekvens har dock inte analyserats separat.

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för skogsbränder listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar temperatur och nederbörd.



### 3.6.2 Beskrivning av konsekvens

MSB (2020) bedömer att både ytan och antal skogsbränder kan komma att öka i framtiden på grund av klimatförändringarna. Klimatförändringarna gör att brandrisksäsongens längd ökar och att frekvensen och längd av högriskperioder också kommer att öka (Sjökvist m.fl., 2013). Enligt klimatscenariot RCP8,5 tidigare läggs brandrisksäsongens start med upp till 4 veckor vid slutet av seklet (MSB, 2020). Brandrisksäsongens längd ökar i hela landet, men mest i södra Sverige och den största förändringen är att starten på brandrisksäsongen infaller tidigare.

Risken för skogsbrand ökar i motsvarande grad som risken för torka. Fler och längre perioder med brist på markvatten under tillväxtsåsongen ökar risken för skogsbrand eftersom antändningsrisken ökar då markytan är uttorkad. De viktigaste påverkansfaktorerna vid skogsbränder är långvarig torka, i kombination med låg relativ luftfuktighet och hög vindhastighet (MSB, 2020). Sannolikt kommer andelen torkstressad skog att öka framöver, inte bara på grund av minskad vattentillgång under sommartid utan också som en konsekvens av en ökad andel gran i Götaland, vilket kan göra att risken för skogsbrand ökar mer än enbart på grund av ökad frekvens av torra perioder (Eriksson, m.fl., 2015). Den torra sommaren 2018 uppstod ett flertal stora skogsbränder i Sverige, framförallt i Norrland och Svealand, och omkring 25 000 ha skog drabbades (Ståhlberg m.fl., 2020).

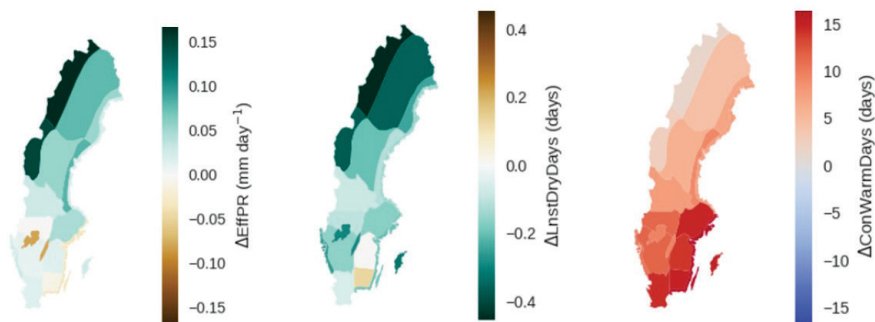
Lehtonen m.fl. (2016) visade att risken för större skogsbränder (> 10 ha) i Finland kommer att öka med i storleksordning en fördubbling mot slutet av seklet jämfört med tidsperioden 1980-2009 som en konsekvens av klimatförändringarna (RCP4.5).

### 3.6.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av relevanta klimatindex för +2-gradersscenariot illustreras i Figur 11. Risken för skogsbränder ökar främst till följd av varmare somrar och längre värmeböljor och torrperioder. Förhållanden för brandrisk påverkas av ett varmare klimat. Ett tydligt resultat av en allt längre sommarsäsong är att risken ökar för att nederbördsfattiga och torra somrar kan bli ännu torrare än idag. Samtidigt väntas nederbörden generellt öka i stora delar av landet vilket motverkar detta. I medeltal och för mer nederbördsrika år väntas generellt inte någon ändring i risken för bränder. Huruvida det blir fler antal dagar med brandrisk eller om antalet dagar blir ungefär detsamma som idag men med större risk är osäkert och mer detaljerade studier behövs här. I söder, där nederbördsförändringen på sommaren beräknas vara liten, är sannolikheten för ökad brandrisk större än i norr. Det kommer dock, finnas stora variationer mellan år som kan förstärkas längre fram i tiden.

*Sammanfattningsvis, är det troligt med ökad risk för skogsbränder under torra år på grund av klimatförändringar. Sannolikheten för ökad risk är störst i södra Sverige.*





Figur 11. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för förutsättningarna för skogsbränder i +2-graders fallet. Från vänster till höger, effektiv nederbörd, längsta torrperiod och värmebölja.

### 3.6.4 Konsekvensbedömning

Arbetsgruppen för bioenergi bedömde att det är troligt att konsekvensen på mängden biobränsle på grund av skogsbränder blir betydande (Bilaga 2). I likhet med stormfällningen så bedömde man att konsekvensen på ojämn tillgång inte blev lika betydande (Bilaga 2).

Skogsbränderna under sommaren 2018 resulterade i en ökad tillgång på biobränslen i vissa delar av Sverige. Skogsbränder kan alltså ge tillgång till mycket biobränsle under vissa perioder, vilket resulterar i ett ojämnt flöde för skogssektorn och att priset på biobränsle kan gå ner. Men påverkan på nationell nivå är troligtvis inte stor.

Till skillnad från stormfällning, som oftast drabbar äldre bestånd, så kan skogsbrand drabba alla typer av bestånd, även ungskog. Dock är det inte så lätt att bedöma konsekvensen med avseende på tillväxten kopplat till skogsbränder eftersom det beror på i vilken utsträckning man tror att skogsbränder kommer att ske i skogar med stark tillväxt eller ej. Bristen på samstämmighet kring betydelsen av denna konsekvens bland experterna bekräftar detta (Bilaga 2).

Sammantaget gör vi bedömningen att det är troligt att påverkan på mängden biobränsle på grund av mer frekventa skogsbränder blir betydande för bioenergisektorn (mellanstor påverkan). Påverkan på tillväxt är mer osäker och beror på de lokala förutsättningarna i de skogsbestånd som drabbas men kan få betydelse för tillväxten och påverka den negativt (även om den påverkas av många andra faktorer också).

### 3.6.5 Åtgärder

Sverige kommer sannolikt att vidta en mängd åtgärder för att minska risken för skogsbränder. Vissa av dessa åtgärder, exempelvis brandgator, uttag av grot (grenar och toppar) med mera, kan i sin tur också leda till ökad tillgång på bioenergi. I princip kan åtgärderna ge upphov till mer bioenergi än själva branden.

Nedan har vi listat förslag på åtgärder kopplat till skogsbränder baserat på litteratur och input från arbetsgruppen för bioenergi:

- Bättre beredskap och större kapacitet och förbättring av samhällets förmåga att snabbt släcka skogsbränder. Exempelvis investera i svenskt brandflyg eller samverkan med de nordiska länderna.
- Noggrann eftersläckning.
- Planering i skogen – brandgator, körbara skogsbilvägar för släckningsverksamhet.
- Samarbete mellan regioner och förbättrad planering av avverkning.
- Högt uttag av avverkningsrester (grot) minskar mängden bränsle på marken.
- Förbättrad brandbevakning, exempelvis med digital teknik (drönare) och fjärranalys (satellitövervakning).
- Återvätning av dikad mark (kan bidra till brandbarriärer och minska tillgång på torr torv som brinner länge). Minskar samtidigt klimatutsläppen till luften.

## 3.7 VILTSKADOR

**Sammantaget bedöms viltskadors påverkan på trädens tillväxt vara betydande och det finns en risk för ökade viltskador på grund av mer gynnsamma förhållanden för vilt i hela landet på grund av klimatförändringarna. Detta skulle kunna ha viss påverkan på bioenergisektorn eftersom det på sikt påverkar möjlig mängd biobränslen. Dock är det troligtvis andra faktorer än klimatet som i större utsträckning avgör den framtida påverkan av viltskador varpå påverkan för bioenergisektorn i slutändan bedöms vara begränsad.**

### 3.7.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande konsekvenser av viltskador på bioenergi:

1. *Viltskador påverkar trädens tillväxt negativt*
2. *Viltskador kan leda till ökad andel biobränsle på grund av försämrad virkeskvalitet*

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för viltskador listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar temperatur, vegetationsperiod och nederbörd.

### 3.7.2 Beskrivning av konsekvens

Mildare vintrar (framförallt i norr) kan göra att hjortdjuren överlever i högre grad, vilket kan ge skador på tall och lövplantor. I ett varmare klimat är det troligt att älgstammen förskjuts något norrut och att rådjur, dov- och kronhjort ökar i söder och sprider sig norrut (Ståhlberg m.fl., 2020). Det är också möjligt att älgstammen, till skillnad från rådjursstammen, kommer att minska som en konsekvens av klimatiförändringarna (Weiskopf m.fl., 2019). Det är också troligt att vitsvans-hjorten sprider sig från Finland till norra Sverige med spridning söderut (Ståhlberg m.fl., 2020).

Viltskador leder till minskad tillväxt och försämrad virkeskvalitet, samt en artfattigare skog eftersom gräs och gran gynnas. Kalén m.fl. (2019) har uppskattat att viltbetesskador kan minska tillväxten i skogen med 6,4 miljoner m<sup>3</sup> per år.

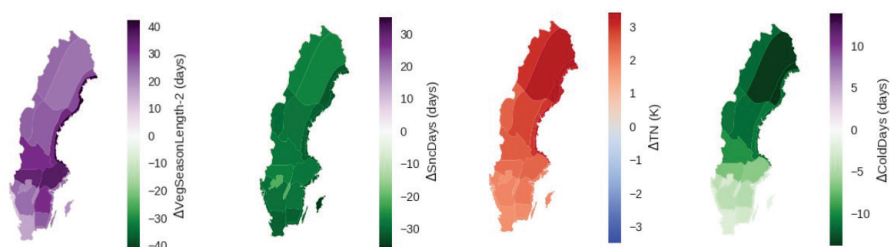
Ståhlberg m.fl. (2020) redovisar en grov skattning av viltskadeökningen (förutsatt att viltförvaltningen förblir oförändrad) och förutspår då en ökning med 5–10 % till 2050 och 10–20 % till slutet av seklet.

Det finns en koppling mellan viltskador och skadedjur. Om man planterar gran på marker som är mer lämpade för tall, för att undvika viltskador (på tall), får man större risk för torkstressade träd och skadedjur.

### 3.7.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av relevanta klimatindex för +2-gradersscenariot illustreras i Figur 12. Det är mycket troligt med längre vegetationsperiod i hela landet men särskilt i södra Sverige. Det är mycket troligt att vi får kortare och varmare vintrar med mindre mängd snö. Många förändringarna som är kopplade till ändringar i snöklimatet är som mest utpräglade i ett område i norra Götaland, Svealand och längs Norrlandskusten, dvs. i zonen som avgränsar det kallare mer snösäkra området i Norrland från Sydsveriges väsentligt mildare vintrar (se vänstra delfiguren i Figur 12). Ett mindre antal kalla dagar och ökad minimi-temperatur på vintern förväntas i hela landet.

*Sammanfattningsvis, är det mycket troligt med mer gynnsamma förhållanden för vilt i hela landet vilket kan ge ökade viltskador.*



Figur 12. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för förutsättningarna för viltskador i +2-graders fallet. Från vänster till höger, vegetationsperiodens längd för dygnsmedeltemperaturer över +2C, snösäsong, minimi-temperatur på vintern och antal kalla dagar (kallare än -7C).

### 3.7.4 Konsekvensbedömning

Majoriteten av experterna i arbetsgruppen för bioenergi bedömde att det är troligt att konsekvensen av viltskadors påverkan på trädens tillväxt blir betydande (Bilaga 2). Däremot bedöms sannolikheten för en ökad andel biobränsle till följd av viltskador vara något lägre (Bilaga 2).

Även om det är troligt att klimatförändringarna gör att vintrarna blir mildare, vilket gör att hjortdjuren överlever vintrarna i högre grad, samt att de får en större spridning i landskapet, så blir konsekvensen troligtvis inte så omfattande, eftersom annat än klimatet styr i slutändan, framförallt mänskliga beslut (jakt).

Sammantaget bedöms viltskadors påverkan på trädens tillväxt vara betydande och det finns en risk för ökade viltskador på grund av mer gynnsamma förhållanden för vilt i hela landet på grund av klimatförändringarna. Detta skulle kunna ha viss påverkan på bioenergisektorn eftersom det på sikt påverkar möjlig mängd biobränslen. Dock är det troligtvis andra faktorer än klimatet som i större utsträckning avgör den framtida påverkan av viltskador varpå påverkan för bioenergisektorn i slutändan bedöms vara begränsad.

### 3.7.5 Åtgärder

Möjliga åtgärder kopplat till konsekvenser av viltskador inkluderar:

- Anpassning av förvaltningssystemet som reglerar klövviltstammarna (jakt).
- Anpassning av trädslagsval.

Om viltskadorna, som ju framförallt drabbar tallbestånd, är för omfattande finns en risk att föryngringen domineras av gran och att man till och med planterar gran på utpräglade tallmarker där granen lätt drabbas av torkstress, vilket bland annat ökar risk för skadegörare (Ståhlberg m.fl., 2020).

## 3.8 ROTRÖTA OCH ANDRA SKADESVAMPAR

Mängden skogsbiomassa som är tillgänglig för biobränslen kan öka på grund av att det förväntas bli mer gynnsamma förhållanden för rotröta och andra skadesvampar i hela landet. Sammantaget görs dock bedömningen att det är mindre troligt att påverkan av rotröta och andra skadesvampar blir betydande för bioenergisektorn eftersom ökningen av biomassa för energiändamål troligtvis blir relativt liten. Det går också att anpassa avverkningen av andra bestånd utefter detta och det är inte så troligt med lokala problem i samma utsträckning som vid brand och storm.

### 3.8.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande konsekvenser av rotröta och andra skadesvampar:

1. *Minskad tillväxt - Rotröta, rotticka och andra skadesvampar påverkar trädens tillväxt negativt.*
2. *Försämrade virkeskvalitet - Rotröta, rotticka och andra skadesvampar kan leda ökad andel biobränsle på grund av försämrade kvalitet.*

Rotröta och andra skadesvampar kan leda till att en mindre andel av biomassan kan användas till sågtimmer och att andelen som kan användas till biobränsle således ökar.

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för rotröta och andra skadesvampar listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar temperatur, och vegetationsperiod.

### 3.8.2 Beskrivning av konsekvens

Skador från rottickan och andra svampar orsakar kvalitetsnedsättningar på virket, vilket gör att virket inte längre kan användas som timmer, utan klassas om till massaved eller brännved. Skadorna innebär även tillväxtförluster och/eller dödlighet för angripna träd (Skogsstyrelsen, 2017a). Angripna träd har också en ökad risk för stormfällning och snöbrott.

