Länsstyrelserna

Regionalisering av klimat- och energimål

Titel: Regionalisering av klimat- och energimål
Rapport nr 16/2018 Länsstyrelsen Norrbotten
Författare: SWECO på uppdrag av länsstyrelserna i Sverige/
Länsstyrelsernas energi- och klimatsamordning (LEKS)
Omslagsbild: Mostphotos
Kontaktperson: Paulina Henriksson
Länsstyrelsen i Norrbottens län,
971 86 Luleå.
Telefon: 010-225 50 00 fax: 0920-22 84 11,
E-post: norrbotten@lansstyrelsen.se
Internet: www.lansstyrelsen.se/energi

ISSN: 0283-9636

Förord

Länsstyrelsernas energi- och klimatsamordning, LEKS, arbetar för att stödja länsstyrelsernas arbete med att genomföra energiomställningen och att begränsa klimatpåverkan i länen. LEKS bildades 1 juli 2013 som en följd av pilotlänssatsningen för grön utveckling. Inom LEKS bedrivs ett antal utvecklingsprojekt. Dessa syftar till att lyfta länsstyrelsernas energi- och klimatstrategiska arbete inom områden såsom miljöprövning, miljötillsyn, fysisk planering, landsbygdsutveckling, näringslivsutveckling och övergripande styrning och samverkan. Denna rapport är slutrapport för ett av dessa utvecklingsprojekt.

Under 2017 fattade Sveriges riksdag beslut om ett klimatpolitiskt ramverk, som består av nya klimatmål, en klimatlag och ett klimatpolitiskt mål. När länsstyrelserna fick uppdraget att revidera sina regionala energi- och klimatstrategier såg man att det i arbetet skulle vara lättare att föra en dialog för bred förankring ifall man har kunskap om vad de nationella målen innebär regionalt. Länsstyrelsen i Norrbotten gav därför Sweco i uppdrag att regionalisera de nationella klimat- och energimålen samt ange indikativa regionala mål med utgångspunkt i regionala förutsättningar för varje enskilt län. De regionala målen skulle ha en liknande utformning som de nationella och utformningen anpassas så att de kan följas upp utifrån regional statistik. Utgångspunkten för regionaliseringen var Naturvårdsverkets scenario över hur olika sektorer ska minska sina utsläpp fram till 2045. Hänsyn har även tagits till den historiska utvecklingen för länen under perioden 1990–2015. Resultatet blev en beräkningsmodell där respektive län kan beräkna sina utsläpp utifrån olika parametrar, samt denna rapport där ett huvudscenario presenteras.

Kristina Zetterström
Länsråd i Östergötlands län och ordförande i LEKS styrgrupp

Sammanfattning

Sweco har fått i uppdrag att regionalisera de nationella klimat- och energimålen samt ange indikativa regionala mål med utgångspunkt i regionala förutsättningar för varje enskilt län. För att underlätta förståelsen för de regionala målen, har de fått en liknande utformning som de nationella målen. Utformningen har även anpassats så att de blir uppföljningsbara utifrån regional statistik.

De nationella målen som huvudsakligen ingår i analysen är:

- Senast år 2045 ska utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium, i enlighet med Sveriges internationella växthusgasrapportering, vara minst 85 % lägre än utsläppen år 1990.
- Inrikes transporter (utom inrikes flyg som ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter) ska minska med minst 70 % senast år 2030 jämfört med 2010.
- Sverige år 2040 ska ha 100 procent förnybar elproduktion. Det är ett mål, inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut.
- 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005. Målet uttrycks i termer av tillförd energi i relation till BNP.

Då målet om 100 procent förnybar elproduktion är svår att regionalisera, omfattar analysen istället en diskussion med avseende på vindkraftens framtida lokalisering. Fokus i rapporten ligger framförallt på klimatmålen.

Utgångspunkten i regionaliseringen av de nationella klimatmålen har varit Naturvårdsverkets scenario över hur olika sektorer ska minska sina utsläpp fram till 2045. Detta scenario innebär förenklat att det i huvudsak är utsläpp från jordbruket och industrin som återstår år 2045. Transportsektorn beräknas nästan vara helt fri från klimatgasutsläpp år 2045, med en minskning på 70 procent under perioden 2010-2030 enligt de nationella klimatmålen.

I regionalisering har även hänsyn tagits till den historiska utvecklingen för länen under perioden 1990-2015, vilket innebär att 2015 har använts som basår för beräkningarna per sektor och län. I regionaliseringen har ingen hänsyn tagits till befolkningsutvecklingen, vilket innebär att län med hög befolkningstillväxt förväntas minska sina utsläpp per capita i högre grad. Detta har ansetts vara ett rimligt antagande då mycket av utsläppen från produktion inte nödvändigtvis konsumeras inom regionen. En ökad befolkningstäthet antas också ge bättre förutsättningar för effektiviseringar inom transportsektorn.

Utfallet av regionaliseringen innebär en minskning per län av klimatgasutsläpp från 70 procent (Gotlands län) till 95 procent (Stockholms län). Utfallen beror på sektorernas storlek i länen år 2015.

I rapporten har även målet utryckts per capita, för att få en bättre förståelse för vad minskningarna innebär. För riket som helhet innebär det, givet målet om 85 procent minskning av de totala utsläppen, att utsläppen per capita ska minska med 89 procent för perioden 1990-2045. För exempelvis transportsektorn innebär detta för riket en procentuell minskning per capita med 75 procent för perioden 2010-2030 (givet målet om 70 procent minskning av de totala utsläppen för perioden 2010-2030). Under perioden

2010-2030 beräknas minskningen per capita för transportsektorn variera från 71 procent minskning i flera av länen län till 78 procent minskning i Stockholms län.

Vad gäller energiintensitetsmålet på 50 procent effektivare energianvändning, så antas målet till största del uppnås med befintliga nivåer på energianvändning tillsammans med prognostiserad BNP-ökning. Minskningen av kärnkraftens förluster som följd av redan tagna beslut om avveckling av reaktorer medför att nästan hela energiintensitetsmålet uppnås. En regionalisering av energimålet bör rikta in sig på bibehållen eller minskad energianvändning, trots befolkningsökning och ökad ekonomisk tillväxt. Detta innebär i praktiken att län med hög befolkningstillväxt, och delvis därför även stark ekonomisk tillväxt, förväntas kunna ha en större energieffektivisering jämfört med andra län med lägre tillväxt.

Överlag är det den ekonomiska tillväxten som i mångt och mycket avgör utrymmet för om energianvändning kan öka under perioden. Minskning av klimatgasutsläppen och utvecklingen mot en förnyelsebar energiproduktion kan dock innebära mer tillförd energi och energiförluster. Exempelvis kan den el som krävs för att producera vätgas medföra att den tillförda energin ökar i Sverige, jämfört med att använda elen direkt. Lagring av el kommer att bli en allt viktigare komponent i energisystemet och i dagsläget är det osäkert, bland annat på grund av lagringstekniker, hur stora energiförlusterna kommer att bli av lagringen. Sammantaget kan detta medföra att energieffektiviseringsmålet blir svårare att nå.

Slutligen gällande vindkraften, så drivs lokaliseringsbeslut primärt av investerings- och driftkostnader, men även andra parametrar som vindförhållanden, befintlig infrastruktur, naturvärden, boende samt flyg och försvar. Kapitalkostnaden är den största delen, och denna del kommer även fortsatt dominera. Till 2030 antas vindkraften öka till omkring 40 TWh, och en fortsatt tonvikt förutsätts på lokalisering i elprisområde 1 och 2 – alltså i de centrala och norra delarna av landet

Innehållsförteckning

1 Inledning 1

1.1 Det nationella klimatmålet, omfattning och avgränsningar 1

1.2 Energimålen 2

1.3 Metod och källor 2

1.3.1 Målnivåer per sektor 2

1.3.2 Metod för regionalisering av klimatmålen 5

2 Utsläpp per sektor 7

2.1 El och uppvärmning 8

2.2 Industri (energi och process) 9

2.3 Transporter och arbetsmaskiner 10

2.4 Jordbruk 12

2.5 Övrigt 14

3 Utsläppsmål per län 15

3.1 Utsläppsmål per län uttryckt per capita 19

3.2 Transportsektorns utveckling per län 21

3.3 Slutdiskussion 23

4 Energiintensitet 25

5 Vindkraftens utbyggnad – historik och drivkrafter 30

6 Tabellbilaga 34

7 Bilaga – Utsläpp sektorsvis för länen 36

1 Inledning

Sweco har fått i uppdrag att regionalisera de nationella klimat- och energimålen samt ange indikativa regionala mål med utgångspunkt i regionala förutsättningar för varje enskilt län. Materialet ska underlätta uppföljningen och tydligt visa på kopplingen till de nationella målen och de sektoranalyser som finns presenterade.

För att underlätta förståelsen för de regionala målen, har de fått en liknande utformning som de nationella målen. Utformningen har även anpassats så att de blir uppföljningsbara utifrån regional statistik.

1.1 Det nationella klimatmålet, omfattning och avgränsningar

Under 2017 fattade Sveriges riksdag beslut om ett klimatpolitiskt ramverk, som består av nya klimatmål, en klimatlag och ett klimatpolitiskt mål.

Det nya långsiktiga klimatmålet är formulerat att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser 2045. Territoriella utsläppsminskningar ska ske med 85% till 2045 med basår 1990, och kompletterande åtgärder för att nå nettonollutsläpp får tillgodoräknas i enlighet med internationellt beslutade regler. För de territoriella utsläppsminskningarna gäller följande:

- Senast år 2045 ska utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium, i enlighet med Sveriges internationella växthusgasrapportering, vara minst 85 % lägre än utsläppen år 1990. För att nå målet får även avskiljning och lagring av koldioxid av fossilt ursprung där rimliga alternativ saknas räknas som en åtgärd (CCS).

Klimatmålet inkluderar också etappmål för den icke-handlande sektorn[1] för att uppnå det långsiktiga målet till 2045:

- Utsläppen i Sverige i den icke-handlande sektorn bör senast år 2030 vara minst 63 % lägre än utsläppen år 1990. Högst 8 procentenheter av utsläppsminskningen får ske genom kompletterande åtgärder.
- Utsläppen i Sverige i den icke-handlande sektorn bör senast år 2040 vara minst 75 % lägre än utsläppen år 1990. Högst 2 procentenheter av utsläppsminskningen får ske genom kompletterande åtgärder.
- […] ett utsläppsmål för inrikes transporter (utom inrikes flyg som ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter) som innebär att utsläppen från denna sektor ska minska med minst 70 % senast år 2030 jämfört med 2010.

Verksamheterna som ingår i EU:s system för handel med utsläppsrätter[2] omfattas av ett europeiskt tak för utsläppen, varför man valt att inte införa ett inhemskt tak eller

[1] I den icke-handlande sektorn ingår utsläpp från framför allt transporter, arbetsmaskiner, bostäder och lokaler, avfallshantering, jordbruksproduktion samt användning av fluorerade växthusgaser. Utsläpp från upptag och avgång av kol från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF) ingår inte i icke-handlande sektorn.
[2] EU:s system för handel med utsläppsrätter omfattar huvuddelen av el och fjärrvärmeanläggningar samt stora delar av utsläppen från industrin.

uppföljningsmått (etappmål) för samma utsläpp. Utsläppen ingår dock i det långsiktiga klimatmålet till 2045.

Som framgår utgörs klimatmålet av de utsläpp som ingår i de internationella växthusgasrapporteringarna, med dess avgränsningar. Det innebär att utsläpp till följd av import inte medtas, och därmed inte heller omfattas av detta uppdrag. Fördelning av utsläpp och utsläppsmål mellan regioner till följd av ”export/import” mellan regioner i Sverige ingår heller inte i uppdraget.

Det klimatarbete som avser markers möjligheter att vara kolsänka, i jordbruk eller skogsbruk, omfattas av kategorin markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (Land-Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF). Den kategorin ingår ej i detta uppdrag. Utrikes flyg och sjöfart redovisas separat vid de nationella rapporteringarna, men räknas inte med i de nationella utsläppssiffrorna. Kategorin ingår inte i detta uppdrag.

Klimatlagen lagfäster att regeringens klimatpolitik ska utgå ifrån klimatmålen och hur arbetet ska bedrivas. Det klimatpolitiska rådet ska bistå regeringen med en oberoende utredning av hur den samlade politik som regeringen lägger fram är förenlig med klimatmålen, det vill säga om politiken gynnar eller motverkar möjligheten att uppnå målens skrivningar.

1.2 Energimålen

Den 28 november 2016 presenterade Energikommissionen en överenskommelse om Sveriges mål för energieffektivisering. Förslaget innebär att Sverige år 2030 ska ha 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005. Målet uttrycks i termer av tillförd energi i relation till BNP. Energimyndigheten har i uppdrag att tillsammans med olika branscher formulera sektorsstrategier för energieffektivisering.

Även ett mål om 100% förnybar energiproduktion fram till 2040 ingår i förslaget. Målet om 100% förnybar elproduktion är inte ett stoppdatum som förbjuder kärnkraft och innebär inte heller en stängning av kärnkraft med politiska beslut.

- 50 % minskning till 2030 relativt 2005 (MWh tillförd energi per krona BNP).
- Sverige år 2040 ska ha 100 procent förnybar elproduktion.

Regionaliseringen av målet med avseende på förnybar elproduktion omfattar i denna studie en diskussion om vindkraftens framtida lokalisering.

1.3 Metod och källor

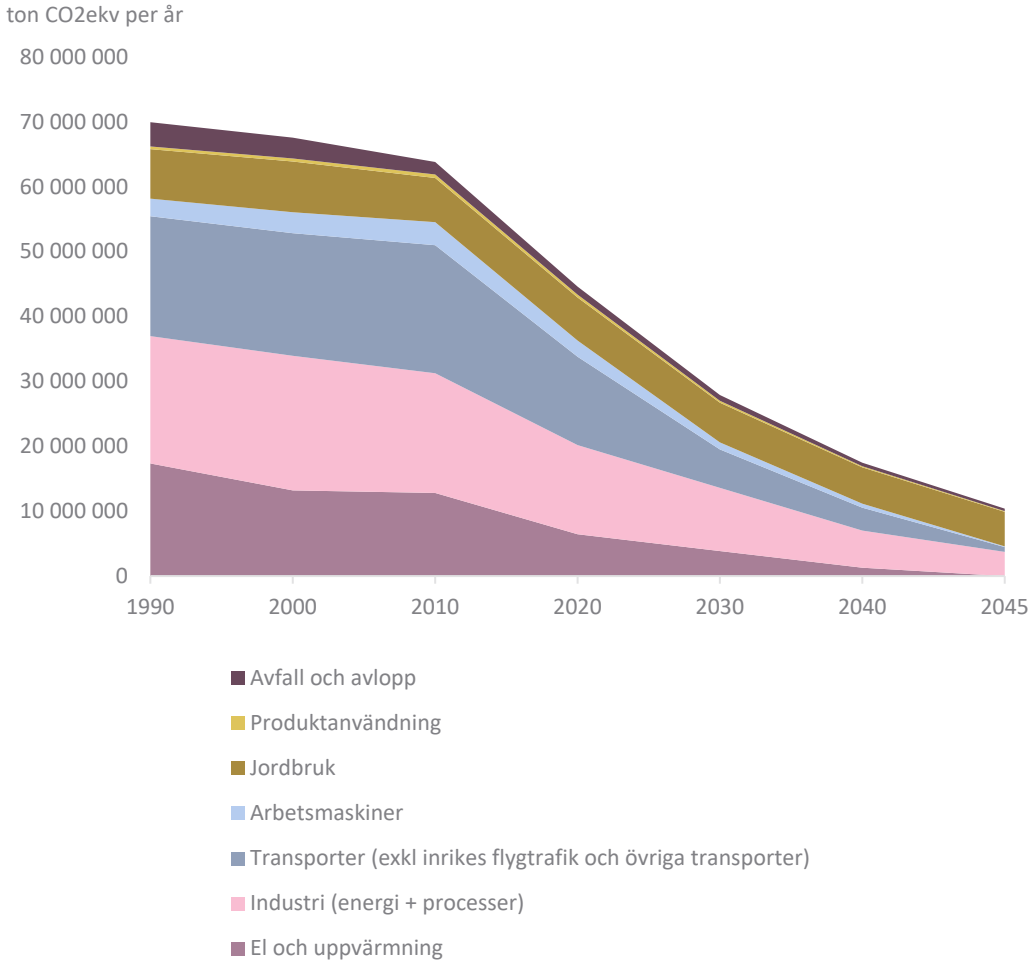
1.3.1 Målnivåer per sektor

Naturvårdsverkets antaganden för minskning av växthusgasutsläpp per sektor har legat till grund för beräkningen av länsvis fördelning av utsläppsmålet, se Tabell 1. I Figur 1 presenteras utvecklingen av utsläpp på nationell nivå enligt dessa antaganden.

Tabell 1: Uppskattad minskning baserat på Naturvårdsverkets antaganden för minskning av växthusgasutsläpp per sektor.[3]

Sektor	**Minskning år 2045 rel 1990**
Totala utsläpp	85 %
El och uppvärmning	100 %
Industri (energi och process)	81 %
Transporter (exkl flyg och övriga transporter)	96 %
Arbetsmaskiner	96 %
Produktanvändning	75 %
Jordbruk	30 %
Avfall och avlopp	90 %

[3] De uppskattade minskningarna baseras på Figur 2 på sida 5 med vissa anpassningar på grund av tillgänglig regional statistik och olika sektorsindelningar.



Figur 1: Utveckling av klimatgasutsläpp i Sverige fram till år 2045.

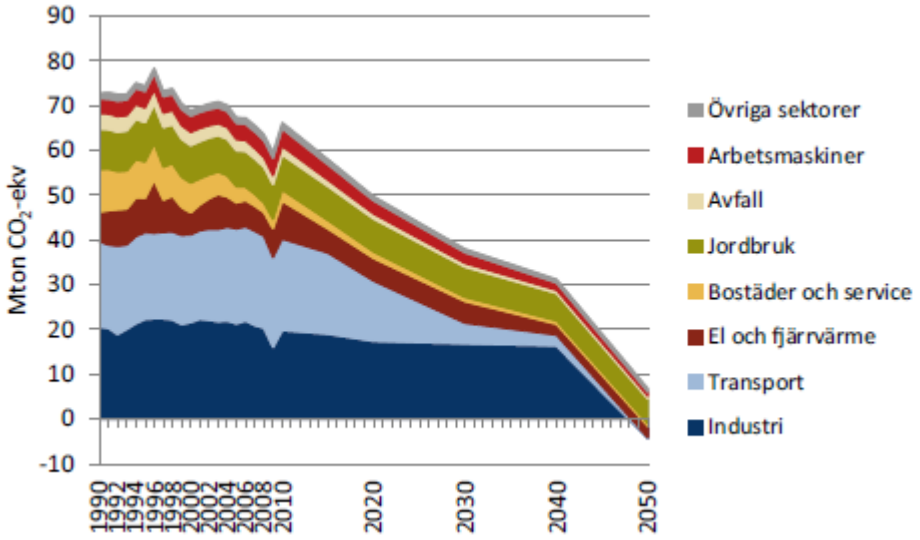
Naturvårdsverket har tagit fram ett antal scenarier för att nå målet om inga nettoutsläpp till år 2050[4]. Exempelvis minskar utsläppen av växthusgaser för målscenariot med 70-80% till 2050 jämfört med 2010 års nivå. I det scenariot minskar utsläppen främst inom transportsektorn fram till år 2030 och därefter inom både transportsektor och industri till år 2050, se Figur 2. Skillnaden i grafens utseende jämfört med Figur 1 beror delvis på en något annan sektorsindelning, samt att utvecklingen i Figur 1 för alla sektorer utom transporter antagits vara linjär mellan år 2015-2045.

För mellanåret, år 2030, har transportsektorn (inklusive arbetsmaskiner) hanterats separat eftersom det finns ett sektorsmål för klimatgasutsläpp till år 2030. Utvecklingen fram till 2045 för transportsektorn antas dock följa en linjär utveckling i övrigt, vilket i praktiken innebär en snabbare minskningstakt fram till 2030 för att uppnå sektorsmålet och därefter en något långsammare takt fram till år 2045. Den linjära utvecklingen för de

[4] Naturvårdsverket 2012, Underlag till en färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2040, rapport 6525, 2012, Bilaga 6 ”Åtgärder och scenarier för att nå målet om inga nettoutsläpp till 2050”.