Det finns en mängd olika svampar som kan angripa och skada träd, men den allvarligaste och vanligaste formen av rotröta i Sverige orsakas av rottickan (Skogsstyrelsen, 2017a). Rottickan förväntas få bättre förutsättningar i ett varmare klimat (Müller m.fl., 2015). Rotröta drabbar framförallt gran. Spridning av rotröta sker framförallt när avverkning sker under tillväxtsåsongen, och i ett varmare klimat genomförs troligtvis fler avverkningar under vegetationsperioden. Ökad andel gran (som en konsekvens av viltskador i tallbestånd från hjortdjur) förbättrar förutsättningarna för spridning av rotröta ytterligare, framförallt i granplantering på torra marker. I SKA15 har man uppskattat en ökning av rötförekomsten i landets granar från ca 8 % till 12–15 % i slutet av seklet som en konsekvens av klimatförändringarna om inte lämpliga åtgärder vidtas (Eriksson m.fl., 2015).

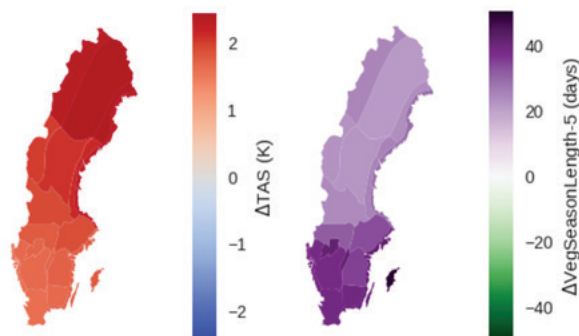
Andra skadesvampar förväntas få sämre förutsättningar i och med klimatförändringarna, exempelvis greminellasvampen som skadar barrträd (framförallt tall och contortatall. Greminellasvampen skadar träden genom att döda unga skott och knoppar och gynnas av försvagade träd och fuktiga förhållanden (Skogsstyrelsen, 2017b). Venäläinen m.fl. (2020) bedömer att klimatförändringarna, med högre vårtemperaturer och fler torkperioder, kommer att leda till minskad spridning av greminellasvampen och andra skadegörare som sprids via sporer.

### 3.8.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av relevanta klimatindex för +2-graders fallet illustreras i Figur 13. Det är mycket troligt med högre temperatur i hela landet med den största ökningen längst i norr. Vegetationsperioden förlängs också då det blir fler dagar med temperaturer över 5 grader. Här är ökningarna som störst i söder och längst

kusterna. Detta innebär att det är mycket troligt med mer gynnsamma förhållanden för rotröta och andra skadesvampar.

*Det är mycket troligt med mer gynnsamma förhållanden för rotröta och andra skadesvampar i hela landet men något större förändring i söder än norr.*



Figur 13. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för förutsättningarna för rotröta i +2-graders fallet. Till vänster visas årsmedeltemperatur och till höger vegetationsperiodens längd för dygnsmedeltemperaturer över +5C.

#### 3.8.4 Konsekvensbedömning

Majoriteten av experterna i arbetsgruppen för bioenergi gjorde bedömningen att det är mindre troligt att konsekvensen av minskad tillväxt på grund av rotröta blir betydande (även om en expert angav mycket troligt) (Bilaga 2). Inte heller konsekvensen med ökad mängd biobränsle på grund av försämrad virkeskvalitet bedömdes särskilt troligt att den blir betydande (Bilaga 2).

Mängden skogsbiomassa som är tillgänglig för biobränslen kan öka på grund av att det förväntas bli mer gynnsamma förhållanden för rotröta och andra skadesvampar i hela landet. Sammantaget görs dock bedömningen att det är mindre troligt att påverkan av rotröta och andra skadesvampar blir betydande för bioenergisektorn eftersom ökningen av biomassa för energiändamål troligtvis blir relativt liten. Det går också att anpassa avverkningen av andra bestånd utefter detta och det är inte så troligt med lokala problem i samma utsträckning som vid brand och storm.

#### 3.8.5 Åtgärder

Möjliga åtgärder kopplat till konsekvenser av rotröta och andra skadesvampar inkluderar

- Anpassning av trädslagsval genom att blanda ut granen med andra trädslag och genom att byta trädslag (till löv- eller blandskog) på marker där granen har varit svårt infekterad.
- Granföryngring på torr mark bör undvikas.
- Stubbehandling i samband med avverkning och gallring under vegetationsperioden.
- Skogsträdsförädling för att ta fram träd som är mer motståndskraftiga mot skadesvampar.

### 3.9 ÄNDRADE MARKFÖRHÅLLANDEN PÅVERKAR MÖJLIGHETEN FÖR UTTAG

**Sammanfattningsvis gör vi bedömningen att det är mycket troligt att bioenergibranschen under vissa år kommer att påverkas av ändrade markförhållanden som påverkar möjligheten för uttag framöver och att påverkan kan bli relativt betydande (mellanstor). Utökad användning av befintliga åtgärder kan dock minska den faktiska påverkan.**

#### 3.9.1 Identifierade konsekvenser

Ökad fuktighet i mark samt förändrad tjäle kan påverka möjlig avverkning men även specifikt det möjliga uttaget av restprodukter som grot från skogen.

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för ändrade markförhållanden listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar tjäle och nederbörd.

#### 3.9.2 Beskrivning av konsekvens

Fuktiga områden, och områden som omges av fuktiga områden, kan öka och bli svåra att komma åt vintertid om klimatförändringarna medför ökad nederbörd och mindre tjäle då det påverkar markens bärighet. Maskiner för avverkning och transporter av virke och skogsrester är beroende av fungerande vägar. Tillgängligheten på virke och skogsrester kan alltså påverkas negativt när fuktiga områden blir svårare att nå eller passera och det finns en risk för körskador på marken och att maskiner kör fast (Ståhlberg m.fl., 2020). Problem med detta kan ge ökade kostnader för skogsägarna (Ståhlberg m.fl., 2020). Risken för skador ökar om förhållandena leder till ökad fuktighet i skogen.

Problem med ökad fuktighet i mark uppkom till exempel under vintern 2017/2018 (se avsnittet konsekvensbedömning nedan). Risken för problem med över-  
svämning förväntas däremot inte vara betydande med ett förändrat klimat (Ståhlberg m.fl., 2020).

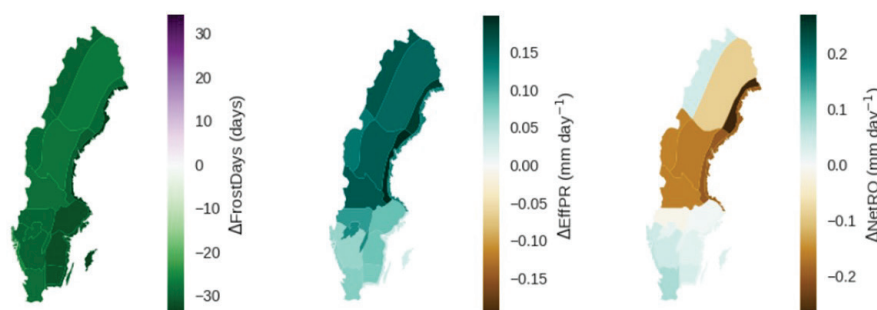
#### 3.9.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av utvalda relevanta klimatindex för +2-gradersscenariot illustreras i Figur 14. Mycket troligt med större frekvens av områden utan tjäle och med blöta förhållanden under vinterhalvåret i hela landet. Detta då antalet



frostdagar förväntas bli färre (vilket bidrar till kortare säsong med tjäle). I norr väntas också antalet dagar med nollgenomgångar, dvs. med temperatur både över och under noll grader, öka vilket också indikerar minskat antal dagar med frusen mark och tjäle. Den effektiva nederbörden ökar i hela landet till följd av att nederbörden förväntas öka mer än avdunstningen. De generellt blötare vintrarna leder till ökad avrinning längst i söder och i de norra fjälltrakterna men i stora delar av Svealand och övriga Norrland sker en minskning till följd av mindre snö. Större variation mellan åren förväntas vilket innebär att vissa år förväntas det bli blötare markförhållanden medan andra år blir det torrare markförhållanden.

*Sammanfattningsvis, är det totalt sett mycket troligt med förändrade förhållanden kopplat till fuktighet i mark och ändrad tjäle i hela landet som kan påverka det möjliga uttaget av skogsrester.*



Figur 14. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för ändrade markförhållanden som påverkar möjligheten för uttag från skogen i +2-graders fallet. Från vänster till höger, antal frostdagar, effektiv nederbörd och nettoavrinning under vintern.

### 3.9.4 Konsekvensbedömning

Majoriteten i arbetsgruppen för bioenergi bedömde att det är troligt eller mycket troligt att konsekvensen av ändrade markförhållanden på möjligheten för uttag är betydande (Bilaga 2). Det är troligt att klimatförändringarna kommer att resultera i lokala och regionala skillnader med avseende på problemet med ändrade markförhållanden som påverkar möjligheterna till uttag. Exempelvis ökar nollgenomgångarna i norr, vilket troligtvis innebär att tidsfönstret för avverkning och bränsleuttag minskar. Dessutom kan det bli skillnader, exempelvis mellan västra jämfört med östra Götaland.

Redan idag har vi problem med hög fuktighet i skogsmark, men bärigheten är ändå relativt bra eftersom det mesta är ganska frisk mark. Dessutom finns det idag bra verktyg och åtgärder för att undvika problemet, exempelvis prognoser, hydrologiska kartor, laserscanningar mm, som gör att vi redan idag kan undvika dåliga markförhållanden. En av experterna menade därför att befintliga vidtagna åtgärder löser stora delar av problemet. Dessa prognoser bör dessutom kunna utvecklas framöver och problemen bör då bli mindre.

Under vintern 2017/2018 var det dock problem med att komma ut i skogen och få tillgång till virke och grot under hösten och hela vintern på grund av regn, fukt och snö. Först var det väldigt på blött på grund av stora mängder nederbörd i söder

vilket ledde till lägre avverkningar och antagligen ökad risning vilket följdes av lägre utbud av biomassa till energisektorn. Sedan kom en relativt kall vinter vilket innebar att ökat bränslebehov för fjärrvärmesektorn. Flera energiföretag bekräftade bilden att den vintern innebar bekymmer för energibranschen i form av tillgång på skogsrester som också berodde på det låga utbudet på hösten och ökad konkurrens från industrin. Detta syns även i energistatistiken, bland annat användes mer fossila bränslen för fjärrvärmeproduktion och problemet förstärktes alltså av att det var en relativt kall vinter. Men problemet berodde även på att marknaden för grot minskat och när efterfrågan ökade fanns inte heller entreprenörer och infrastruktur som kunde tillgodose marknaden med kort varsel (Andersson, 2020).

En konsekvens i södra Sverige har bland annat blivit att grothögar lämnas längs vägen istället för på hygget för att underlätta åtkomst. Flera aktörer har också övervägt att öka sin lager (Andersson, 2020). Många privata markägare, särskilt längre söderut, har inte börjat tillämpa prognosmetoder i samma utsträckning som längre norrut. Det kan vara ett skäl till att södra Sverige hade större problem under vintern 2017/2018. Effekten för branschen förstärktes också av att samma problematik fanns i även andra länder (Finland och Baltikum) vilket inte underlättade för import av biobränslen.

Vid blöta förhållanden används grot ibland som underlag för skogsmaskiner (gjordes tex vintern 2017/2018). Då förstörs den och kvaliteten försämras och kan därmed i mindre utsträckning användas för energiändamål. Detta ger konsekvenser för efterföljande säsong vad gäller utbud av grot.

**Sammanfattningsvis gör vi bedömningen att det är mycket troligt att bioenergibranschen under vissa år kommer att påverkas av ändrade markförhållanden som påverkar möjligheten för uttag framöver och att påverkan kan bli relativt betydande (mellanstor). Utökad användning av befintliga åtgärder kan dock minska den faktiska påverkan.**

### 3.9.5 Åtgärder

Klimatförändringarna kommer sannolikt att leda till mer störningar framöver och det finns små möjligheter att påverka markförhållandena (tjäle och fukt), utom i viss mån via avvattning/dikning. Därför handlar det helt om anpassningsåtgärder det vill säga att planera och anpassa teknik efter dessa förhållanden. Den tekniska utvecklingen kommer troligtvis att öka framöver i takt med att behovet ökar. Redan idag pågår förbättringsarbete, exempelvis av markvattenkartor, och dessa kartor förväntas bli fritt tillgängliga framöver.

Markavvattning genom dikning är en möjlig åtgärd, men kommer att ifrågasättas utifrån biologisk mångfald och eftersom man snarare diskuterar återvätning som

klimatåtgärd. En expert tror att man kommer att återväta vissa marker medan de som fortfarande kvarstår som utdikade kommer att underhållsdikas som åtgärd.

Här är en lista med förslag på anpassningsåtgärder för att minska problemen med svåra markförhållanden vid avverkning:

- Förbättrad teknisk utveckling och implementering av utrustning för avverkning
  - utveckla maskiner och teknik som klarar kommande förutsättningar till exempel lägre marktryck på skördare/skotare (lågtrycksdäck) och självkörande, lättare maskiner.
- Noggrann planering av avverkning och uttag av grot och tillhörande körning för att undvika svåra markförhållanden
  - Anpassa perioden för avverkning (till torra perioder).
  - Inkludera transport redan vid planering av avverkning.
  - Beakta markförhållandena vid planering av skotning, flisning etc. (till exempel var placera grotvältor med mera).
  - Risning med skogsrester.
  - Anpassa markberedning.
  - Användning av förbättrade markfuktighetskartor.
  - Flexibel så kallad traktbank som styr avverkningar efter rådande väder.
  - Klassa objekt med olika 'känslighet' och beakta vid besvärliga markförhållanden.
- Ökad internationell och regional biobränslehandel kan också bidra till att grot inte behöver skördas vid tidpunkter då det är fuktigt i skogen. Detta dock givet att inte många länder har samma förutsättningar vad gäller ökad fuktighet i mark samtidigt. En bättre handelsplats för biobränslen skulle underlätta.

### 3.10 SNÖSKADOR

Sammantaget gör vi bedömningen att det är mindre troligt att konsekvenser kopplat till snöskador blir betydande för bioenergisektorn. Minskad mängd snöskador i södra Sverige kan ha en positiv påverkan på tillväxten, men denna påverkan bedöms vara relativt liten (tillväxten påverkas av många andra faktorer).

#### 3.10.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande konsekvenser av snöskador:

- *Snöskador ökar - Ökad mängd snöskador kan på sikt påverka den generella tillväxten i skogen.*
- *Snöskador minskar – Minskad mängd snöskador (främst i söder) vilket på sikt påverkar den generella tillväxten i skogen.*

De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för snöskador listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar temperatur och nederbörd.

### 3.10.2 Beskrivning av konsekvens

Tung blöt snö som lägger sig på grenar och i trädkronor kan, om vikten blir för stor, knäcka, böja eller välta omkull hela träd. Blåser det kraftigt är risken för skador ännu större. Skadornas omfattning varierar från knäckta grenar till helt döda träd. Skadade träd är också mer mottaglig för följdskador i form av svamp- och insektsangrepp (Schroeder och Eidmann, 1993). Snöskador uppstår oftast i unga, täta och ogallrade bestånd (Valinger m.fl., 1994) där trängseln lett till att de söker sig uppåt mot ljuset vilket skapar smala höga träd med osymmetriska kronor. I denna typ av skog är risken för snöskador som störst (Persson, 1972).