övriga sektorerna, med hänsyn tagen till takten för transportsektorn, uppskattas vara en nödvändig takt för att nå etappmålen för den icke-handlande sektorn år 2030 (minskning 63%) och 2040 (minskning 75%).[5]

I Figur 2 har industrins utsläpp däremot antagits fortsätta på nästan konstant nivå fram till år 2040 för att sedan sjunka kraftigt till år 2050. Utsläppen från energisektorn ligger på konstant nivå fram till år 2030 för att sedan minska under tio år och etablera sig på en lägre nivå. Anledningen till att en linjär utveckling istället har antagits i Figur 1 ovan är att det finns argument för att en snabb minskning av utsläpp skulle kunna ske tidigt i perioden genom att fossila bränslen fasas bort från industrin och energisektorn. För den kvarstående delen av industrins utsläpp krävs en teknikutveckling. När denna sker under perioden är svårt att säga, men det behöver inte nödvändigtvis ta så lång tid som till 2040. Antaganden om industrins minskningstakt påverkar i huvudsak inte delmålen för den icke-handlande sektorn. Detta innebär att minskningstakten för just industrin kan anpassas beroende på analys och ambitioner för den industri som finns inom ett län. Detta gäller även El och uppvärmning (se Figur 1 ovan) då denna sektor i huvudsak ingår i den handlande sektorn.



Figur 2: Utveckling av klimatgasutsläpp i Sverige fram till år 2050 enligt Naturvårdsverkets Målscenario 1. Källa: Naturvårdsverket, rapport 6525.

1.3.2 Metod för regionalisering av klimatmålen

Som utgångspunkt har utsläppsstatistik från RUS[6] använts. Där finns utsläppsdata per sektor i respektive län.

---

[5] Det är svårt utifrån datatillgång att få en perfekt estimering av storleken på den icke-handlande sektorn med dess olika delsektorer. En uppskattning har gjorts där utsläppen från följande sektorer och delsektorer har ingått baserat på statistik från den Nationella emissionsdatabasen: Transporter (exkl flygtrafik), Arbetsmaskiner, Jordbruk (inkl stationär förbränning inom areella näringar), Produktanvändning, Avfall och avlopp och Bostäder och lokaler (här avses egen uppvärmning).
[6] Här avses den Nationella emissionsdatabasen: http://extra.lansstyrelsen.se/rus/Sv/statistik-och-data/nationell-emissionsdatabas/

Naturvårdsverkets målnivåer för minskning av klimatgasutsläpp[7] per sektor har sedan utgjort underlag för sektorsvis minskning i varje län. Beroende på hur stora utsläppen i en sektor i ett län var år 2015 har ett värde räknats fram för år 2045. Sektorerna i varje län har sedan summerats för att se den totala utsläppsminskningen i respektive län fram till år 2045. Detta beräkningssätt innebär att minskningen per sektor och län kan variera något för perioden 1990-2045, eftersom hänsyn tagits till den historiska utvecklingen fram till år 2015. År 2015, som är det senaste året med utsläppsstatistik per län, har alltså använts som basår för beräkningarna.

I beräkning av utsläpp per capita har SCB:s senaste befolkningsprognos för riket använts från år 2017. För länen har befolkningsprognosen från Långtidsutredningen från år 2015 använts.[8] Långtidsutredningens befolkningsprognos per län har justerats genom att uppdatera prognosen med den faktiska utvecklingen de senaste åren, samt justerat med rikets senaste prognos för riket.

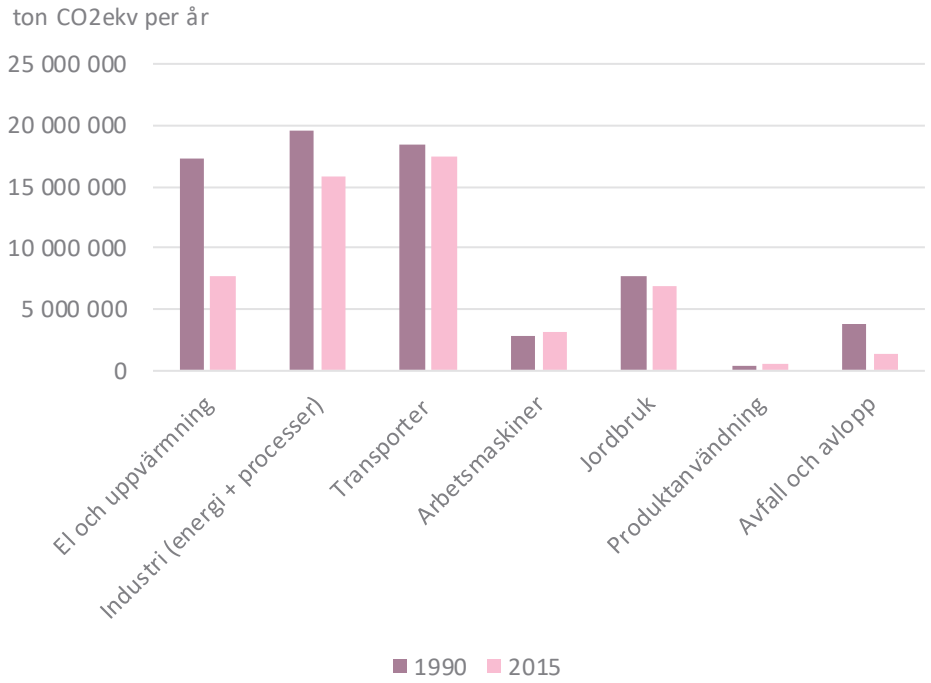
För att räkna ut energiintensiteten har Finansinspektionens senaste prognos för BNP från mars 2018 använts. Då denna prognos endast sträcker sig till år 2027 har utvecklingen fram till år 2030 beräknats baserat på den genomsnittliga utvecklingen per capita för perioden 2016-2027. I beräkningen av BRP per capita för varje län fram till år 2030 antas att skillnaderna per capita mellan regionerna är samma som år 2016.

Till rapporten har även en Excel-modell levererats där Länsstyrelserna själva kan se i detalj hur utvecklingen ser ut per sektor för respektive län. I modellen är det möjligt att specificera olika takter och målnivåer för minskning inom olika sektorer för att nå de olika klimatmålen för klimatgasutsläpp. Exempelvis är det möjligt att relativt fritt anta olika takter för industrins utveckling inom ett län, baserat på egen analys och ambitionsnivåer, utan att det ska behöva påverka uppfyllelsen av det nationella målet så länge slutmålet år 2045 för sektorn (tillsammans med de andra sektorerna) uppfyller det nationella målet avseende minskning på 85 procent. Detta beror på att industrin i huvudsak inte berörs av delmålen som är satta för den icke-handlande sektorn.

[7] Se bland annat ”Uppdrag färdplan: Sverige utan klimatutsläpp år 2050 – Sammanfattning av delrapport (2012)” och Figur 2 på sida 7.
[8] Befolkningsprognoserna är hämtade från verktyget Raps (Regionalt analys- och prognossystem), som tillhandahålls av Tillväxtverket.

2 Utsläpp per sektor

I Figur 3 visas varje sektors utsläpp av växthusgaser år 1990 och år 2015. Transportsektorn har det största utsläppet, följt av industrin. Energisektorn har haft en kraftig minskning av sina utsläpp sedan 1990. Även industrisektorn och avfall och avlopp har sänkt sina utsläpp. Långsammare har det dock gått för transportsektorn och jordbruket. I Tabell 2 visas den procentuella förändringen av utsläpp av växthusgaser per sektor mellan år 1990 och år 2015.



Figur 3: Klimatgasutsläpp per sektor år 1990 och år 2015. Kategorin transporter är exklusive inrikes flyg och övriga transporter. (Källa: RUS)

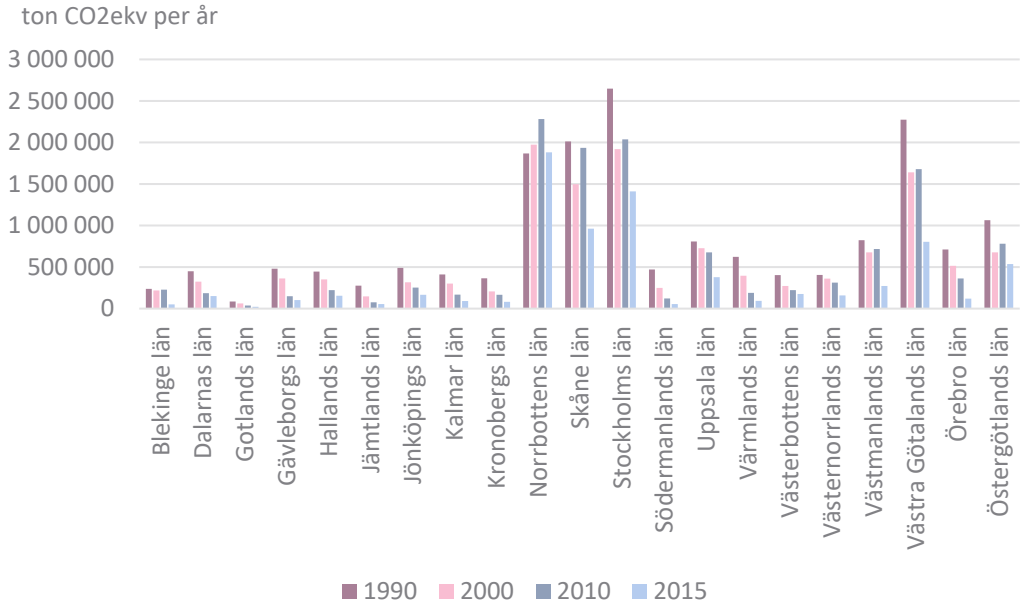
Tabell 2: Minskning av växthusgasutsläpp per sektor mellan år 2015 och 1990. (Källa: RUS)

Sektor	Minskning år 2015 rel 1990
Totala utsläpp	24 %
El och uppvärmning	55 %
Industri (energi och process)	20 %
Transporter (exkl flyg och övriga transporter)	5 %
Arbetsmaskiner	Ökning 17 %
Produktanvändning	Ökning 29 %

Jordbruk	9 %
Avfall och avlopp	62 %

2.1 El och uppvärmning

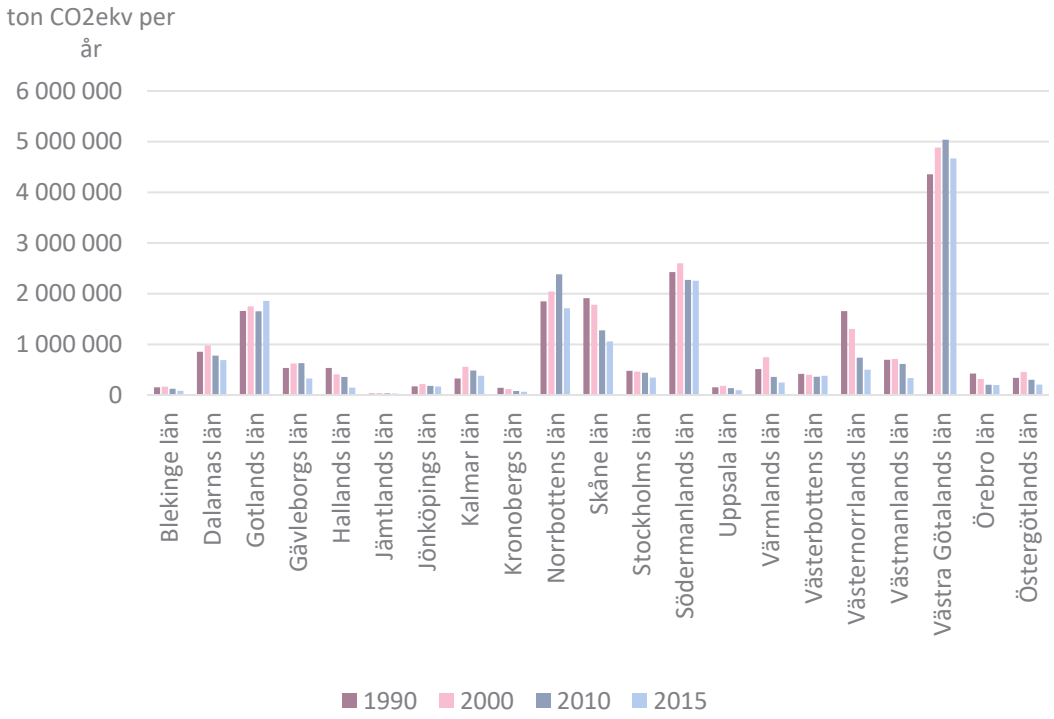
De klimatgasutsläpp som härrör från el- och värmeproduktion (el- och värmeverk, panncentraler, egen uppvärmning samt stationär förbränning inom areella näringar) är störst i Norrbotten, Skåne, Stockholm och Västra Götaland. I de tre sistnämnda har utsläppen sjunkit kraftigt sedan 90-talet medan Norrbotten ligger kvar på hög nivå. Detta beror på att LuleKraft använder processgas från SSAB som energikälla. Istället för att utsläppen från industrin hamnar på industrisektorn i statistiken, hamnar därför en stor del på el- och uppvärmningssektorn. I Stockholm syns särskilt koleldningen i Värtaverket. Denna är planerad att fasas ut.



Figur 4: klimatgasutsläpp från el och uppvärmning per län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)

2.2 Industri (energi och process)

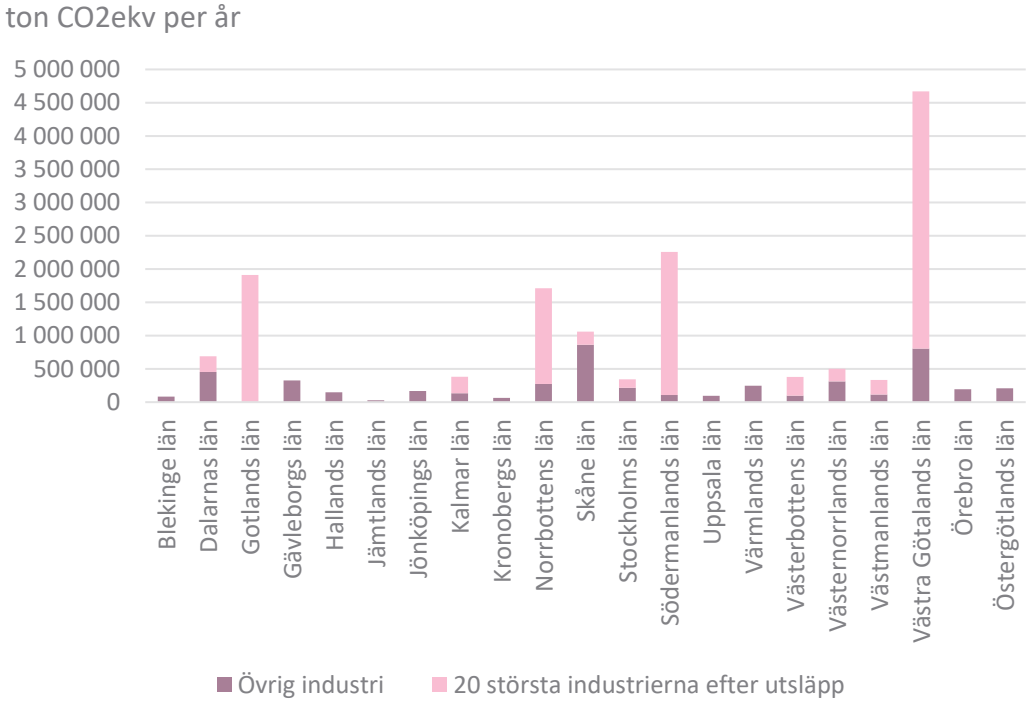
Klimatgasutsläppen som kommer från industrins interna förbränning och processer varierar mycket mellan länen, se Figur 5. Västra Götaland har i särklass störst utsläpp, följt av Södermanland, Norrbotten och Gotland. I Skåne och Västernorrlands län har de industriella utsläppen tidigare varit stora men de har sjunkit kraftigt sedan 1990.



Figur 5: Industriella klimatgasutsläpp per län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)

De industrisegment som har de största klimatgasutsläppen är cement, masugnar och raffinaderier. I de industrisegment som har störst utsläpp härrör en stor del av utsläppen från själva processerna (t ex kalcinering i cementproduktion och reducering av järnmalm) inte från energianvändning. För att minska dessa utsläpp kan helt ny teknik behöva utvecklas eller koldioxidinfångning behöva installeras. Förutsättningarna för klimatgasutsläppsreduktion olika industrisegment varierar därför stort. Detta har dock inte tagits med i kalkylerna i denna rapport.

I Figur 6 visas industriutsläppen per län med landets 20 största industriella punktutsläpp separerad från övriga industrier. Den bild som framkommer är att industristrukturen varierar mycket för olika län. Vissa län (t ex Södermanland och Gotland) har en eller ett fåtal industrier som står för nästan alla utsläpp, medan andra (t ex Dalarna och Skåne) har ett större antal industrier som bidrar.



Figur 6: Industriella klimatgasutsläpp uppdelat per län, med landets 20 största utsläppspunkter separerade. (Källa: RUS)

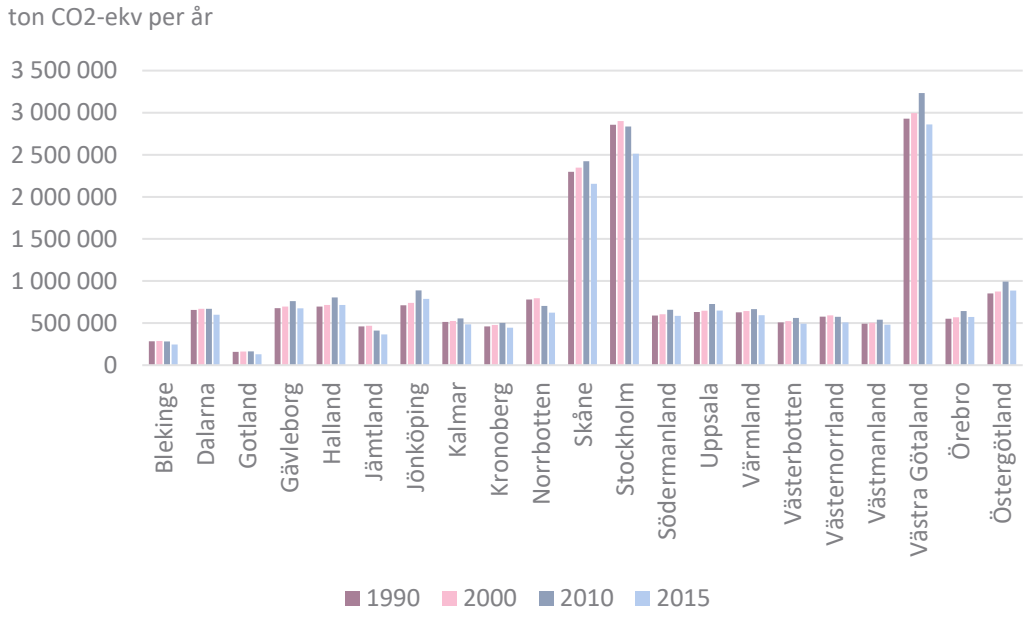
2.3 Transporter och arbetsmaskiner

Transportsektorn inkluderar utsläpp från personbilar, lätta lastbilar, tunga lastbilar, bussar, mopeder och motorcyklar samt inrikes civil sjöfart. Det som ej inkluderas i kategorin är internationell luft- och sjöfart, samt nationell luftfart och övriga transporter (tågtrafik, försvarsrelaterat och flygtrafik över 1000 m höjd).

De totala utsläppen per län varierar i stor omfattning. Västra Götaland, Stockholm och Skåne har högst utsläpp av växthusgaser kopplade till transportsektorn. Enligt Figur 7 har det generellt sett skett en minskning av utsläppen mellan år 2010 och år 2015, trots att sektorn i sin helhet har en ökad energianvändning och ökat transportarbete. Minskningen kan delvis tillskrivas alternativa förnybara bränslen. Enligt klimatmålen i Sverige ska transportsektorns utsläpp exklusive inrikes flyg minska med 70 procent till år 2030, relativt nivåerna år 2010.