Klimatförändringarna kan öka risken för snöbrott om nederbörden under vintern ökar samtidigt som dagar med nollgenomgångar (tillfällen då temperaturen två meter över marken passerar 0°C uppåt eller nedåt under dagen) ökar. I söder kan risken istället minska på sikt, om snön helt uteblir.

Kraftiga snöfall (>40–60 mm) i kombination med temperaturer kring 0°C (-3 till +0.3°C) och lätt vind (<9 m s<sup>-1</sup>) skapar förhållandena då risken för måttliga till svåra snöskador är som störst (Nykönen m.fl., 1997). Mängden blötsnö är i sin tur beroende på altitud och avstånd till kusten. Generellt sett ökar risken för skador med ökad altitud (Jalkanen och Konopka, 1998; Valinger och Fridman, 1999).

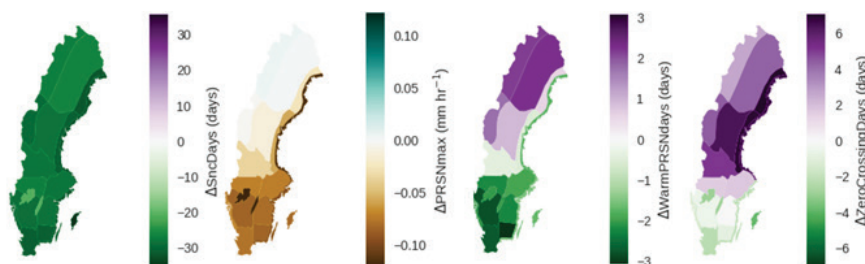
Känsligheten för snöskador varierar även mellan olika trädslag beroende på dess form. Mest känslig är tall som har en lång rak stam med en hög krona där snö kan ackumuleras (Päätaalo, 2010). Minst känslig är gran som har en avsmalnande stam och grenar hela vägen som snön kan glida av från. Björken viker sig ofta av tunga snötäcken och dess känslighet tycks variera (Jalkanen och Konopka, 1998; Nykönen m.fl., 1997).

I Finland har man utvecklat en modell för att uppskatta snöskador (Lethonen m.fl. 2014). Resultaten visar att snöskadorna kommer att öka i östra och norra Finland som en konsekvens av klimatförändringarna (Lethonen m.fl. 2016).

### 3.10.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av utvalda relevanta klimatindex för +2-graders fallet illustreras i Figur 15. Det är mycket troligt att vi får kortare och varmare vintrar med kortare snösäsong och generellt mindre mängd snö i landet. Den varmare atmosfären kan dock hålla mer vattenånga och snöfallsintensiteten kan därför komma att öka allra längst i norr där det fortfarande är tillräckligt kallt. Det är dock något osäkert hur stora snömängder som kan komma på vintern. De mildare förhållandena gör att antalet dagar med temperaturer nära noll grader ökar i stora delar av Norrland. I kombination med snöfall kan detta ge ökade problem med blötsnö. I övriga landet väntas generellt minskade problem med snö och blötsnö.

*Sammanfattningsvis, är det troligt med minskade problem med snöskador i söder och ökad risk för problem med snöskador i norr.*



Figur 15. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för ändrade snöskador i +2-graders fallet. Från vänster till höger, antal dagar med snötäcke, maximal snöintensitet, antal dagar med snöfall då temperaturen är nära noll grader och antal dagar med nollgenomgångar under vintern.

#### 3.10.4 Konsekvensbedömning

Minskad mängd snöskador i södra Sverige kan ha en positiv påverkan på tillväxten, men denna påverkan bedöms vara relativt liten (tillväxten påverkas av många andra faktorer) och situationen är samma för den risk som finns för ökade snöskador i norr som bedöms som ännu mindre betydelsefull (se Bilaga 2).

Sammantaget gör vi bedömningen att det är mindre troligt att konsekvenser kopplat till snöskador blir betydande för bioenergisektorn. Minskad mängd snöskador i södra Sverige kan ha en positiv påverkan på tillväxten, men denna påverkan bedöms vara relativt liten (tillväxten påverkas av många andra faktorer).

#### 3.10.5 Åtgärder

Möjliga åtgärder kopplat till snöskador inkluderar:

- Tidig och ganska hård röjning gynnar trädens diametertillväxt.
- Förstagallringen bör inte göras för sent.
- Låggallring (avverkning av de klenare träden) resulterar i en mindre risk för snöskador jämfört med höggallring. Låggallring med stora uttag ger troligtvis också mindre risk för snöskador än låggallring med svaga uttag.

### 3.11 EVENTUELL PÅVERKAN PÅ LAGRINGSFÖRHÅLLANDEN

Sammantaget gör vi bedömningen att det är mindre troligt att en ökad risk för brand eller andra fuktrelaterade problem i bränslelager direkt på grund av klimatförändringarna kommer att ha en betydande påverkan på bioenergi-branschen. Men det finns en risk att storleken på bränslelagren ökar under vissa perioder på grund av ökad tillfällig tillförsel (genom skogsbränder, granbarkborre, storm etc.) och detta kan möjligtvis medföra att riskerna för brand ökar om inte åtgärder vidtas.

### 3.11.1 Identifierade konsekvenser

Vi har identifierat följande potentiella konsekvens kopplat till lagringsförhållanden för biobränslen:

- *Lagring brandrisk och fukt - Eventuell ökad risk för brand i lager av träråvara och biobränsle på grund av ändrade omgivningsförhållanden (temperatur och fukt).*

Ojämn fukthalt kan även ge energiförluster och medföra förbränningstekniska problem. De klimatindex som bedömts vara mest relevanta för påverkan på lagringsförhållanden listas i Tabell 2 och inkluderar faktorer som påverkar temperatur och nederbörd.

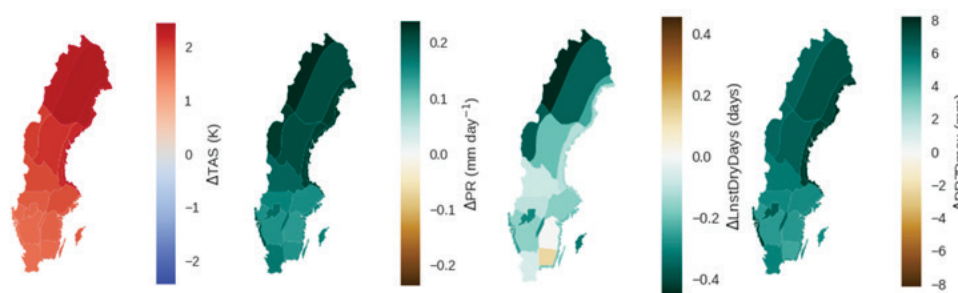
### 3.11.2 Beskrivning av konsekvens

Mikrobiell aktivitet och kemiska oxidationsprocesser i ett lager med biobränslen kan leda till varmgång i bränslet och i förlängningen brand i bränslelager genom självantändning. Den mikrobiella aktiviteten påverkas av fukthalt som kan påverkas av temperatur (Gunnarsson m.fl., 2016). Risken för brand ökar om man blandar material med olika fukthalter och storleken på lager har betydelse. Lagringstiden påverkar också och risken för brand är mindre vid kortare lagringstid. Generellt sett leder lagring även till substans- och energiförluster kopplat till fukthalten vilket även kan ge förbränningstekniska problem (Gunnarsson m.fl., 2016).

### 3.11.3 Bedömning av framtida klimat

Förväntad förändring av utvalda relevanta klimatindex för +2-graders fallet illustreras i Figur 16. I ett varmare klimat med högre temperaturer ökar både avdunstning och nederbörd. Den relativa fuktigheten väntas däremot inte ändras i någon större omfattning. Det finns dock en tendens till ökad variabilitet mellan torra och varma år och mer nederbördsrika år. Det är därför troligt med viss ökning av variabilitet mellan åren vad gäller fuktighet styrt av temperatur och nederbörd särskilt på sommaren. Ökad temperatur ger ökade förutsättningar för mikrobiell aktivitet i bränslelager.

*Sammantaget är det troligt med förändring av de klimatindex som kan påverka lagringsförhållandena.*



Figur 16. Förväntad förändring av utvalda klimatindex som är relevanta för ändrade lagringsförhållanden i +2-graders fallet. Från vänster till höger, årsmedeltemperatur, årsnederbörd, längsta perioden av torra dagar under sommaren och största nederbörds mängden under en vecka.



### 3.11.4 Konsekvensbedömning

Sammantaget bedöms det mindre troligt att en ökad risk för brand i bränslelager kommer att ha en betydande påverkan på bioenergibranschen (Bilaga 2). Om brand väl uppstår i bränslelager kan dock konsekvenserna bli stora. Det finns en risk att branden sprider sig till produktionsanläggningen vilket skulle vara en stor konsekvens. Följderna om det skulle bli vanligare med bränder i bränslelager (som även påverkar de boende i närområdet) kan bli nya krav gällande var och hur bränslelager får förvaras. Den mängd bränsle som går förlorad, och därmed det ekonomiska värdet, bedöms som en mindre konsekvens.

Det bedöms inte heller troligt att en eventuellt ökad fukthalt i bränslet, vilket kan ge ökade energiförluster kommer att ha någon betydande påverkan på bioenergibranschen.

### 3.11.5 Åtgärder

Möjliga åtgärder kopplat till konsekvenser av eventuell påverkan på lagrings-

Sammantaget gör vi bedömningen att det är mindre troligt att en ökad risk för brand eller andra fuktrelaterade problem i bränslelager direkt på grund av klimatförändringarna kommer att ha en betydande påverkan på bioenergibranschen. Men det finns en risk att storleken på bränslelagren ökar under vissa perioder på grund av ökad tillfällig tillförsel (genom skogsbränder, granbarkborre, storm etc.) och detta kan möjligtvis medföra att riskerna för brand ökar om inte åtgärder vidtas.

förhållanden inkluderar (främst baserat på Gunnarsson m.fl., 2016)

- Anpassning av lagringsmetoder till exempel anpassa lagringstid och stackstorlek.
- Bättre information om bränslets egenskaper som fukthalt vid lagringsplats och utveckling av prov och analysmetoder.
- Ökad kunskap och erfarenhetsutbyte om vad som händer med bränslet under olika lagringsförhållanden med olika lagrings och hanteringsmetoder dvs kring hur man minskar risken för brand och energiförluster.
- Fortsatt utveckling och implementering av detektions- och övervakningssystem för ökade temperaturer.

Generellt sett är det viktigt att följa och fortsätta utveckla de vägledningar för lagring som bioenergibranschen tar fram.



### 3.12 KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ BIOBRÄNSLEN FRÅN JORDBRUKET

Detta projekt har fokuserat på biobränslen från skogen. Här görs, baserat på befintlig litteratur, en kort beskrivning av hur biobränslen från jordbruket kan komma att påverkas av klimatförändringarna.

Jordbruksbaserade biobränslen omfattar energiskog (salix och poppel), energi-grödor, halm och andra restprodukter. I Sverige finns potential för en ökad produktion av hållbar bioenergi från jordbruket, exempelvis om övergiven åkermark används för att producera energigrödor, men detta förutsätter att det blir lönsamt för lantbrukaren att producera och sälja denna biomassa (Börjesson, 2016; Rydberg m.fl, 2019).

De viktigaste klimatparametrarna för biobränslen från jordbruket är:

- Vegetationsperiodens längd
- Temperatur
- Nederbörd

För Sveriges del bedöms klimatförändringarnas effekter på jordbruket innebära större fördelar än nackdelar för produktionen (Jordbruksverket, 2017a). Vegetationsperioden förväntas öka med 10–30 dagar (beroende på klimatscenario) under perioden 2011–2040 jämfört med en referensperiod (1986–2005). Ännu längre fram (2071–2100) förväntas vegetationsperioden bli 30–50 dagar längre, eller 50–80 dagar längre (södra Sverige) respektive 40–60 dagar längre (norra Sverige) jämfört med referensperioden (Jordbruksverket, 2017a). Däremot kan det bli problem med torka under sommaren, framförallt i sydöstra Sverige eftersom markfuktigheten där redan är låg. Förändringar i nederbörden kan även ge problem med översvämningar framöver. Den ökade skördepotentialen och en ökad urlakning (pga regn) kommer troligen att leda till ett ökat behov av kvävegödsling (Jordbruksverket, 2007). Även de uppdaterade klimatscenerierna i detta projekt visar på att det är mycket troligt med en längre vegetationsperiod med en något större ökning i söder.

I likhet med skogsbruket, så kan klimatförändringarna leda till ökande problem med växtskadegörare inom jordbruksnäringen då det riskerar att bli mer gynnsamma förhållanden för dem (Jordbruksverket, 2012). Detta kan i sin tur göra att användningen av växtskyddsmedel ökar, vilket kan ge negativa effekter i miljön och även försämra för den naturliga regleringen av växtskadegörare vilket då även potentiellt kan påverka energigrödor.

Odling av energigrödor bidrar till en högre inlagring av kol i marken jämfört med odling av enbart ettåriga grödor. Om behovet av bioenergi från åkermarken ökar framöver kan bevarande av jordbruksmark därför bli viktig som en klimat-anpassningsåtgärd.

## 4 Strategi för anpassning och åtgärder

Bioenergibranschen behöver agera eller förbereda sig för i princip samtliga konsekvenser av klimatförändringarna. Inom flera områden vidtas dock redan åtgärder i olika utsträckning eftersom konsekvenserna inte är nya. För konsekvenser med framförallt långsiktig påverkan (till exempel tillväxt) finns mer tid för anpassning för branschen, men åtgärderna får samtidigt effekt först bortom 20 år.

Resultatet från risk och sårbarhetsanalysen i form av föreslagen kategori för handling att vidta inom relativ kort sikt presenteras i Tabell 3. Åtta av konsekvenserna (40%) hamnar i kategorin "Agera" och resten i kategorin "Förbered". Både konsekvenser som innebär en risk och en möjligt ökad potential för bioenergibranschen finns i dessa handlingskategorier. Eftersom klimatförändringssignalen för samtliga konsekvenser är tydliga hamnar inga konsekvenser i kategorin "Bevaka".