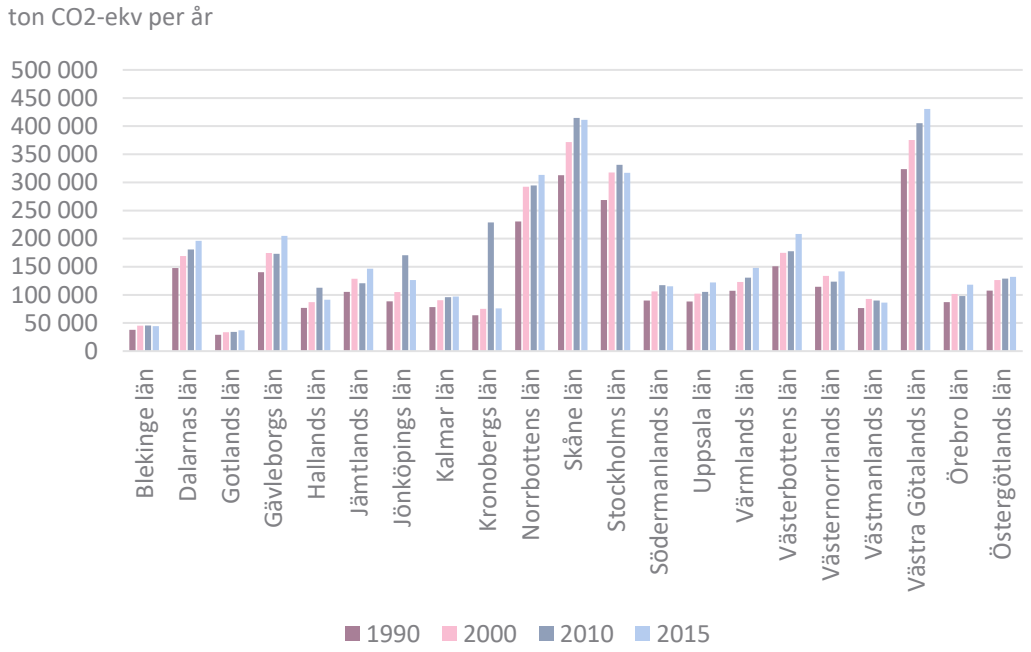
Utmaningen för att ytterligare minska utsläppen i sektorn bör mötas med flera olika åtgärder. Förändringar i samhällsplaneringen för ökad transporteffektivitet, effektivare fordonsflotta, elektrifiering och en mix av förnybara drivmedel är alla möjliga åtgärder att tillämpa. Olika län har varierande förutsättningar för att tillämpa dessa åtgärder, och vissa delsektorer för transporter har lättare att minska utsläppen än andra. Exempelvis är elektrifiering av kollektivtrafik i storstäder lättare än på landsbygden, och det är lättare att använda olika typer av alternativa drivmedel i personbilar än i tunga transporter. Andra sektorer påverkar även utsläppsminskningen inom transportsektorn, där ökade

godstransporter till och från producerade industrier eller växande städer kan öka utsläppen regionalt.



Figur 7: Transportsektorns utsläpp (exkl inrikes transporter och övriga transporter) i respektive län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)

Under sektorn ”Arbetsmaskiner” sorteras arbetsmaskiner i verksamheter, i hushåll samt skotrar och fyrhjulingar. För sektorn arbetsmaskiner sker de största utsläppen i Norrbotten, Skåne, Stockholm och Västra Götaland, med en nedåtgående trend mellan åren 2010–2015 liknande den för transportsektorn enligt Figur 8. Då utsläppen från arbetsmaskiner till stor beror på industrins verksamhet varierar förutsättningarna i varje län på liknande sätt som det gör för transportsektorn, och därmed även vilka åtgärder som är lämpliga att sätta in.



Figur 8: Klimatgasutsläpp från arbetsmaskiner i respektive län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)

2.4 Jordbruk

De länen om har högst utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn är Skåne och Västra Götaland. Kalmar och Östergötlands län, som har tredje och fjärde högsta utsläppen, har mindre än hälften så stora utsläpp. En viss nedåtgående trend kan ses sedan 1990-talet.

Jordbruket kan förenklas till två olika näringsgrenar, där utsläppen förenklat sker från djurhållning eller odling. I detta arbete har inte dessa två näringsgrenar särredovisats, men ur åtgärdssynpunkt finns här stora skillnader. De utsläpp som kategoriseras under kategorin Jordbruk härrör bland annat från tarmgaser från idisslare, gödselhantering från djur, hantering av handelsgödsel, bearbetning av jordar och emissioner från kväveläckage och avrinning. Jordbrukets arbete med energieffektivisering och förnybar energi och liknande, faller under kapitlet El och uppvärmning och Transporter och arbetsmaskiner. Arbete på jordbruksmark som förändrar avgång eller upptag av CO2 från/till mark omfattas av kategorin LULUCF (Land-Use, Land-Use Change and Forestry) vilket inte ingår i detta uppdrag.

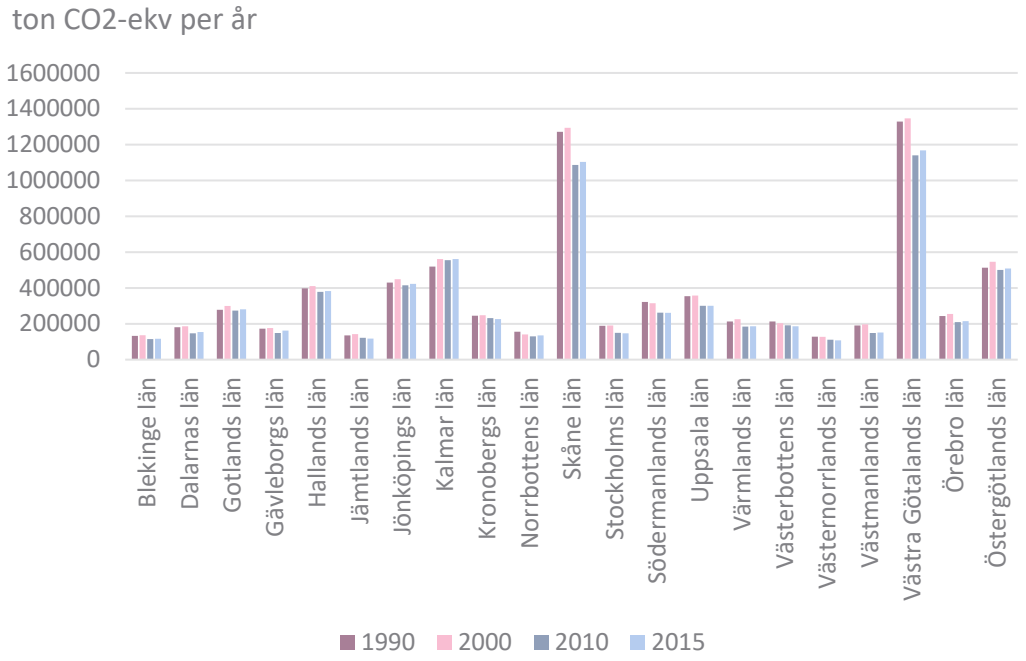
Jordbrukets utsläpp som kvarstår 2045 är framförallt utsläpp från växthusgaserna CH_4 (metan) och N_2O (lustgas), och inte utsläpp från användning av fossila bränslen.

Det nationella klimatmålet för jordbruk föreslås vara cirka -30 % (Naturvårdsverket, se Tabell 1). Det är ett betydligt lägre mål än för de övriga sektorerna, och följer av att åtgärder för minskade växthusgutsläpp från denna sektor ger begränsade möjligheter till reduktioner. Även med arbete för en beteendeförändring hos befolkningen, såsom en

radikalt förändrad kosthållning, med mindre animalier och mer vegetabilier, kommer jordbruket ha kvarstående växthusgasutsläpp i storleksordning motsvarande klimatmålet.

För jordbrukets klimatarbete finns målkonflikter med andra miljömål; *Ett rikt växt & djurliv*, *Ett rikt odlingslandskap*, *Giftfri miljö* samt till viss del *Hav i balans & levande kust och skärgård*, där ett levande och ökande jordbruk är positivt. Synergieffekter finns med *Levande sjöar & vattendrag* samt *Ingen övergödning*, där en begränsning av jordbruket skulle komma att vara positivt.

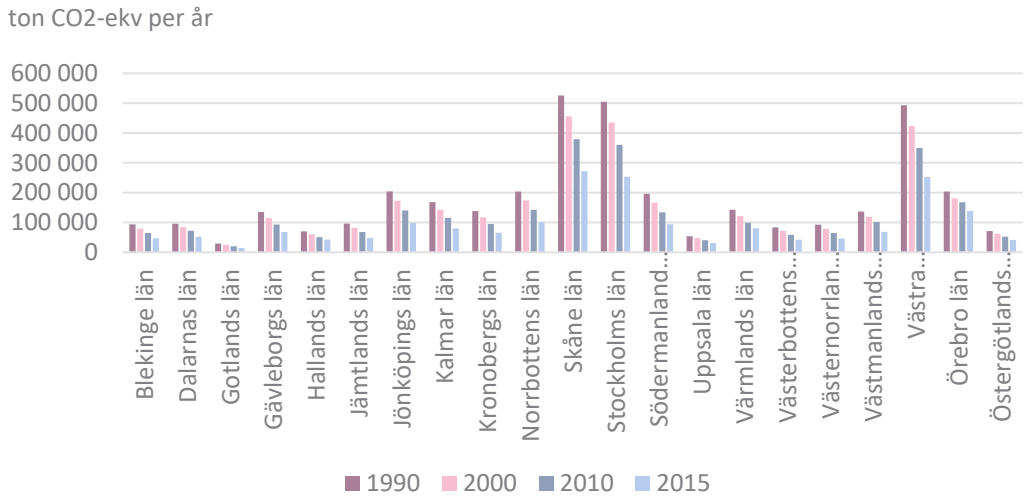
Det finns också ett politiskt mål om att öka den inhemska matproduktionen i Livsmedelsstrategin (Prop. 2016/17:104). En ökad matproduktion, beroende om hur den sker och om den fokuserar på animalier eller vegetabilier, samt vilken typ och hur ökningen genomförs, kommer att ge mer eller mindre ökade växthusgasutsläpp. Mat måste dock produceras någonstans, och att flytta produktionen utanför Sveriges gränser behöver inte leda till ett lägre klimatavtryck än inhemsk produktion, men att redovisningen av dessa utsläpp sker i andra länder.



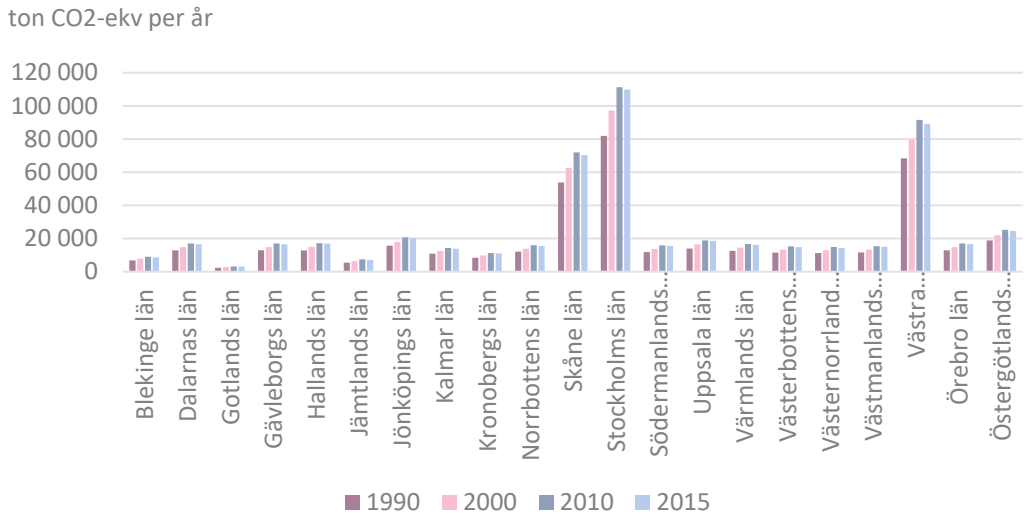
Figur 9: Klimatgasutsläpp från jordbrukssektorn per län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)

2.5 Övrigt

Övriga utsläpp kommer från produktanvändning samt avfall och avlopp. Produktanvändningens utsläpp har ökat med 29 %, medan avfall och avlopp har minskat sina utsläpp med 62 % från 1990 till 2015. Utsläppen från avfall och avlopp kommer från avfallsupplag, biologisk behandling, behandling av avloppsvatten samt förbränning av farligt avfall. Utsläppen från produktanvändning kommer från färg, lösningsmedel, smörjmedel, parrafinvax, urea för katalysatorer samt lustgas från produktanvändning.



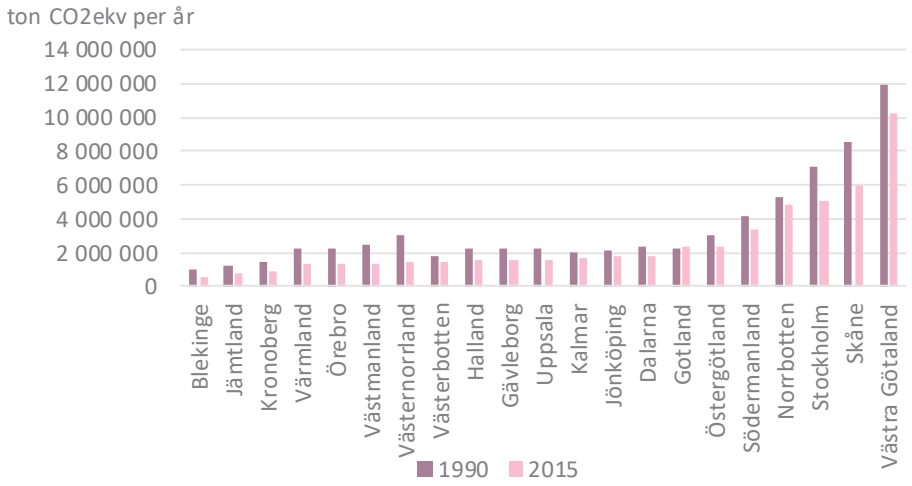
Figur 10: Klimatgasutsläpp från sektorn avfall och avlopp per län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)



Figur 11: Klimatgasutsläpp från produktanvändning per län för åren 1990, 2000, 2010 och 2015. (Källa: RUS)

3 Utsläppsmål per län

I Figur 12 visas alla läns utsläpp år 1990 och år 2015. År 2015 varierade utsläppen mellan 614 kton CO_{2ekv} per år i Blekinge till 10 217 kton CO_{2ekv} per år i Västra Götaland. Gotland är det enda län där utsläppen har ökat från år 1990 till år 2015.



Figur 12: Totala utsläpp per län år 1990 och 2015. (Källa: RUS)

Med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden om minskade utsläpp per sektor på nationell nivå har respektive läns minskning av utsläpp av växthusgaser beräknats, Tabell 3 (se metodik i inledningen sida 2-5). Storleken på de olika sektorerna i länen medför att den totala minskningstakten varierar mellan länen. Variationen är från 70 % minskning i Gotlands län till 95 % minskning i Stockholms län från år 1990 till 2045.

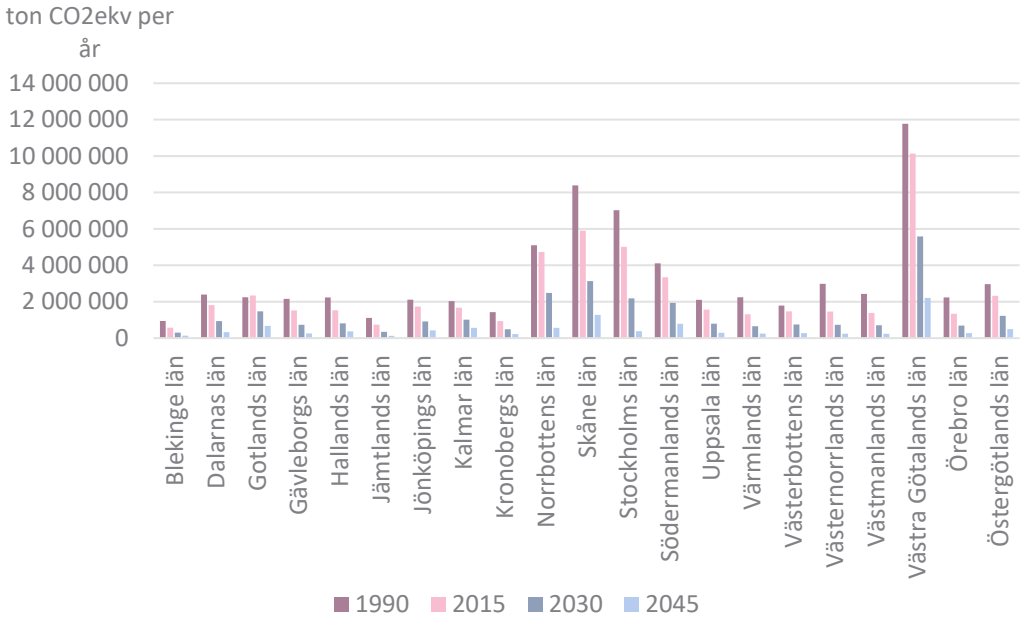
Tabell 3: Beräknad minskning av växthusgaser per län med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå.

Län	**Minskning 1990-2045**	**Minskning 2015-2045**
Blekinge	86 %	77 %
Dalarna	86 %	82 %
Gotland	70 %	71 %
Gävleborg	88 %	83 %
Halland	83 %	75 %
Jämtland	88 %	83 %
Jönköping	80 %	75 %
Kalmar	72 %	66 %
Kronoberg	84 %	76 %
Norrbotten	89 %	88 %
Skåne	85 %	78 %
Stockholm	95 %	92 %
Södermanland	81 %	77 %
Uppsala	86 %	81 %
Värmland	89 %	81 %
Västerbotten	85 %	81 %
Västernorrland	92 %	84 %
Västmanland	90 %	83 %
Västra Götaland	81 %	78 %
Örebro	88 %	80 %
Östergötland	83 %	79 %

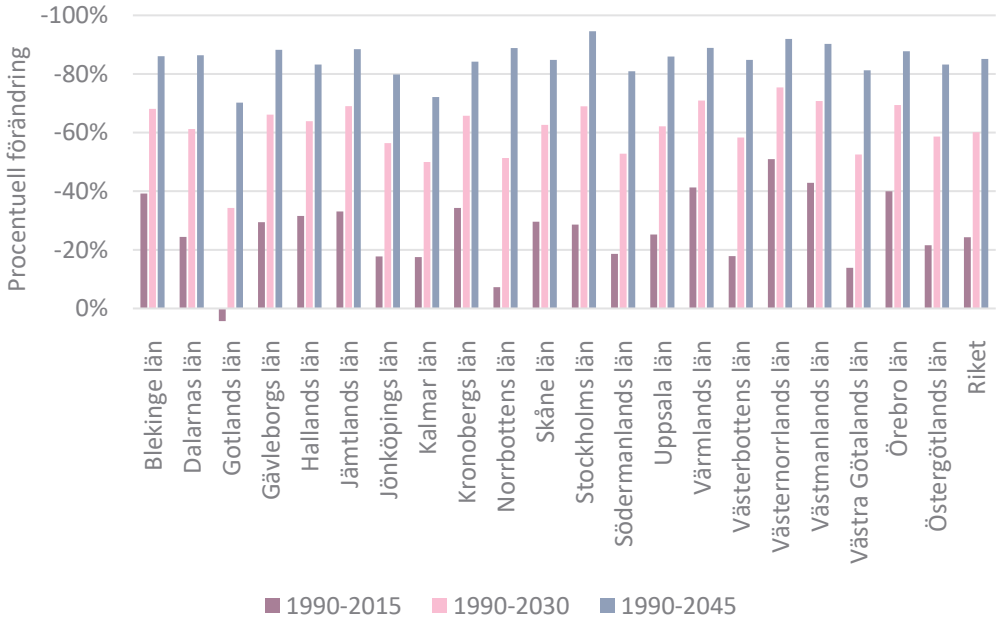
I Figur 13 visas utvecklingen per län i kton CO_{2ekv} per år fram till år 2045. I Figur 14 visas den procentuella förändringen. Se även tabellbilagan på sida 34 med sifforna som ligger till grund för figurerna. Sektorernas storlek i de olika länen förklarar varför minskningen fram till år 2045 varierar mellan länen. Framförallt län med hög andel utsläpp från jordbruket beräknas kunna minska sina utsläpp i en lägre omfattning.