Tabell 3. Sammanfattande tabell över utvärderingen av konsekvenserna inkluderandes risker och ökad potential för bioenergisektorn med föreslagen handling indikerad. Konsekvenser som innebär risker är markerade i rött och de som innebär en möjligt ökad potential ur ett bioenergiperspektiv är markerade i grönt.

| Handling att vidta | Konsekvens                                                 |
|--------------------|------------------------------------------------------------|
| AGERA              | - Direkt påverkan på ökad tillväxt                         |
|                    | - Direkt påverkan på minskad tillväxt                      |
|                    | - Granbarkborre - Försämrade virkeskvalitet                |
|                    | - Granbarkborre - Ojämn tillgång                           |
|                    | - Granbarkborre - Lagringsbehov                            |
|                    | - Skogsbränder - Ökat utbud                                |
|                    | - Fuktighet i mark och ändrad tjäle - möjlighet till uttag |
|                    | - Viltskador - Minskad tillväxt                            |
| FÖRBERED           | - Stormfällning - Ojämn tillgång                           |
|                    | - Stormfällning - Lagringsbehov                            |
|                    | - Stormfällning - Försämrade virkeskvalitet                |
|                    | - Stormfällning - Möjlighet till uttag                     |
|                    | - Stormfällning - Minskad tillväxt                         |
|                    | - Skogsbränder - Ojämn tillgång                            |
|                    | - Skogsbränder - Minskad tillväxt                          |
|                    | - Viltskador - Försämrade virkeskvalitet                   |
|                    | - Rotröta - Minskad tillväxt                               |
|                    | - Rotröta - Försämrade virkeskvalitet                      |
|                    | - Snöskador ökar - Minskad tillväxt                        |
|                    | - Snöskador minskar - Ökad tillväxt                        |
|                    | - Lagring - Brandrisk                                      |
| BEVAKA             | -                                                          |

Några av de viktigaste konsekvenserna kopplat till bioenergi innebär framförallt en långsiktig påverkan (till exempel direkt påverkan på tillväxt och viltskador – minskad tillväxt). Andra konsekvenser är mer plötsliga (skogsbränder, stormfällning och granbarkborrar). Oavsett om det är en plötslig effekt eller en långsiktig händelse (eller både och) så behöver åtgärder vidtas.

För konsekvenser med framförallt långsiktig påverkan (till exempel tillväxt) finns mer tid för anpassning för branschen, men åtgärderna får samtidigt effekt först bortom 20 år vilket innebär att de är svårare att få gehör för idag. Klimatförändringarna sker visserligen också över tid men vissa konsekvenser kan alltså ha en märkbar påverkan även på kort sikt då klimatet redan förändras och vissa konsekvenser har en mer plötslig påverkan (till exempel granbarkborrar). Även om påverkan är plötslig så krävs det i många fall långsiktiga åtgärder för att förebygga och minska problemen. För bioenergibranschen är konsekvenserna generellt sett inte nya och inom flera områden vidtas redan åtgärder i olika utsträckning. Till exempel anpassar sig skogsbruket redan till ett förändrat klimat och det finns exempelvis planeringsverktyg för uttag och möjligheter att underlätta detta även vid fuktigare mark och försämrad bärighet i skogen. Dessa åtgärder vidtas dock inte enbart för att möjliggöra ett ökat uttag av biomassa för energändamål utan även för avverkning generellt, vilket är fallet för många av de identifierade åtgärderna. Vissa konsekvenser innebär behov av biologiska åtgärder och andra mer tekniska åtgärder. Det kan även handla om acceptans (till exempel kring viltvård). Överlag finns ett stort behov av fortsatt arbete med åtgärder för att både minska negativa och bidra till positiva konsekvenser av klimatförändringarna för bioenergisektorn (och andra sektorer) främst ur ett skogsperspektiv även om en del anpassning redan sker.

Det finns även ett stort behov av att fortsätta ta fram relevanta underlag för klimatförändringar och dess påverkan på bioenergisektorn för att kunna göra vidare bedömningar till exempel kopplat till tjäle och det som påverkar detta.

Den åtgärd som har potential att bidra till störst påverkan på bioenergisektorn är anpassad skogsskötsel i form av **trädslagsval**. Blandskog bidrar till att minska riskerna ytterligare (Huuskonen m.fl., 2020). Trädslagsval påverkar både den möjligt ökade tillväxten, granbarkborreangrepp, stormfällning, rotröta och andra skadesvampar samt viltskador. Denna åtgärd har dock en långsiktig effekt (bortom 20 år). Skogsbruket har långa omloppstider och ledtider och därför är det viktigt med framförhållning och långsiktiga åtgärder. Det är generellt svårare att få till stånd åtgärder som har en mer långsiktig effekt – även om kunskapen finns riskerar investeringsviljan idag att vara låg hos aktörerna.

För granbarkborrar och andra skadedjur kopplar de viktigaste åtgärderna till ett aktivt och anpassat skogsbruk och skötsel. Utöver trädslagsval så behöver till exempel skadad skog, efter upptäckt genom aktiv övervakning, avverkas och fallna träd tas bort.

För ändrade markförhållanden som påverkar uttag så handlar åtgärderna om ett aktivt skogsbruk med noggrann planering av avverkning och uttag av grot och tillhörande körning för att undvika svåra markförhållanden samt teknisk utveckling och implementering av utrustning som är anpassad för dessa nya

markförhållanden. Kunskap behöver spridas och befintliga verktyg användas och utvecklas.

För det potentiellt tillfälligt ökade utbudet av biobränslen som skogsbränder skulle kunna leda till gäller det för branschen att vara mer flexibel och vara redo att kunna ta emot dessa fraktioner och att det finns aktörer som kan ta ut dessa mängder. Men generellt är det förstås viktigt med åtgärder som kan minska risken för skogsbränder såsom bättre beredskap, bevakning och planering i skogen. För viltskador handlar det främst om att begränsa viltets storlek men trädslagsval kan alltså också påverka. Även kopplat till stormfällning handlar åtgärderna om ett anpassat skogsbruk (trädslagsval, anpassad gallring med mera). För skadesvampar kan skogsträdsförädling, utöver trädslagsval, vara en viktig åtgärd.

För bioenergi handlar det i många fall om en slags "indirekt" påverkan av klimatförändringar. Skogen påverkas först, sedan skogsindustrin och sedan energisektorn. De allra flesta åtgärderna för att begränsa risker eller kunna tillvarata ökade möjligheter ur ett bioenergiperspektiv berör sålunda skogsägarna. Det gäller alla åtgärder som har med skogsskötsel att göra.

Anpassning av ett eventuellt ökat lagringsbehov av biobränslen och att förebygga brandrisk och ökad fukt i lager är däremot en fråga som bioenergiaktörerna själva kan hantera genom främst ökad kunskapsspridning, planering och ökad flexibilitet. Även här sker redan Anpassning av branschen idag genom mer flexibilitet kring lagerhållning. Det är dock viktigt att erfarenhetsutbyte, till exempel kring hur man minskar risken för brand i bränslelager, fortsätter ske.

Då vissa klimatförändringar kommer att variera mycket mellan olika år kommer påverkan på bioenergibranschen också att variera betydligt mellan åren. Det kräver en ökad flexibilitet. Tidigare har branschen kunnat hantera svängningar i biobränsleutbudet genom att öka användningen av mängden fossila bränslen. Det kommer på sikt inte att bli möjligt. Framöver kommer därför en säker bränsletillgång vara ännu viktigare och branschen behöver förbereda sig för att möta framtida variationer.

Åtgärderna behöver också sättas i sitt sammanhang, exempelvis med avseende på ekonomiska, ekologiska och sociala mål. Det vill säga många olika samhällsmål måste beaktas samtidigt.

Slutligen föreslår vi att varje aktör inom bioenergibranschen, baserat på arbetet i denna rapport, ser över sina förutsättningar och tar fram en plan för vilket arbete just de behöver göra för att både anpassa sig till, och bidra till, att minska risker av kommande klimatförändringar på kort och lång sikt. Här bör de marknadseffekter som klimatförändringarna kan tänkas ha beaktas och då även de möjligheter för branschen som klimatförändringarna kan tänkas ha vägas in. Men även de krav som stora årliga förändringar i biobränsleutbud kan ge.

## 5 Diskussion

**För bioenergi innebär klimatförändringarna både möjlighet till ett ökat utbud av biomassa till biobränslen men även ökad risk för aspekter som kan begränsa potentialen. Skogsbruket behöver anpassas för att förbättra förutsättningarna att hantera både möjligheter och utmaningar kopplat till effekterna av klimatförändringar. Fortsatt forskning kan bidra med mer insikter och underlätta anpassning för bioenergisektorns aktörer.**

Bioenergibranschen kommer att påverkas av klimatförändringarna. För många konsekvenser handlar det endast om en liten påverkan. Men för vissa konsekvenser (granbarkborrar och andra skadedjur, skogsbränder, ändrade markförhållanden och viltskador) bedöms effekten kunna bli betydande om inte åtgärder vidtas. Den största påverkan bedöms dock den direkta påverkan på tillväxten ha, vilket motsvarar en ökad möjlighet för bioenergisektorn.

Bioenergibranschens förmåga att hantera och anpassa sig till effekterna av klimatförändringarna bedöms överlag som goda. De potentiella konsekvenserna är generellt sett inte nya och åtgärder vidtas redan idag i olika utsträckning inom flera områden. Många identifierade åtgärder har med en anpassad skogsskötsel att göra och berör skogsbruket i allmänhet. Ett anpassat skogsbruk behövs för att förbättra skogens förutsättningar att hantera effekterna av klimatförändringarna.

Många av skadeeffekterna på skogen som klimatförändringarna kan leda till påverkar i sin tur risken för ytterligare konsekvenser, vilket kan ge värre effekter än om konsekvenserna hände oberoende av varandra. Exempelvis bidrar stormfällan och skogsbrand till en ökad risk för angrepp av granbarkborrar, och skadade träd (exempelvis orsakat av snöbrott eller vilt) är mer mottagliga för följdskador i form av svamp- och insektsangrepp. Träd som är angripna av rotröta har också en ökad risk för stormfällning och snöbrott. Generellt är det viktigt att försöka motverka och minska påverkan av sådana här kedjor av händelser.

Plötsliga händelser med stora konsekvenser på skogen, exempelvis skogsbränder, stormfällning och barkborreangrepp, kan få stora konsekvenser för de lokala entreprenörerna. Exempelvis kan stormfällning påverka efterfrågan på grot eftersom det blir ett ökat tryck att använda det stormskadade virket istället. Storleken på biobränslelager (som kan öka vid plötsliga händelser särskilt om de sker i samband med låg efterfrågan fjärrvärme) påverkar också efterfrågan på bränslen från skogen (även nästkommande år). Befintliga aktörer som tillfälligt tappar efterfrågan riskerar då att gå omkull. Det blir också ett stort lokalt utbud men mindre utbud på andra ställen och vissa entreprenörer måste därmed flytta sin verksamhet.

Den sammantagna risken för en betydande negativ påverkan på bioenergisystemet av klimatförändringar bedöms som relativt låg. Effekterna kan dock variera mycket, geografiskt och mellan olika år. Vilken exakt påverkan det kan få för branschen är därmed inte helt lätt att förutspå. Flexibilitet kommer att vara viktigt och en plan för hur framtida svängningar i biobränsleutbudet ska hanteras när inte längre fossila bränslen kommer att finnas tillgängliga till en relativt låg kostnad.

De olika aktörerna inom bioenergibranschen behöver anpassa sig och se över hur framtida förändringar kan tänkas påverka dem.

Även med beaktande av den fortsatta klimatförändringen kommer bioenergi även i framtiden kunna utgöra en viktig del av det framtida energisystemet i Sverige. Särskilt om åtgärder fortsätter att vidtas.

Eventuell påverkan på enskilda anläggningar har inte ingått i denna analys men är något som enskilda aktörer bör se över för att se om någon risk finns (till exempel om de är lokaliserade i område med översvämningsrisk). Detta bedöms dock inte ha någon större betydelse från ett systemperspektiv.

Ett förslag på fortsatt forskning är att baserat på de framtagna klimatdata per klimatzon göra en mer detaljerad konsekvensanalys som i större utsträckning belyser geografiska skillnader i Sverige och där nuvarande situation (skog, skogstyper etc.) jämförs med möjliga konsekvenser per zon. Liknande analyser utförs till exempel inom ramen för arbetet med de skogliga konsekvensanalyserna (SKA22) med tillhörande modeller.

Generellt finns ett stort behov av att fortsätta ta fram relevanta underlag för klimatförändringar och dess påverkan på bioenergisektorn för att kunna göra vidare bedömningar till exempel kopplat till tjäle och de faktorer som påverkar detta. Mer forskning behövs också kring kombinationen av flera samverkande händelser och de effekter det ger. I dagsläget är underlaget för sådana analyser ofta relativt svagt och bygger på sammanslagning av flera extremhändelser som var och en bedöms baserat på ett mer eller mindre skakigt underlag.

De möjligheter till ökad potential som klimatförändringarna bär med sig och vad det konkret kan innebära för bioenergibranschen bör också analyseras vidare i nära diskussion med branschen.

Hur klimatförändringar kan komma att påverka jordbruksbaserade biobränslen vore också intressant att studera vidare och analysera med till exempel samma metodik som använts i detta projekt för skogsbaserad råvara. Detta särskilt då de jordbruksbaserade biobränslena har potential att öka betydligt jämfört med idag (se till exempel Börjesson, 2016 och Svebio, 2020). Hur biobränslen från jordbruket kan komma att påverkas av klimatförändringarna har enbart beskrivits kortfattat i denna rapport.

Kopplat till några av åtgärderna som identifierats finns också behov av fortsatt forskning. Det behövs fortsatt forskning kring skogsskador, till exempel ökad forskning kring olika skadegörare för att anpassa åtgärderna efter olika typer av skadegörare. Generellt behövs tillräckliga resurser till skogsbruket för löpande anpassning till ett förändrat klimat i syfte att bibehålla eller öka produktionen (plantval, skötselmetoder, teknik etc.).

Klimatscenarier och forskning kan inte säga exakt vad som kommer att hända i framtiden. Osäkerheter när det gäller klimatscenarier och modellering kan minska benägenheten och viljan att genomföra åtgärder och beakta och ta till sig resultaten. Hallegatte (2009) menar att åtgärdsstrategier bör beakta ett flertal aspekter för att förhålla sig till osäkerheterna när det gäller klimatförändringar.

Därför bör man bland annat anpassa strategierna så att de bidrar till fördelar även om de befarade klimatförändringarna uteblir. Vidare bör man gynna reversibla och flexibla alternativ, något som kan vara svårt inom skogsbruket där man har långa omloppstider.

Utöver de konsekvenser som vi har tagit upp i konsekvensanalysen i den här rapporten så finns det ytterligare klimatkonsekvenser som kan få betydelse för det framtida utbudet av bioenergi från skogen. Ett exempel är frostsador på träden på våren, vilket kan resultera i en minskad tillväxt. Klimatförändringarna kan göra att träden framöver kommer att vilja sätta igång tidigare på våren då kontrasten mellan dag och natt kommer att vara större och då ökar risken för frostsador på träden (Jönsson & Barring, 2011; Marquis m.fl., 2020). Frostsador påverkar trädens tillväxt och kan också leda till en minskad motståndskraft, exempelvis mot svampangrepp. Mer forskning på området behövs för att förstå riskerna för skogen.