År 1990 motsvarade jordbrukens utsläpp 11 procent av de totala utsläppen, och år 2045 antas motsvarande andel vara 51 procent. Jordbrukets andel av utsläppen varierade mellan länen år 1990 från 3 procent (Stockholms län och Norrbottens län) till 26 procent (Kalmars län). År 2045 beräknas jordbrukets andel av de totala utsläppen variera mellan 18 procent (Stockholms län) till cirka 77-79 procent i flera av länen (Halland, Jönköping, Kalmar, Kronoberg, Uppsala och Östergötland).

Förutom jordbruket är det många av länen som kommer ha relativt hög andel kvarvarande utsläpp från industrin år 2045. Även om utsläppen från denna sektor antas minska med över 80 procent så är den antagna minskningen lägre jämfört med bland annat Transporter och El och uppvärmning. År 1990 motsvarade industrins andel av de totala utsläppen 28 procent, och år 2045 beräknas industrin utgöra 36 procent av utsläppen. Tillsammans antas jordbruk och industri stå för 87 procent av utsläppen år 2045. År 2045 beräknas industrins utsläpp variera från 5 procent (Jämtland) till 66-71 procent (Gotland, Norrbotten och Södermanland) av de to totala utsläppen i länen. Att Stockholms län beräknas minska sina utsläpp med så mycket som 95 procent till år 2045 beror på att länet år 1990 hade jämförelsevis låga utsläpp från både jordbruk och industri.



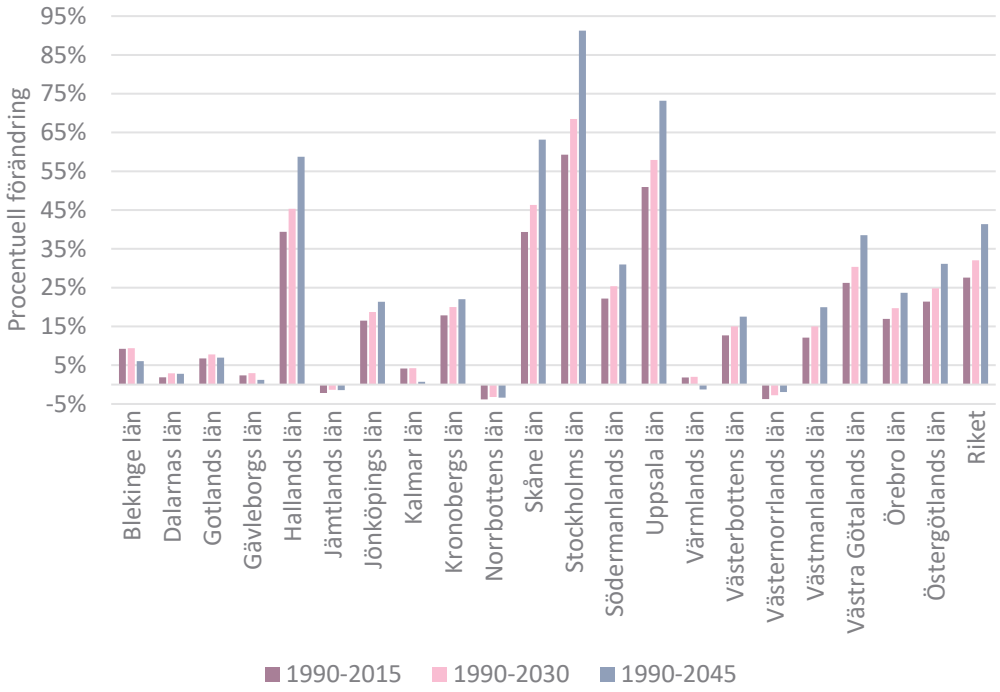
Figur 13: Totala utsläpp per län år 1990 och 2015 (Källa: RUS) samt beräknad minskning per län år 2030 och 2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå.



Figur 14: Procentuell förändring av de totala utsläppen 1990-2015 (Källa: RUS) samt beräknad procentuell minskning per län 1990-2030 och 1990-2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå.

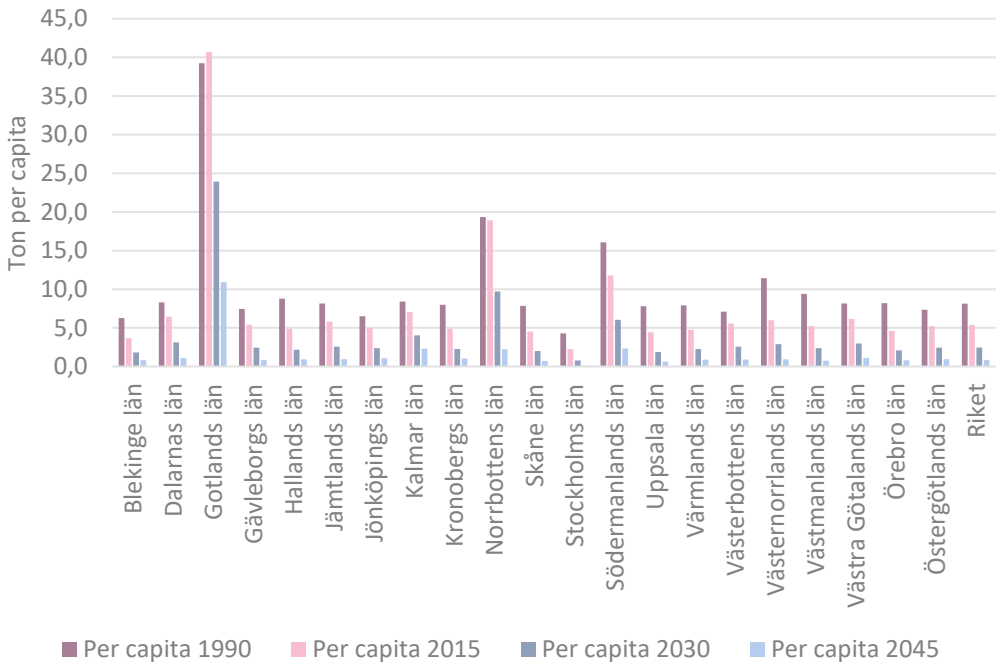
3.1 Utsläppsmål per län uttryckt per capita

I beräkningen av minskning av utsläpp per sektor och län har hänsyn inte tagits till befolkningsutvecklingen. Om ett län förväntas ha en större befolkningstillväxt än riksgenomsnittet så innebär det att minskningen i utsläpp per capita blir större. Anledningen till att hänsyn inte tagits till befolkningsutvecklingen är för att produktionen som orsakar utsläpp inom en region inte nödvändigtvis konsumeras av befolkningen i regionen. Transportsektorn är dock något avvikande i detta hänseende och behandlas särskilt i ett eget avsnitt längre fram. I Figur 15 visas den procentuella befolkningsförändringen per län som använts i beräkningarna av utsläpp per capita.



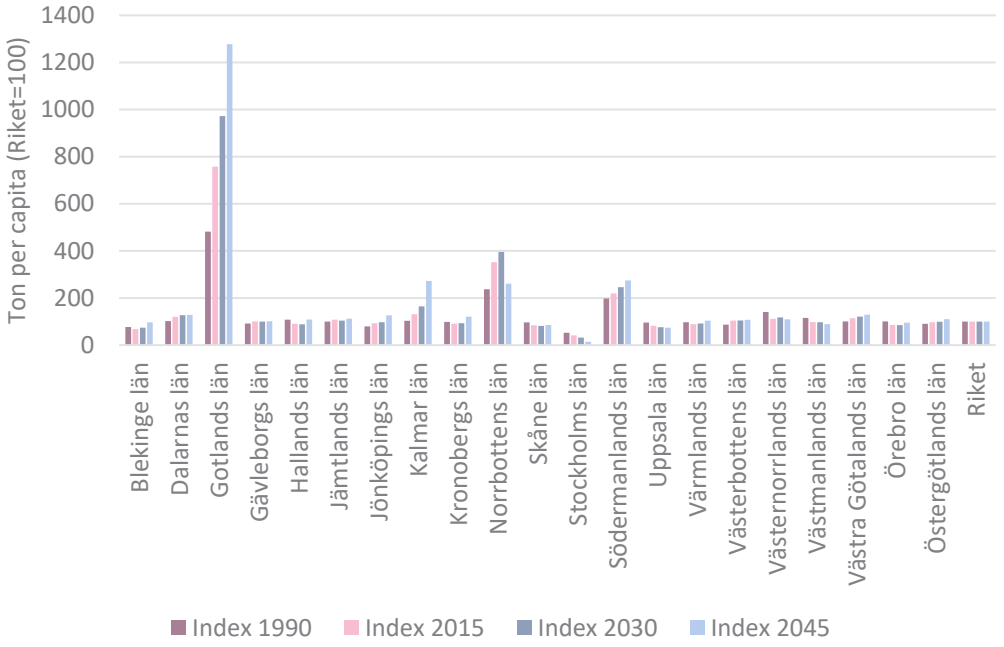
Figur 15: Procentuell förändring av befolkningen 1990-2045. SCB:s befolkningsprognos för riket från år 2017 samt justering/uppdatering av Långtidsutredningens prognos per län från år 2015

I Figur 16 visas utsläpp per capita och län. Utsläppen räknat i ton per capita år 1990 varierar mellan 4,3 (Stockholms län) och 39,2 (Gotlands län). År 2045 är det även Stockholms län som beräknas ha de minsta utsläppen per capita och Gotland de högsta, men då på nivåerna 0,1 och 10,9 ton per capita. Utsläppen per capita för riket har minskat från 8,1 ton år 1990 till 5,4 ton år 2015, och beräknas minska till 2,5 ton år 2030 och 0,9 ton per capita år 2045.