Ytterligare en konsekvens som inte nämns i konsekvensanalysen är så kallad koldioxidgödsling, det vill säga att de förhöjda halterna av koldioxid i luften kan öka fotosynteshastigheten, vilket ökar tillväxten i skogen (Ellsworth m.fl., 2012). Detta är dock troligen en liten (eller ingen) effekt, eftersom andra parametrar, framförallt tillgången på kväve i marken, sannolikt spelar större roll (Wang m.fl., 2009).

Marknära ozon är ytterligare en viktig aspekt att beakta, eftersom ozon kan orsaka skador och tillväxtminskningar både på skog och jordbruksgrödor (Karlsson m.fl., 2019). Klimatförändringarna, med ökad temperatur och torka, kan (med bibehållna utsläpp) leda till små förändringar i framtida halter av marknära ozon i norra Europa (Johansson m.fl., 2020). Men troligtvis kommer förändringen av de framtida utsläppen av ozonbindande ämnen att spela större roll för ozonhalterna än klimatförändringarna i sig (Karlsson m.fl., 2017).



## 6 Slutsatser

**Klimatförändringarna förväntas leda till stor påverkan på skogen genom många olika slags konsekvenser. För bioenergisektorn förväntas påverkan bli betydande främst genom den möjliga ökade tillväxten i skogen. Det är även troligt med tydlig påverkan av granbarkborre-angrepp och skogsbränder samt ändrade markförhållanden som försvårar bibränsleuttag. Åtgärder behöver fortsätta vidtas och ett skogsbruk som anpassas efter klimatförändringarna, till exempel via trädslagsval, är centralt för bioenergisektorns förutsättningar.**

I denna studie har vi använt nyligen sammanställd kunskap om framtida klimatförändringar och dess påverkan i Sverige för att analysera vilken påverkan som klimatförändringarna skulle kunna få för den svenska bioenergisektorn, med fokus på skogsbaserad biomassa. Nedan följer en sammanfattning av slutsatser från arbetet.

- De viktigaste väder- och klimatpåverkande faktorerna ur ett bioenergiperspektiv är temperatur, vegetationsperiodens längd, nederbörd och vind.
- Den pågående klimatförändringen medför konsekvenser som både representerar möjligheter och utmaningar för bioenergisektorn. De kan innebära ett ökat utbud av biomassa till biobränslen men även ökad risk för aspekter som kan begränsa potentialen.
- Den pågående klimatförändringen kan påverka ett flertal aspekter som har betydelse för bioenergipotentialen från skogen: tillväxten i skogen, stormfällning, granbarkborre- och andra skadedjursangrepp, skogsbränder, viltskador, rotröta och andra skadesvampar, markförhållanden som påverkar möjlighet till uttag, snöskador och lagringsförhållanden för biobränslen.
- Dessa övergripande konsekvenser leder ofta till flera olika specifika konsekvenser för bioenergisektorn. De kan påverka tillväxt, virkeskvalitet, utbud, möjlighet till uttag, lagringsbehov, tillgång och brandrisk. Flera övergripande konsekvenser kan bidra till samma underkonsekvens, till exempel kan både stormfällning och skogsbränder leda till minskad generell tillväxt. Se Tabell 1 och Figur 4 för en översikt av konsekvenser och samband.
- Det är troligt att bioenergisektorn kommer att påverkas av den fortsatta klimatförändringen. Detta eftersom det överlag är troligt eller mycket troligt att de klimatförändringar som påverkar konsekvenserna för bioenergisektorn kommer att ske. Klimatförändringssignalen är alltså tydlig.
- Den globala uppvärmningen och dess konsekvenser förväntas leda till stor påverkan på den svenska skogen. För bioenergisektorn bedöms däremot

påverkan för de olika konsekvenserna variera betydligt. Det finns konsekvenser som förväntas leda till en relativt stor påverkan (främst ökad direkt tillväxt), andra som kan leda till ganska stor potentiell påverkan (granbarkborreangrepp, skogsbränder, ändrade markförhållanden och viltskador) medan det bedöms mindre troligt att en rad andra konsekvenser blir betydande för bioenergisektorn. Detta givet att inte åtgärder vidtas i större utsträckning. Den bedömda påverkan för olika konsekvenser sammanfattas i följande punkter.

- Den möjliga ökade tillväxten i skogen (som möjliggör ett ökat uttag generellt och som beror direkt på gynnsamma förändringar av vegetationsperiod, temperatur och nederbörd) förväntas kunna leda till den största påverkan på bioenergisektorn. Det möjliga utbudet av biomassa till biobränslen beror dock inte bara på tillväxten i sig utan även på hur uttaget till andra ändamål utvecklas.
- Påverkan för bioenergisektorn av minskad direkt tillväxt på grund av potentiellt torrare marker kommer att variera mellan olika år och kan bli liten eller mellanstor. Effekten kommer troligtvis inte att inträffa i hela landet och effekten beror även på i vilken utsträckning som enstaka torra år begränsar tillväxten på sikt.
- Effekten av mer gynnsamma förhållanden för granbarkborrar och andra skadedjur, i form av det möjliga ökade utbudet av biomassa till biobränslen som detta kan leda till, kan också ha en betydande påverkan på bioenergisektorn (även här i varierande grad för olika år). Det eventuella ökade lagringsbehovet från att stora mängder biomassa behöver hanteras på relativt kort tid genom dessa angrepp kan också ha en viss påverkan på bioenergisektorn.
- Det är även troligt att påverkan på mängden biobränsle på grund av mer frekventa skogsbränder blir betydande för bioenergisektorn (även här i varierande grad för olika år).
- Det är mycket troligt att bioenergibranschen under vissa år kommer att påverkas av ändrade markförhållanden som har betydelse för möjligheten för uttag lokalt och att påverkan kan bli relativt betydande. Utökad användning av befintliga åtgärder kan dock minska den faktiska påverkan.
- Den ökade risken för viltskador som påverkar trädens tillväxt och på sikt skulle kunna ha betydelse för den möjliga mängden biobränslen kan också ha viss påverkan på bioenergisektorn. Dock är det troligtvis andra faktorer än klimatet som i större utsträckning avgör den framtida påverkan av viltskador varpå påverkan för bioenergisektorn i slutändan kan bli mer begränsad.
- Följande konsekvenser förväntas leda till en mindre påverkan på bioenergibranschen:

- Samtliga konsekvenser av stormfällning - eventuellt kan det dock bli viss effekt på lagringsbehovet av att stora volymer biomassa från stormfällningen behöver tas om hand på relativt kort tid.
- Konsekvenser kopplat till rotröta och andra skadesvampar
- Indirekt påverkan på tillväxt på landskapsnivå av skogsbränder
- Snöskador
- Påverkan av viltskador på mängden biobränsle genom försämrad virkeskvalitet
- Eventuellt ökad risk för brand eller andra fuktrelaterade problem i bränslelager direkt på grund av klimatförändringarna
- Bioenergibranschen behöver agera eller förbereda sig för i princip samtliga konsekvenser av klimatförändringarna. Bioenergibranschens förmåga att hantera och anpassa sig till effekterna av klimatförändringarna bedöms som goda. Inom flera områden vidtas redan åtgärder i olika utsträckning eftersom konsekvenserna inte är nya.
- Överlag finns ett stort behov av fortsatt arbete med åtgärder för att både minska negativa och bidra till positiva konsekvenser av klimatförändringarna för bioenergisektorn (och andra sektorer) främst ur ett skogsperspektiv även om en del anpassning alltså redan sker.
- För konsekvenser med framförallt långsiktig påverkan (till exempel tillväxt) finns mer tid för anpassning för branschen, men åtgärderna får samtidigt effekt först bortom 20 år.
- Den åtgärd som har potential att bidra till störst påverkan på bioenergisektorn är anpassad skogsskötsel i form av trädslagsval. Trädslagsval påverkar både den möjligt ökade tillväxten, granbarkborreangrepp, stormfällning, rotröta och andra skadesvampar samt viltskador.
- För granbarkborrar och andra skadedjur kopplar de viktigaste åtgärderna till ett aktivt och anpassat skogsbruk och skötsel. Utöver trädslagsval så behöver till exempel skadad skog, efter upptäckt genom aktiv övervakning, avverkas och fallna träd tas bort.
- För ändrade markförhållanden som påverkar uttag så handlar åtgärderna om ett fortsatt aktivt skogsbruk med noggrann planering av avverkning och uttag av grot och tillhörande körning för att undvika svåra markförhållanden samt teknisk utveckling och fortsatt implementering av utrustning som är anpassad för dessa nya markförhållanden.
- För det potentiellt tillfälligt ökade utbudet av biobränslen som skogsbränder skulle kunna leda till gäller det för branschen att vara mer flexibel och vara redo att kunna ta emot dessa fraktioner och att det finns aktörer som kan ta ut dessa mängder. Men generellt är det förstås viktigt med åtgärder som kan minska risken för skogsbränder såsom bättre beredskap, bevakning och planering i skogen.

- För viltskador handlar det främst om att begränsa viltets storlek men trädslagsval kan alltså också påverka.
- För bioenergi ligger en viktig utmaning i det komplexa att förstå hur stor påverkan som klimatförändringarna kommer att ha på olika konsekvenser i och med att de kan påverkas av flera olika saker och åt olika håll. Vissa konsekvenser kopplar också till varandra. Exempelvis bidrar stormfällen och skogsbrand till en ökad risk för angrepp av granbarkborrar, och skadade träd, exempelvis orsakat av snöbrott eller vilt, är mer mottagliga för följdskador i form av svamp- och insektsangrepp.
- Även med beaktande av den fortsatta klimatförändringen kommer bioenergi även i framtiden kunna utgöra en viktig del av det framtida energisystemet särskilt om åtgärder fortsätter att vidtas.
- Slutligen föreslår vi att varje aktör inom bioenergibranschen ser över sina förutsättningar och tar fram en plan för vilket arbete just de behöver göra för att både anpassa sig till och bidra till att minska risker av och tillvarata möjligheter av kommande klimatförändringar på kort och lång sikt. En sådan plan bör beakta samtliga relevanta samhällsmål.

## 7 Referenser

- Andersson, K. Personlig kommunikation med Kjell Andersson, Svebio. 2020-06-17.
- Belyazid, S., Zanchi, G. 2019. Water limitation can negate the effect of higher temperatures on forest carbon sequestration. *European Journal of Forest Research* 138:287-297
- Bentz, B., Jönsson, A.M., Schroeder, M., Weed, A., Wilcke, R.A.I. & Larsson, K. 2019. Ips typographus and Dendroctonus ponderosae Models Project Thermal Suitability for Intra- and Inter-Continental Establishment in a Changing Climate, *Front. For. Glob. Change*, 15 March 2019. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00001>
- Börjesson, P. (2016). Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lund: Lund University. Department of Technology and Society. Environmental and Energy Systems Studies.
- Claesson S, Duvemo, K., Lundström, A. & Wikberg, P.-E. 2015. Skogliga konsekvensanalyser 2015 – SKA15. Skogsstyrelsens rapport 10:2015.
- DeSoto, L., Cailleret, M., Sterck, F. et al. 2020. Low growth resilience to drought is related to future mortality risk in trees. *Nat Commun* 11, 545 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14300-5>
- Ellsworth, D. S., Thomas, R., Crous, K. Y., Palmroth, S., Ward, E., Maier, C. m.fl. 2012. Elevated CO<sub>2</sub> affects photosynthetic responses in canopy pine and subcanopy deciduous trees over 10 years: A synthesis from Duke FACE. *Global Change Biology*, 18, 223–242. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02505.x>
- Energimyndigheten. 2018. Vägen till ett 100 procent förnybart elsystem. Delrapport 1: Framtidens elsystem och Sveriges förutsättningar. Rapport ER 2018:16, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Energimyndigheten. 2019. 100 procent förnybar el. Delrapport 2 - Scenarier, vägval och utmaningar, Rapport ER 2019:06, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Energimyndigheten, 2020. Energiläget 2020, Rapport ET 2020:1. Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Eriksson, H., Fahlvik, N., Freeman, M., Fries, C. m.fl. 2015. Effekter av ett förändrat klimat. SKA 15. Skogsstyrelsens rapport 2015:12.
- Eriksson, H., Bergqvist, J., Hazell, P. m.fl. 2016. Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket. Skogsstyrelsens rapport 2016:2.
- Ge, Z.-M., Kellomäki, S., Peltola, H., Zhou, X. 2011. Impacts of changing climate on the productivity of Norway spruce dominant stands with a mixture of Scots pine and birch in relation to water availability in southern and northern Finland. *Tree Physiology* 31:323-38.

- Gode, J., Holmgren, K., 2007. Konsekvenser för bränsleförsörjningen av klimatförändringar – biobränslen och naturgas. IVL rapport B1869. Tillgänglig via: <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b7593/1445517410788/B1869.pdf>
- Gode, J., Axelsson, J., Eriksson, S., Holmgren, K., 2007. Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar - Effekter, sårbarhet och anpassning. Elforsk Rapport 07:39. Tillgänglig via: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/19555/tankbara-konsekvenser-for-energiesektorn-av-klimatforandringar-elforskrapport-2007-39.pdf>
- Gunnarsson, C., Anerud, E., Iwarsson-Wide, M. 2016. Optimerad lagring av biomassa – en strategisk innovationsagenda. JTI-rapport Lantbruk & Industri, nr 442. Tillgänglig via <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1065655/FULLTEXT01.pdf>.
- Hagberg, M., Unger, T. 2021. Scenarier för energi och klimat – En delrapport inom KLIMPEN-projektet. Kontakta Martin Hagberg ([martin.hagberg@profu.se](mailto:martin.hagberg@profu.se)) för att ta del av rapporten.
- Hallegatte, S. 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change*, V 19 (2), 240-247.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A. m.fl. 2019. Living with barkbeetles: impacts, outlook and management options. European Forest Institute. From Science to Policy 8.
- Huuskonen, S., Domisch, T. Finér, L., Hantula, J., Hynynen, J., Matala, J. m.fl. 2020. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management* 479 (2021) 118558.
- Ikonen, V.-P., Kilpeläinen, A., Zubizarreta-Gerendiain, A., Strandman, H., Asikainen, A., Venäläinen, A., Kaurola, J., Kangas, J. & Peltola, H. m.fl. 2017. Regional risks of wind damage in Boreal forests under changing management and climate projections. *Canadian Journal of Forest Research* 47(12). DOI: 10.1139/cjfr-2017-0183
- IPCC, 2013. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A.

- Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)). In Press.
- Jacob, D., et al. 2014. EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, Volume 14, Issue 2, pp 563-578. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Jactel, H., Brauhus, J., Boberg, J. Bonal, D., Castagneyrol, B., Gardiner, B. 2017. Tree Diversity Drives Forest Stand Resistance to Natural Disturbances, *Forest Entomology*, *Curr Forestry Rep*, DOI 10.1007/s40725-017-0064-1.
- Jalkanen, R. och Konocpka, B. 1998. Snow-packing as a potential harmful factor on *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Betula pubescens* at high altitude in northern Finland. *Forest Pathology*, 28(6): 373–382. DOI: 10.1111/j.1439-0329.1998.tb01191.x.
- Johansson, J.M., Watne, Å.K., Karlsson, P.-E., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Andersson, C. & Pleijel, H. 2020. The European heat wave of 2018 and its promotion of the ozone climate penalty in southwest Sweden. *Boreal Environment Research* 25: 39-50.
- Jordbruksverket, 2007. En meter i timmen – klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige. Rapport 2007:16.
- Jordbruksverket, 2012. Vassa växtskyddet för framtidens klimat. Rapport 2012:10.
- Jordbruksverket, 2017a. Handlingsplan för klimatanpassning – Jordbruksverkets arbete med klimatanpassning inom jordbruks- och trädgårdssektorn, Jordbruksverket Rapport 2017:7.
- Jönsson, A.M. & Bärring, L. 2011. Ensemble analysis of frost damage on vegetation caused by spring backlashes in a warmer Europe, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 401-418. doi:10.5194/nhess-11-401-2011
- Jönsson, A.M. & Lagergren, F. 2018. Effects of climate and soil conditions on the productivity and defence capacity of *Picea abies* in Sweden. An ecosystem model assessment. *Ecological Modelling* 384:154-167.
- Kalén, C., Bergquist, J. & Karlsson, S. 2019. Skogsbrukets kostnader för viltskador. Återrapportering till regeringen. Skogsstyrelsens rapport 2019:16.
- Karlsson, P. E., Klingberg, J., Engardt, M., Andersson, C., Langner, J, Pihl Karlsson, G. and Pleijel, H. 2017. Past, present and future concentrations of ground-level ozone and potential impacts on ecosystems and human health in northern Europe. *Science of The Total Environment* 576, 22–35.
- Karlsson, P-E., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Langner, J. & Pleijel, H. 2019. En ekonomisk utvärdering av inverkan av marknära ozon på skog och jordbruksgrödor i Sverige baserat på ozonflux, IVL Rapport C460.
- Kellomäki, S., Strandman, H., Heinonen, T., Asikainen, A., Venäläinen, A. & Peltola, H. 2018. Temporal and Spatial Change in Diameter Growth of Boreal Scots Pine, Norway Spruce, and Birch under Recent-Generation (CMIP5)



- Global Climate Model Projections for the 21st Century. *Forests* 2018, 9(3), 118. <https://doi.org/10.3390/f9030118>
- Kjellström, E., Strandberg, G., Lin, C. 2021. Förändringar i klimatet med påverkan på energisektorn i Sverige. Energiforsk rapport kommande.
- Lehtonen, I., Hoppula, P., Pirinen, P., & Gregow, H. 2014. Modelling crown snow loads in Finland: A comparison of two methods. *Silva Fennica*, 48(3). <https://doi.org/10.14214/sf.1120>
- Lehtonen, I., Kämäräinen, M., Gregow, H., Venäläinen, A., & Peltola, H. 2016. Heavy snow loads in Finnish forests respond regionally asymmetrically to projected climate change. *Natural Hazards and Earth Systems Sciences*, 16, 2259–2271. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2259-2016>
- Lundmark, T. 2020. Skogen räcker inte – hur ska vi prioritera? Future Forests Rapportserie 2020:4.
- Marini, L., Økland, B., Jönsson, A.M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Grégoire, J.-C., Hurling, R., Nageleisen, L.M., Netherer, S., Ravn, H.P., Weed, A. & Schroeder, M. 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography*. DOI: 10.1111/ecog.02769.
- Molarius, R., Wessberg, N., Keränen, J., and Schabel, J. 2008. Creating a climate change risk assessment procedure – Hydropower plant case, Finland. XXV Nordic Hydrological Conference – Northern Hydrology and its Global Role (NHC-2008) Reykjavík, Iceland. 11-13 August 2008.
- Müller, M. M., Hamberg, L., Kuuskeri, J., LaPorta, N., Pavlov, I., & Korhonen, K. (2015). Respiration rate determinations suggest *Heterobasidion parviporum* subpopulations have potential to adapt to global warming. *Forest Pathology*, 45(6), 515–524. <https://doi.org/10.1111/efp.12203>
- MSB. 2020. MSB:s arbete enligt Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete – med MSB:s klimat- och sårbarhetsanalys samt handlingsplan för fortsatt arbete, Januari 2020, Utgåva 0.1, Diarienum: MSB 2019-13519.
- Netherer, S., Matthews, B., Katzensteiner, K., Blackwell, E., Henschke, P., Hietz, P., Pennerstorfer, J., Rosner, S., Kikuta, S. & Schume, H. 2015. Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytologist*, 205, 1128-1141. DOI: 10.1111/nph.13166.
- NEPP. 2019. Energisystemet i en ny tid. Halvtidsrapport från NEPP:s andra etapp. B. Rydén, E. Löfblad, K. Ludvig och H. Sköldberg, Halvtidsrapport, North European Energy Perspectives Project (NEPP), Göteborg, mars.
- Nilsson C. 2008. Windstorms in Sweden – variations and impacts. Avhandling: Meddelande nr 197. Geografiska institutionen vid Lunds universitet.
- Nordlander, G., Mason, E. G., Hjelm, K., Nordenhem, H., & Hellqvist, C. 2017. Influence of climate and forest management on damage risk by the pine weevil *Hylobius abietis* in northern Sweden. *Silva Fennica*, 51(5). <https://doi.org/10.14214/sf.7751>

- Nykönen, M-L., Peltola, H., Quine, C., Kellomäki, S., Broadgate, M. 1997. Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions. *Silva Fennica* 31(2): 193–213.
- Persson, P. 1972. Vind- och snöskadors samband med beståndsbehandlingen – inventering av yngre gallringsförsök. Skogshögskolan, inst. för skogsproduktion. Rapport nr 23.
- Päätälä, M-L. 2000. Risk of snow damage in unmanaged and managed stands of Scots pine, Norway spruce and Birch. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(5): 530-541. <https://doi.org/10.1080/028275800750173474>.
- Ruiz-Pérez, G. & Vico, Giulia. 2020. Effects of temperature and water availability on northern European boreal forests, *Frontiers in Forests and Global Change*, Volume 3, Article 34, DOI: 10.3389/ffgc.2020.00034.
- Rydberg, I. Wikström, L., Segerborg-Fick, Rundqvist, J., Kätterer, T., Bodin, P. & Jewert, J. 2019. Så klarar det svenska jordbruket klimatmålet – En delrapport från IVA-projektet Vägval för klimatet. Tema: klimat-resurser-energi, oktober 2019. IVA Kungl. Ingenjörsvetenskaps Akademien.
- Schroeder, L.M. & Eidmann, H.H. 1993. Attacks of bark- and wood-boring Coleoptera on snow-broken conifers over a two-year period. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8. pp. 257-265.
- Schroeder, M. & Fritscher, D. 2020. Granbarkborrens förökningsframgång i dödade träd under sommaren 2020 i sydöstra Småland, Värmland och Uppland/Västmanland, SLU, Institutionen för ekologi, Arbetsrapport 2020-12-28.
- Sjökvist, E., Axén Mårtensson, J., Sahlberg, J., Andréasson, J., Hallberg, K. 2013. Framtida perioder med hög risk för skogsbrand – Analyser av klimatscenarier, MSB 535, ISBN 978-91-7383-323-3.
- Skogsstyrelsen, 2017a. Skogsskötselserien – Skador på skog, del 1 – Skogsskador i skogens olika utvecklingsstadier, Skogsskötselserien Nr 12.
- Skogsstyrelsen, 2017b. Skogsskötselserien – Skador på skog, del 2 – Gamla och nya epidemier och utbrott Intensivare skogsbruk och framtidens tekniker Klimat och skogsskador, Skogsskötselserien Nr 12.
- Ståhlberg, D., Eriksson, H., Bergqvist, J., Isacson, G., Lomander, A. 2020. Klimatanpassning av skogen och skogsbruket – mål och förslag på åtgärder, Skogsstyrelsen, Rapport 2019/23.
- Subramanian, N., Nilsson, U., Mossberg, M. & Bergh, J. 2019. Impacts of climate change, weather extremes and alternative strategies in managed forests. *Écoscience*, 26:1, 53-70, DOI: 10.1080/11956860.2018.1515597.
- Subramanian, N., Bergh, J., Johansson, U., Nilsson, U. & Sallnäs, O. 2016. Adaptation of Forest Management Regimes in Southern Sweden to Increased Risks Associated with Climate Change. *Forests* 2016, 7(1), 8; <https://doi.org/10.3390/f7010008>.

- Svebio. 2020. Färdplan bioenergi – så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige. Svenska bioenergiföreningen, Stockholm.
- Valinger, E., Lundqvist, E., Brandel, G. 1994. Wind and snow damage in a thinning and fertilization experiment in *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9:129–134.
- Van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. m.fl. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climate Change* (2011) 109:5-31. DOI 10.1007/s10584-011-0148-z
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O.-P., Viiri, H., Ikonen, V.-P. & Peltola, H. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology* 2020; 26:4178–4196. DOI: 10.1111/gcb.15183.
- Wang, Y.-P., and B. Z. Houlton (2009), Nitrogen constraints on terrestrial carbon uptake: Implications for the global carbon-climate feedback, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L24403, doi:10.1029/2009GL041009.
- Weemstra, M., Eilmann, B., Sass-Klaassen, U.G.W., Sterck, F.J. 2013. Summer droughts limit tree growth across 10 temperate species on a productive forest site. *Forest Ecology and Management*, 306, 142.
- Weiskopf, S. R., Ledee, O. E., & Thompson, L. M. 2019. Climate change effects on deer and moose in the midwest. *The Journal of Wildlife Management*, 83(4), 769–781. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21649>
- WMO, 2020: State of the Global Climate 2020 - Provisional report [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=21804#.YBv1fCV7muV](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21804#.YBv1fCV7muV)
- Wulff, S. & Roberge, C. 2020. Inventering av granbarkborreangrepp i Götaland och Svealand 2020. SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, 2020-12-04.

## 8 Bilagor

### BILAGA 1 – SPECIFIKA KLIMATINDEX FÖR RESPEKTIVE KONSEKVENSN

Tabell I: Sammanfattning av möjliga konsekvenser av klimatförändringar för bioenergisektorn och relevanta klimatindex med de specifika klimatindex från klimatmodelleringen som använts (i enlighet med Kjellström m.fl., 2021).

| Konsekvens – titel                                                                                                                                                                                         | Relevanta klimatparametrar och klimatindex                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Relevanta klimatindex från klimatmodellering (enligt uppdelning i Kjellström m.fl., 2021)                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ökad tillväxt<br>Minskad tillväxt                                                                                                                                                                          | <b>Temperatur:</b><br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperatur >5°C)<br>- Vegetationsperiodens slut,<br>- Vegetationsperiodens början,<br><b>Nederbörd och temperatur:</b><br>- Antal torra dagar (med nederbörd <1 mm),<br>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration)                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1.14 VegSeasonLength-5,<br>1.12. VegSeasonDayEnd-5,<br>1.13. VegSeasonDayStart-5,<br>2.10 DryDays<br>3.2 EffPR                                                                             |
| Stormfällning -<br>Ojämn tillgång<br>Stormfällning -<br>Lagringsbehov<br>Stormfällning -<br>Försämrade<br>virkeskvalitet<br>Stormfällning -<br>Möjlighet till uttag<br>Stormfällning -<br>Minskad tillväxt | <b>Vind:</b><br>- Maximal byvind,<br>- Antal dagar med byvind > 21 m/s<br><b>Index för att bedöma tjälrisk:</b><br>- Frostdagar,<br>- Tid med frost genom Sista vårfrost (minimitemperatur < 0°C) och Första dag utan frost<br>- Antal dagar med snötäcke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5.2 - WindgustMax,<br>5.3 WindyDays,<br>1.16 FrostDays,<br>1.17 SpringFrostDayEnd,<br>1.18 FirstDayWithoutFrost, 4.1 SncDays                                                               |
| Granbarkborre -<br>Försämrade<br>virkeskvalitet<br>Granbarkborre -<br>Ojämn tillgång<br>Granbarkborre -<br>Lagringsbehov                                                                                   | <b>Temperatur:</b><br>- Varma dagar/högsomrardagar (Maxtemperatur >20 °C),<br>- Graddagar med medeltemp >20 °C,<br>- Längsta torrperiod (med <1 mm/dag)<br><b>Vegetationsperiod:</b><br>- Vegetationsperiodens slut,<br>- Vegetationsperiodens början,<br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperatur >5°C)<br><b>Vind:</b><br>- Maximal byvind,<br>- Antal dagar med byvind > 21 m/s<br><b>Index för att bedöma tjälrisk:</b><br>- Frostdagar,<br>- Tid med frost genom Sista vårfrost (minimitemperatur < 0°C) och Första dag utan frost,<br>- Antal dagar med snötäcke | 1.5 WarmDays,<br>1.9 DegDay20,<br>2.11 LnstDryDays,<br>1.12. VegSeasonDayEnd-5,<br>1.13. VegSeasonDayStart-5,<br>1.14 VegSeasonLength-5,<br>+ klimatindex för stormfällning: se lista ovan |

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Skogsbränder-Ojämn tillgång</b><br><b>Skogsbränder-Ökat utbud</b><br><b>Skogsbränder-Minskad tillväxt</b> | <b>Temperatur:</b><br>- Värmebölja (dagar i följd med maxtemperatur >20°C)<br><b>Nederbörd:</b><br>- Torra dagar (med nederbörd <1 mm),<br>- Längsta torrperiod (med <1 mm/dag),<br>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration)                                                                         | 1.6 ConWarmDays,<br>2.10 DryDays,<br>2.11 LnstDryDays,<br>3.2 EffPR                                                                                                             |
| <b>Viltskador-Minskad tillväxt</b><br><b>Viltskador-Försämrade virkeskvalitet</b>                            | <b>Nederbörd/Temperatur:</b><br>- Antal dagar med snötäcke<br>- Antal kalla dagar (maxtemperatur < -7°C)<br>- Minimitemperatur på vintern<br><b>Vegetationsperiod:</b><br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperaturen överskrider 2°C)<br>- Vegetationsperiodens slut,<br>- Vegetationsperiodens början           | 4.1 SncDays<br>1.19 ColdDays<br>1.3 TN<br>1.15 VegSeasonLenght-2<br>1.12. VegSeasonDayEnd-2,<br>1.13. VegSeasonDayStart-2,                                                      |
| <b>Rotröta-Minskad tillväxt</b><br><b>Rotröta-Försämrade virkeskvalitet</b>                                  | <b>Temperatur:</b><br>- Medeltemperatur<br><b>Vegetationsperiod:</b><br>- Vegetationsperiodens längd (medeltemperatur > 5°C)<br>- Vegetationsperiodens slut,<br>- Vegetationsperiodens början                                                                                                                         | 1.1 TAS,<br>1.14 VegSeasonLentgh-5                                                                                                                                              |
| <b>Fuktighet i mark och ändrad tjäle-möjlighet till uttag</b>                                                | <b>Index för att bedöma tjälrisk:</b><br>- Frostdagar,<br>- Tid med frost genom Sista vårfrost (minimitemperatur < 0°C) och Första dag utan frost,<br>- Antal dagar med snötäcke<br><b>Fuktighet i mark:</b><br>- Summa nederbörd,<br>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration),<br>- Netto-avrinning | Förändrad tjäle: 1.16 FrostDays, 1.17 SpringFrostDayEnd och 1.18 FirstDayWithoutFrost, 4.1 SncDays<br>Ökad fuktighet i mark: 2.1 PR<br>3.2 EffPR<br>3.3 NetRO (netto-avrinning) |
| <b>Snöskador ökar-Tillväxt</b><br><b>Snöskador minskar-Tillväxt</b>                                          | <b>Temperatur:</b><br>- Nollgenomgångar (Antal dagar med högsta temp >0°C och lägsta temp <0°C)<br><b>Nederbörd:</b><br>- Maximal snöfallsintensitet,<br>- Snö när temperaturen är över -2 grader,<br>- Snö (>20 mm/dygn) när temperaturen är över -2 grader,<br>- Antal dagar med snötäcke                           | 1.11 ZeroCrossingDays,<br>2.7 PRSNmax,<br>7.11 WarmPRSNdays,<br>7.13 WarmPRSNgt20Days,<br>4.1 SncDays                                                                           |
| <b>Lagring-Brandrisk och fukt</b>                                                                            | <b>Temperatur:</b><br>- Medeltemperatur<br><b>Nederbörd:</b><br>- Torra dagar (med nederbörd <1 mm),<br>- Summa nederbörd,<br>- Effektiv nederbörd (nederbörd minus evapotranspiration)                                                                                                                               | 1.1 TAS,<br>2.10 Drydays,<br>2.1 PR,<br>3.2 EffPR                                                                                                                               |

## BILAGA 2 – UNDERLAG TILL KONSEKVENSEBEDÖMNINGARNA

Resultatet från arbetsgruppen för bioenergis bedömning av hur troligt det är att respektive konsekvensen blir betydande för bioenergisektorn (givet att klimatförändringen inträffar) redovisas i denna bilaga. De mörka diagrammen bygger på bedömningar som genomfördes under en workshop, och de ljusa diagrammen bygger på enkätfrågor till samma arbetsgrupp.

| Direkt påverkan på tillväxt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------|---|---------|---|----------------|---|------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------|---|---------|---|----------------|---|------------|---|
| <p><i>Ökad tillväxt - En längre växtsäsong kan leda till en ökad generell tillväxt i skogen.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                      | Kategori | Antal | Mycket troligt | 3 | Troligt | 4 | Mindre troligt | 1 | Ej troligt | 0 | <p><i>Minskad tillväxt - Torrare marker kan göra att tillväxten i skogen minskar.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                 | Kategori | Antal | Mycket troligt | 2 | Troligt | 5 | Mindre troligt | 1 | Ej troligt | 0 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Stormfällning                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <p><i>Ojämn tillgång - Stormfällning kan leda till att stora avverkningsvolymer behöver hanteras inom en liten tidsram, vilket ger ojämna virkesflöden till industrin.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>            | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 1 | Mindre troligt | 5 | Ej troligt | 0 | <p><i>Lagringsbehov - Stormfällning kan leda till att stora avverkningsvolymer behöver hanteras inom en liten tidsram, vilket kan leda till större lagringsbehov.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 2 | Mindre troligt | 4 | Ej troligt | 0 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <p><i>Försämrad virkeskvalitet - Stormfällning kan leda till att en mindre andel av biomassan kan användas till sågtimmer och att andelen biobränsle således ökar.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>                | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 1 | Mindre troligt | 5 | Ej troligt | 0 | <p><i>Möjlighet till uttag - Stormfällning kan leda till att en mindre andel av biomassan kan plockas ut ur skogen pga. svårare förhållanden vid avverkningen.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>    | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 1 | Mindre troligt | 5 | Ej troligt | 0 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <p><i>Minskad tillväxt - Stormfällning i unga bestånd med hög tillväxt leder till att biomassan plockas ut "i förtid", vilket påverkar den generella tillväxten i skogen på sikt.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 0 | Mindre troligt | 5 | Ej troligt | 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Antal    |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2        |       |                |   |         |   |                |   |            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |

| Granbarkborre- och andra skadedjursangrepp                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|----------------|---------|---------|----------------|----------------|------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------|---|---------|---|----------------|---|------------|---|
| <i>Barkborreangrepp kan leda till ökad andel biobränsle på grund av försämrad kvalitet.</i>                                                                                                                                                                                            | <i>Barkborreangrepp kan leda till ojämna virkesflöden och biobränsleutbud.</i>                                                                                                                                                                                                         |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal    | Mycket troligt | 3              | Troligt | 3       | Mindre troligt | 1              | Ej troligt | 1          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal | Mycket troligt | 1 | Troligt | 3 | Mindre troligt | 2 | Ej troligt | 0 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <i>Barkborreangrepp kan leda till större lagringsbehov</i>                                                                                                                                                                                                                             | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal          | Mycket troligt | 1       | Troligt | 4              | Mindre troligt | 3          | Ej troligt | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Skogsbränder                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <i>Ojämna tillgång – Skogsbränder kan leda till ojämna virkesflöden och biobränsleutbud.</i>                                                                                                                                                                                           | <i>Ökat utbud – Skogsbränder kan leda till ökat utbud av biobränslen (träd som inte brinner upp helt).</i>                                                                                                                                                                             |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal    | Mycket troligt | 0              | Troligt | 2       | Mindre troligt | 3              | Ej troligt | 2          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 5 | Mindre troligt | 2 | Ej troligt | 0 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <i>Minskad tillväxt - Om brand sker i skog med stark tillväxt kan den generella tillväxten minska.</i>                                                                                                                                                                                 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal          | Mycket troligt | 1       | Troligt | 2              | Mindre troligt | 0          | Ej troligt | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Viltskador                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <i>Viltskador påverkar trädens tillväxt negativt</i>                                                                                                                                                                                                                                   | <i>Viltskador kan leda till ökad andel biobränsle på grund av försämrad virkeskvalitet</i>                                                                                                                                                                                             |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal    | Mycket troligt | 0              | Troligt | 5       | Mindre troligt | 1              | Ej troligt | 1          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 3 | Mindre troligt | 3 | Ej troligt | 1 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |



| Rotröta och andra skadesvampar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|----------------|---------|---------|----------------|----------------|------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|----------------|---|---------|---|----------------|---|------------|---|
| <p><i>Minskad tillväxt - Rotröta, rotticka och andra skadesvampar påverkar trädens tillväxt negativt.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal    | Mycket troligt | 1              | Troligt | 0       | Mindre troligt | 4              | Ej troligt | 0          | <p><i>Försämrade virkeskvalitet - Rotröta, rotticka och andra skadesvampar kan leda till ökad andel biobränsle på grund av försämrade kvalitet.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 2 | Mindre troligt | 3 | Ej troligt | 0 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Möjlighet till uttag                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <p><i>Ändrade markförhållanden påverkar möjligheten för uttag</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal          | Mycket troligt | 4       | Troligt | 3              | Mindre troligt | 1          | Ej troligt | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Snöskador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <p><i>Snöskador ökar - Ökad mängd snöskador kan på sikt påverka den generella tillväxten i skogen.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>    | Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                               | Antal    | Mycket troligt | 0              | Troligt | 1       | Mindre troligt | 2              | Ej troligt | 2          | <p><i>Snöskador minskar - Minskad mängd snöskador (främst i söder) vilket på sikt påverkar den generella tillväxten i skogen.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>                   | Kategori | Antal | Mycket troligt | 0 | Troligt | 2 | Mindre troligt | 2 | Ej troligt | 1 |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Lagringsförhållanden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| <p><i>Lagring brandrisk - Eventuell ökad risk för brand i lager av träråvara och biobränsle på grund av ändrade omgivningsförhållanden (temperatur och fukt).</i></p>                                                                                                                                                                                                                                | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Antal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mycket troligt</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Troligt</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Mindre troligt</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ej troligt</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> | Kategori | Antal          | Mycket troligt | 0       | Troligt | 2              | Mindre troligt | 1          | Ej troligt | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Kategori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Antal                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mycket troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Mindre troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |
| Ej troligt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |                |         |         |                |                |            |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |       |                |   |         |   |                |   |            |   |

### BILAGA 3 - GRANBARKBORRE- OCH ANDRA SKADEDJUR

#### Inhemskas skadeinsekter

Skogen hyser många olika insektsarter men det är bara ett tiotal inhemska arter som är kända för att orsaka mer omfattande ekonomiska skador (Witzell m.fl., 2009, 2017). Exempel på dessa är granbarkborre (*Ips typographus*), dubbelögad bastborre (*Polygraphus poligraphus*), jättebastborre (*Dendroctonus micans*), sextandad barkborre (*Pityogenes chalcographus*), snytbagge (*Hylonius abietis*), svart granbastborre (*Hylastes cunicularius*), större mörghor (Tomicus sp.), mindre mörghor (*Tomicus minor*), röd tallstekel (*Neodiprion sertifer*), liten tallstekel (*Microdiprion pallipes*), vanlig tallstekel (*Diprion pini*), tallmätare (*Bupalus pinaria*), barrskogs-nunna (*Lymantria monacha*), tallspinnare (*Dendrolimus pini*), tallfly (*Panolis flammea*) och fjällbjörkmätare (*Epirrita autumnata*). En mer fullständig lista över skadegörare finns bland annat i Pettersson och Samuelsson (1995) och i diagnosverket ”Skogsskada” (<https://www.slu.se/skogsskada/>). Fyra av dessa följs upp av Skogsstyrelsen (granbarkborre, snytbagge, röd tallstekel och blåsvart björkstekel). I Skogsstyrelsens Skogsskötselserie nr 12 (Skador på skog) beskrivs skadeinsekter samt skogsskötselåtgärder (Skogsstyrelsen 2017a, 2017b).

Bland de inhemska skadeinsekterna orsakar granbarkborren störst skador, inte bara i Sverige utan även i andra delar av världen. Granbarkborren finns i hela landet och övervintrar antingen i marken eller i träd. För att granbarkborren ska kunna svärma krävs en temperatur på över 18 °C (eller 51 daggrader) vilket inträffar någon gång i april/maj. Då flyger granbarkborren iväg för att lägga sina ägg i träden. Normalt kläcks en generation per år i Sverige men längre söderut i Europa är det vanligt med två generationer. Ett varmare klimat påverkar granbarkborren på flera sätt. Dels minskar risken för att övervintrande barkborrar dör och dels innebär varmare temperaturer en snabbare utveckling till full mognad. Det senare innebär att granbarkborren kan hinna med två generationer per säsong, något som observerats i Sverige de senaste åren. Det är framför allt i de södra delarna av landet som två generationer hinner utvecklas men 2018 uppträdde dubbla generationer i hela landet (se Skogsstyrelsens svärningsövervakning; Skogsstyrelsen, 2019). Modellberäkningar visar att områden där granbarkborren kan hinna med två generationer kommer att öka och sträcka sig längre norrut (Bentz m.fl., 2019).

Normalt sett använder granbarkborrar stormfällda träd eller torra och försvagade träd som yngelmaterial. Men om populationen ökar kraftigt kan de även ge sig på friska granar vilket innebär att de är ett stort hot mot produktionsskogen. Granbarkborrepopulationen gynnas av händelser som kan leda till större mängd yngelmaterial (ex. ökad stormfällning på grund av mindre tjäle, brand), förlängd växtsäsong och torrare somrar. Ett varmare klimat leder även till att de kan förflytta sig norrut. Skogsstyrelsen gör bedömningen att granbarkborren kan orsaka mångdubbels större skador i slutet av seklet till följd av klimatförändringar (Eriksson m.fl., 2015). Vad som avses med mångdubbelt framgår inte.

De senaste åren har granbarkborren orsakat skador på 3–4 miljoner m<sup>3</sup>sk (2018) och 7 miljoner m<sup>3</sup>sk, både under 2019 och 2020 (Skogsstyrelsen, 2020). Angreppen var som störst i Götaland men omfattade även stora delar av Svealand. Värst

drabbat var Kalmar län, följt av Östergötland och Västra Götalands län. Problemen med granbarkborren är också tydlig i andra delar av världen.

Delar av Centraleuropa har redan idag de klimatförhållanden som väntar södra Sverige. Nere i Centraleuropa har jättearealer av skog dött i området mellan Tjeckien, Polen och Slovakien men även Tyskland och Österrike är drabbade. Värst drabbat är Tjeckien där volymen döda träd uppgår till 23 miljoner m<sup>3</sup>sk på en yta motsvarande 50 000 ha (Hlásny m.fl., 2019). Under 2019 bedömdes skadorna öka ytterligare (till omkring 50 miljoner m<sup>3</sup>), vilket kan jämföras med en vanlig årsavverkning i Tjeckien på uppåt 17 miljoner m<sup>3</sup> (Södra, 2019). De stora mängderna virke har inneburit att marknaden övermättats och virkespriserna har sjunkit. Problemen är ännu större i Nordamerika där utbrott av den närbesläktade contortabastborren (*Dendroctonus ponderosae*) har påverkat mer än 18 miljoner hektar skogsmark i Canada sedan 1990, motsvarande 53% av tallbestånden (<https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests-forestry/wildland-fires-insects-disturban/top-forest-insects-diseases-cana/mountain-pine-beetle/13381>).

I takt med pågående klimatförändringar är det tydligt att angreppen av skadeinsekter har ökat. För granbarkborren är det kombinationen av högre temperaturer, torka och sänkt motståndskraft hos träden som är de viktigaste faktorerna bakom utbrotten (Bentz och Jönsson, 2015). Fler stormfällen är också viktiga på grund av ökad tillgång till yngelmateriel. I framtiden kommer därmed sannolikt angreppen av granbarkborren att öka (Marini m.fl., 2017). En samverkan av dessa faktorer behöver dock inte leda till massutbrott eftersom en stor population av granbarkborrar samtidigt konkurrerar om yngelmateriel (Marini m.fl., 2017). Även skogsbränder kan öka risken för angrepp beroende på hur brandskadade träden är (Bentz m.fl., 2010; Skogsstyrelsen, 2018). Störst risk för framtida skador av granbarkborren är i gran och i sydöstra Sverige.

### Nya och främmande skadeinsekter

Det finns även en risk för att *nya och främmande skadeinsekter* lyckas sprida sig till Sverige, antingen naturligt på egen hand, via vind, växter och djur eller till följd av mänsklig aktivitet. Ett varmare klimat med längre vegetationsperiod underlättar även etableringen av reproducerande bestånd. Till exempel upptäcktes ett utbrott av den ungerska gransköldlusen (*Physokermes inopinatus*) för första gången 2010 i Sverige (Isacsson, 2010; Gertsson och Isacsson, 2012). Sköldlusen, tillsammans med sotsvamp, orsakade stora men lokala skador på ett 10 tal granlokaler motsvarande 1000 ha. Total fick 400 ha skog avverkas och resterande träd fick bestående skador (Gertsson och Isacsson, 2012). Hur den hade kommit till Sverige är oklart. Några nya utbrott har ännu inte dokumenterats.

Exempel på andra nya arter som påträffats i Sverige och spritt sig är blåsvart björkstekel (*Arge pullata*), lärkbock (*Tetropium gabrieli*), lärkborrh (*Ips cembrae*), liten granbarkborre (*Ips amitinus*) och västlig barrkantskinnbagge (*Leptoglossus occidentalis*). Den blåsvarta björkstekeln ger sig på björkträd och upptäcktes för första gången 2002 i Skåne (Isacsson, 2012). Sedan dess har arten etablerat sig och sprider sig sakta norrut. Björkstekeln äter upp löven sent på säsongen och orsakar därmed inga riktiga tillväxtsänkningar. Däremot är den giftig vid förtäring.

Lärkbocken ger sig på lärk och upptäcktes första gången 2007 i Karlshamn (Ericson, 2010; Lindelöw m.fl., 2015). Sedan dess har den snabbt spridit sig men ses än så länge inte som någon allvarlig skadegörare eftersom den endast dödar enstaka stressade träd (Samuelsson m.fl. 2012). Lärkborren är inte heller något större hot då den endast angriper försvagade träd eller grenar av friska träd (Eriksson m.fl., 2016). Även lärkborren har etablerats sig i Sverige (Lindelöw m.fl., 2015). Den lilla granbarkborren är nära släkt med granbarkborren och är numera bofast och reproducerande i hela Norrbotten (S). Den påträffades första gången i Vittangi (Lindelöw, 2013) och har sedan dess spridit sig i hela Norrbotten ner till Boden (Schroeder m.fl., 2017). Den är numera bofast och reproducerande och kan döda både gran, tall och contortatall. Slutligen västlig barrkantskinnbagge som upptäcktes för första gången nära Örebro och senare i Skåne (Lindelöw och Bergsten, 2012). Barrkantskinnbaggen lever på barrträdkottar vilket innebär att kottarna blir ofruktsamma. Den kan orsaka omfattande skada i fröplantager.

Gemensamt för de nya och främmande arterna är att de i huvudsak har dykt upp i södra Sverige och sprider sig sakta norrut. Än så länge har de inte orsakat några större skador.

#### Karantänsskadegörare

Förutom inhemska arter och nya främmande arter finns det en tredje grupp svåra skadeinsekter, så kallade *karantänsskadegörare*. Det rör sig om arter som ännu inte finns i Sverige men som oavsiktligt kan föras in i landet genom import av trädprodukter, via emballage eller växtmaterial. Dessa omfattas av växtskyddslagstiftningen eftersom de kan orsaka mycket allvarliga ekonomiska förluster. Ett sådant exempel är tallvedsnematoden (*Bursaphelenchus xylophilus*). Den finns naturligt i Nordamerika men har spridits sig till andra delar av världen, bland annat Japan där den 1981 dödade 10 miljoner träd motsvarande 25% av tallbestånden (Mamiya, 2003). I Europa har den än så länge bara påträffats i Portugal (Mota m.fl., 1999). Tallvedsnematoden sprider sig via vektordjur (tallbock och kronbock) och ger sig på barrträd. Vanlig tall (*Pinus sylvestris*) och lärk (*Larix decidua*) är extra känslig medan granen är mer motståndskraftig. Om tallvedsnematoden skulle föras in i Sverige har den därmed goda möjligheter att etablera sig. I ett sådant scenario skulle enstaka träddöd kunna uppstå men eftersom sommarmedeltemperaturerna inte är tillräckligt höga (över 20°C juli-augusti) skulle angreppen vara begränsad upp till ett tiotal procent (Rinman, 2008). Störst risk löper i så fall tallbestånd i sydöstra delarna av Sverige där torkstress kan förstärka effekten genom att sänka trädens motståndskraft. Ett varmare klimat skulle kunna innebära att upp till 30–40% av träden dör. I Sverige har tallvedsnematoden än så länge bara hittats i emballagevirke (Skogen, 2008; ATL, 2003). Ett annat exempel på en fruktad skadegörare är asiatiska långhorningar (*Anoplophora glabripennis* och *Anoplophora chinensis*). Enstaka fynd av asiatiska långhorningar har gjorts i Sverige i träemballage som burit sten (Jordbruksverket, 2017b). Dessa har utrotats och inte spridits vidare till träd. Andra arter som kan hota svenskt skogsbruk är ädelspinnare *Dendrolimus sibiricus* och *Dendrolimus superans*, amerikansk björksmalpraktbagge (*Agrilus anxius*) och smaragdgrön askmalspraktbagge (*Agrilus planipennis*). På jordbruksverkets hemsida finns en fullständig lista över alla karantänsskadegörare

(<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtskydd/karantanskadegorare/allakarantanskadegorare.4.7b10c0c0158f7bf6b8be774e.html>).

## Referenser

- ATL. 2003. Fruktad mask i importerat virke. Publicerad 20 oktober, 2003. Hämtad 2019-11-26 (<https://www.atl.nu/skog/fruktad-mask-i-importerat-virke/>).
- Bentz, B. J. & Jönsson, A. M. 2015. Chapter 13 - Modelling bark beetle responses to climate change. I E. Vega Richard W. Hofstetter (red). *Bark beetles. Biology and Ecology of Native and Invasive species*. Academic press, 533-553. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00013-7>.
- Bentz, B. J., Régnière, J., Fettig, C. J., Hansen, E. M., Hayes, J. L., Hicke, J. A., Kelsley, R. G., Négron, J. F., Seybold, S. J. 2010. Climate Change and Bark Beetles of the Western United States and Canada: Direct and Indirect Effects. *BioScience*, 60 (8): 602–613.
- Bentz, B., Jönsson, A.M., Schroeder, M., Weed, A., Wilcke, R.A.I. & Larsson, K. 2019. *Ips typographus* and *Dendroctonus ponderosae* Models Project Thermal Suitability for Intra- and Inter-Continental Establishment in a Changing Climate, *Front. For. Glob. Change*, 15 March 019. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00001>
- Ericson, B. 2010. Två för Sverige nya skalbaggar (Coleoptera) som angriper lärk. *Entomologisk Tidskrift*, 131(2), 131–136.
- Eriksson, H., Bergqvist, J., Hazell, P., Isacsson, G., Lomander, A., Black-Samuelsson, S. 2016. Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket. *Skogsstyrelsen Rapport 2–2016*. 98 sid.
- Eriksson, H., Fahlvik, N., Freeman, M., Fries, C., Jönsson, A-M., Lundström, A., Nilsson, U., Wikberg, P-E. 2015. Effekter av ett förändrat klimat – SKA15. *Skogsstyrelsen Rapport 12–2015*. Skogsstyrelsen, Jönköping, 54 sid.
- Gertsson, C-A. & Isacsson, G. 2012. Gransköldlöss (Hemiptera, Coccoidea, släktet *Physokermes*) i Sydsvetige. *Entomologisk Tidskrift* 133(4): 121–128.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A. m.fl. 2019. Living with barkbeetles: impacts, outlook and management options. European Forest Institute. From Science to Policy 8.
- Isacsson, G. 2010. Ny sköldlusart skadar gran. Omfattande angrepp i Skåne. – *Skogseko*, nr. 3. Årgång 25. Oktober 2010. Sid. 4.
- Isacsson, G. 2012. Blåsvart björkstekel Arge pullata – spridning 2002–2016. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/bruka-skog/skogsskador/blasvart-bjorkstekel-karta-2016.pdf> (Hämtad 2019-11-27).
- Jordbruksverket. 2017b. Utrotning av växtskadegörare som normalt inte förekommer inom EU. Förslag till ekonomisk ersättning vid bekämpning av karantänskadegörare. Rapport, 2017:22.
- Lindelöw, Å. 2013. Väntad barkborre funnen i Sverige - fynd av *Ips amitinus* (Coleoptera, Scolytinae). *Entomologisk Tidskrift* 134(4): 203–206. Uppsala, Sverige. 2013. ISSN 0013-886x.

- Lindelöw, Å. & Bergsten, J. 2012. Stor skönhet från Nordamerika med smak för barrträdkottar: *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) en ny bredkantskinnbagge i Sverige. *Entomologisk Tidskrift* 132 (1-2): 55-58. Uppsala, Sweden 2012. ISSN 0013-886x.
- Lindelöw, Å., Isacsson, G., Ravn, H.P. & Schroeder, M. 2015. *Tetropium gabrieli* and *Ips cembrae* (Coleoptera; Cerambycidae and Curculionidae) – invasion of two potential pest species on larch in Sweden. – *Entomologisk Tidskrift* 136 (3): 103-112. Uppsala, Sweden 2015. ISSN 0013-886x.
- Mamiya, Y. 2003. Pathology of the Pine Wilt Disease Caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. *Annual Review of Phytopathology*, 21(1): 201–220. DOI: 10.1146/annurev.py.21.090183.001221.
- Marini, L., Økland, B., Jönsson, A.M., Bentz, B., Carroll, A., Forster, B., Grégoire, J.-C., Hurling, R., Nageleisen, L.M., Netherer, S., Ravn, H.P., Weed, A. & Schroeder, M. 2017. Climate drivers of bark beetle outbreak dynamics in Norway spruce forests. *Ecography*. DOI: 10.1111/ecog.02769.
- Mota, M., Braasch, H., Bravo, M.A. Penas, A.C. Burgermeister, W. Metge, K. & Sousa, E. 1999. First report on *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and Europe. *Nematology* 1: 727 – 734.
- Pettersson, B. & Samuelsson, H. (1995). Skador på barrträd. Skogsstyrelsens förlag. 304 s. ISBN 91-88462-22-6.
- Rinman, 2008. Konsekvensanalys av angrepp av tallvedsnematod i svensk skog. Jordbruksverket Rapport 2008:19.
- Samuelsson, H., Eriksson, H., Isacsson, G. 2012. Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna. Skogsstyrelsen Rapport 9–2012. Skogsstyrelsen, Jönköping, 25 sid. ISSN 1100–0295.
- Schroeder, M., Cocos, D., Lindelöw, Å. 2017. Liten granbarkborre-ny skadegörare att hålla ögonen på. Skogseko 3–2017. <https://www.skogsstyrelsen.se/om-oss/var-tidning-skogseko/skogseko-3-2017/liten-granbarkborre---ny-skadegorare-att-halla-ogonen-pa/> (Hämtad 2019-11-27).
- Skogen, 2008. Tallvedsnematoden hittad i länet. Publicerat torsdag 28 augusti 2008 kl. 11.44. (Hämtad 2019-11-26) (<https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=91&artikel=2278423>).
- Skogsstyrelsen, 2017a. Skogsskötselserien – Skador på skog, del 1 – Skogsskador i skogens olika utvecklingsstadier, Skogsskötselserien Nr 12.
- Skogsstyrelsen, 2017b. Skogsskötselserien – Skador på skog, del 2 – Gamla och nya epidemier och utbrott Intensivare skogsbruk och framtidens tekniker Klimat och skogsskador, Skogsskötselserien Nr 12.
- Skogsstyrelsen. 2019. Totala fångster 2019. Resultat från de nationella övervakningsplatserna. <https://www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/svarmningsovervakning/totala-fangster-nationell22/> (hämtad 2019-11-27).
- Skogsstyrelsen. 2020. Fortsatt rekordstora skador av granbarkborre. Pressmeddelande 15 september 2020, <https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/fortsatt-rekordstora-skador-av-granbarkborre/> (Hämtad 2021-02-12)

- Skogsstyrelsen. 2018. Skadeinsekter och svampar efter brand. Informationsblad.  
<https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/skogsskador/skogsbrander/skadeinsekter-och-svampar-efter-brand/>.  
 (Hämtad 2019-12-02).
- Södra. 2019. Enorma skogsskador i Tjeckien, Södra Nyheter,  
[www.sodra.com/sv/se/skog-medlem/aktuellt/sodrakontakt/nyhetsartiklar/2019/nummer-4/enorma-skogsskador-i-tjeckien/](http://www.sodra.com/sv/se/skog-medlem/aktuellt/sodrakontakt/nyhetsartiklar/2019/nummer-4/enorma-skogsskador-i-tjeckien/) hämtad: 2021-02-01
- Witzell, J., Berglund, M., Bergquist, J., Bernhold, A., Björklund, N., Granström, A., Gunulf Åberg, A., Hanson, L., Hansson, P., Hellqvist, C., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, Wallertz, K. 2017. Skador på skog – del 1. Skogsskötselserien nr 12. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping. Andra omarbetade upplagan (uppdelad i del 1 och del 2). 113 sid.
- Witzell, J., Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A., Blennow, K., Hanson, L., Hansson, P., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnberg, J., Stenlid, J., Valinger, E., Wallertz, K., Witzell, J., Åhman, I. 2009. Skador på skog. Skogsskötselserien nr 12. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping. Första upplagan. 193 sid.





# KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS INVERKAN PÅ BIOENERGI

Bioenergisektorn kommer troligen att påverkas av en fortsatt klimatförändring. Det möjliggör ett ökat utbud av skogsbaserade biobränslen, men också en ökad risk för skogsskador som angrepp av granbarkborre och skogsbränder vilket begränsar tillgången på bioenergi.

Här har ny kunskap om framtida klimatförändringar använts för att analysera vilken påverkan klimatförändringar skulle kunna få för den svenska bioenergisektorn, med fokus på skogsbaserade biobränslen. De viktigaste väder- och klimatrelaterade faktorer för bioenergi handlar om temperatur, vegetationsperiodens längd, nederbörd och vind.

Resultaten visar att det är troligt att bioenergisektorn kommer att påverkas av den fortsatta klimatförändringen eftersom klimatförändringssignalen är tydlig för de relevanta klimatparametrarna. Men påverkan varierar. Det finns konsekvenser som förväntas leda till en relativt stor påverkan, exempelvis ökad direkt tillväxt och annat som kan leda till ganska stor påverkan som angrepp av granbarkborre, skogsbränder, ändrade markförhållanden och viltskador. Det är mindre troligt att övriga konsekvenser blir betydande för bioenergisektorn.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)