Figur 16: Totala utsläpp per capita per län år 1990 och 2015 (Källa: RUS och SCB) samt beräknad minskning per län år 2030 och 2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå samt befolkningsprognoser från SCB och Långtidsutredningen.

I Figur 17 visas utsläpp per capita och län indexerat mot riket. Syftet med figuren är att visa hur mycket länens utsläpp per capita avviker från riket varje år. Att skillnaderna mot riket förändras beror i huvudsak på sektorernas storlek i de olika länen, men även på grund av hur mycket befolkningen prognostiseras att öka/minska. Exempelvis hade Stockholms län år 1990 cirka 50 procent lägre utsläpp per capita jämfört med riket, och år 2045 beräknas Stockholm ha 86 procent lägre utsläpp per capita. År 1990 hade Gotlands län nästan 5 gånger så höga utsläpp per capita jämfört med riket, och år 2045 beräknas Gotland ha nästan 13 gånger så höga utsläpp per capita.



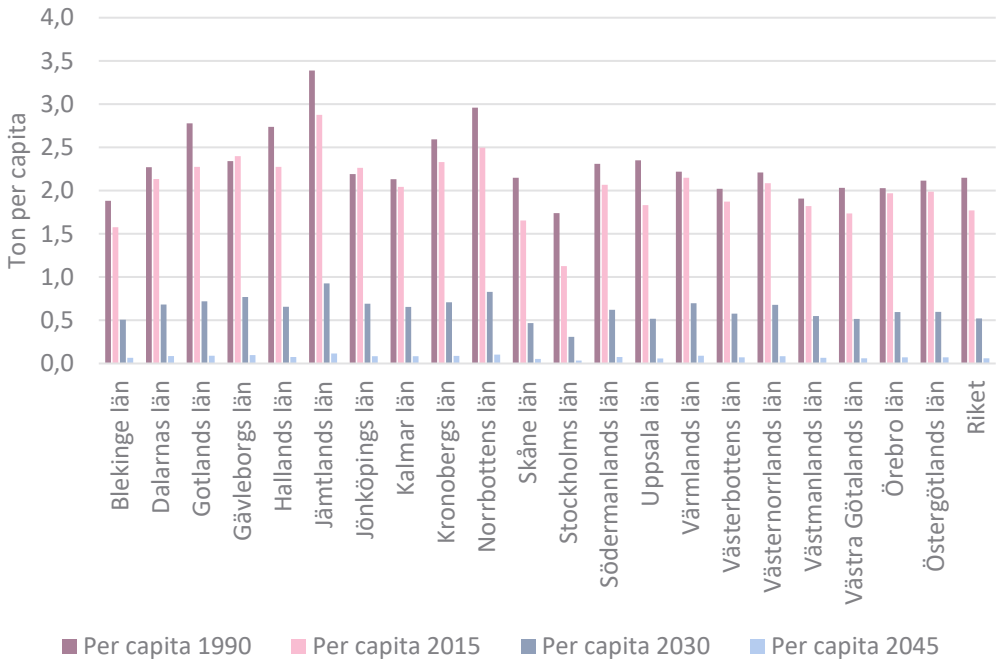
Figur 17: Totala utsläpp per capita per län år 1990 och 2015 (Källa: RUS och SCB) samt beräknad minskning per län år 2030 och 2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå samt befolkningsprognoser från SCB och Långtidsutredningen. Beräknat index där riket är lika med 100 varje år.

3.2 Transportsektorns utveckling per län

Transportsektorn behandlas här i ett eget avsnitt av två huvudsakliga skäl. Dels har transportsektorn ett särskilt utryckt mål om att minska med 70 procent under perioden 2010-2030. Dels är denna sektor i högre grad sammankopplad med befolkningsstorlek och befolkningstäthet jämfört med andra sektorer, eftersom utsläppen i hög grad beror på inomregionala transporter. I och med att hänsyn ej tagits till befolkningsutvecklingen i beräkning av minskning av utsläpp per sektor och län, så innebär det indirekt att vi antar att regioner med högre befolkningstillväxt har bättre förutsättningar att minska sina utsläpp per capita. Län såsom Stockholm, Uppsala samt Skåne, som antas ha en procentuell hög befolkningstillväxt enligt framtagna prognoser, antas därför kunna minska sina utsläpp från transportsektorn i större utsträckning per capita. Detta antagande är inte orimligt, då förutsättningarna för bland annat transporteffektivisering i mångt och mycket beror på befolkningstätheten i regionerna.

I Figur 18 visas utsläppen från transportsektorn per capita för perioden 1990-2045. År 1990 var utsläppen från transportsektorn (exkl inrikes flygtrafik och övriga transporter) 2,1 ton per capita i riket, vilket hade minskat till 1,8 ton per capita år 2015. Till år 2030 beräknas utsläppen minska till 0,5 ton per capita i riket, och år 2045 ända ner till 0,06 ton per capita. Variationen mellan länen inom transportsektorn år 1990 var från 1,7 ton per capita (Stockholms län) till 3,4 ton per capita (Jämtlands län). År 2030 beräknas skillnaderna per capita variera mellan 0,3 ton till 0,9 ton, och år 2045 mellan 0,03 ton och

0,12 ton per capita.



Figur 18: Utsläpp från transportsektorn per capita per län år 1990 och 2015 (Källa: RUS och SCB) samt beräknad minskning per län år 2030 och 2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå samt befolkningsprognoser från SCB och Långtidsutredningen.

Den procentuella minskningen i totala utsläppen för transportsektorn beräknas för riket vara 68 procent för perioden 1990-2030, och 70 procent för perioden 2010-2030 (utsläppen från transportsektorn ökade något under perioden 1990-2010). Under perioden 1990 till 2045 beräknas utsläppen minska med 96 procent. Minskningen per capita beräknas vara större, eftersom befolkningen i riket prognostiseras öka under perioden fram till år 2045. Detta visas i Figur 19. För riket innebär detta en procentuell minskning per capita med 76 procent för perioden 1990-2030 och 97 procent för perioden 1990-2045.

Eftersom transportsektorn som helhet beräknas minska sina utsläpp med en sådan hög andel fram till 2045 så innebär det att skillnaderna mellan regionerna inte kommer vara så stora år 2045 i faktiska tal. Fram till år 2030 beräknas dock minskningen per capita variera från 67 minskning i Gävleborgs län till 82 procent minskning i Stockholms län. Under perioden 2010-2030 beräknas minskningen per capita för transportsektorn variera från 71 procent minskning i flera av länen län till 78 procent minskning i Stockholms län.

Att minskningen per capita beräknas variera mellan länen beror i huvudsak på hur mycket befolkningen kommer att öka, men till viss del även beroende på hur den historiska utvecklingen sett ut under perioden 1990-2015.

Figur 19: Procentuell förändring av utsläppen från transportsektorn per capita per län år 1990-2015 (Källa: RUS och SCB) samt beräknad procentuell minskning per län år 1990-2030 och 1990-2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå samt befolkningsprognoser från SCB och Långtidsutredningen.

3.3 Slutdiskussion

För flera av sektorerna finns det självklart något olika förutsättningar att minska sina utsläpp, både vad gäller den totala minskningen fram till år 2045 men framförallt kanske i vilken takt minskningen kan komma att ske. Det beror dels på näringslivsstruktur, vad det är för industrier som finns inom regionen och typ av jordbruksproduktion. Inom transportsektorn finns det också olika förutsättningar vad gäller möjlighet för ökad transporteffektivitet, elektrifiering och att öka mixen av förnybara drivmedel. Vissa delsektorer för transporter har lättare att minska utsläppen än andra, exempelvis är elektrifiering av kollektivtrafik i storstäder lättare än på landsbygden, och det är lättare att använda olika typer av alternativa drivmedel i personbilar än i tunga transporter. Det krävs dock mer djupgående analyser per delsektor och län för att kunna göra bedömningar om varje läns särskilda förutsättningar.

För att minska utsläppen fram till år 2030 och 2045 krävs en rad olika åtgärder, vilket måste genomföras i hela Sverige. Det har varit svårt att hitta bra generella bedömningar om hur olika delsektorer inom transportsektorn ska minska i hela Sverige eller om transportsektorn som helhet ska kunna minska mer i vissa län. Detta gäller för övrigt även andra sektorer än just transporterna. I beräkningarna har dock antagits att län med hög befolkningstillväxt ska kunna minska sina utsläpp i högre grad per capita jämfört med län med låg befolkningstillväxt. Dessutom har hänsyn tagits till den historiska utvecklingen under perioden 1990-2015 genom att 2015 använts som basår för beräkningarna av utsläppsminskningar per sektor och län. Att storstadsregioner och län med hög

befolkningstillväxt antas kunna minska sina utsläpp mer per capita jämfört med andra regioner, vilket är utfallet av regionaliseringen i denna studie, finns stöd för i genomförda potentialbedömningar för energieffektivisering inom transportsektorn. Exempelvis antas potentialen för energieffektivisering och eldrift vara relativt större för stadsbussar och distributionslastbilar jämfört med fjärrlastbilar och landsvägsbussar. Förtätning och hållbar stadsplanering möjliggör även ett mer hållbart resande genom utökat resande med kollektivtrafik samt cykel och gång.[9]

Försök har gjorts för att hitta mer övergripande parametrar som kan förklara länens förutsättningar. Exempelvis finns det en väldigt stark koppling mellan länens befolkningstäthet (antal invånare per kvm) och utsläpp per capita inom transportsektorn. Karaktären för sambandet mellan utsläpp per capita och täthet varierar dock med tiden, och att använda dessa samband som underlag för att generellt uppskatta förutsättningarna för att minska sina utsläpp från transportsektorn i ett län är tveksamt. Det är alltså svårt att hitta en övergripande modell som kan bedöma förutsättningarna i olika län för en enskild sektor. En av anledningarna är att det ofta även finns stora skillnader inom ett län som behöver beaktas med en blandning av städer, pendlingskommuner och landsbygd. Det krävs snarare en mer djupgående analys för varje läns möjliga strategier givet sina förutsättningar för att kunna minska sina utsläpp i en takt som möjliggör att det nationella målet uppfylls.

[9] ÅF, Översyn av Trafikverkets klimatscenarier (2018)

4 Energiintensitet

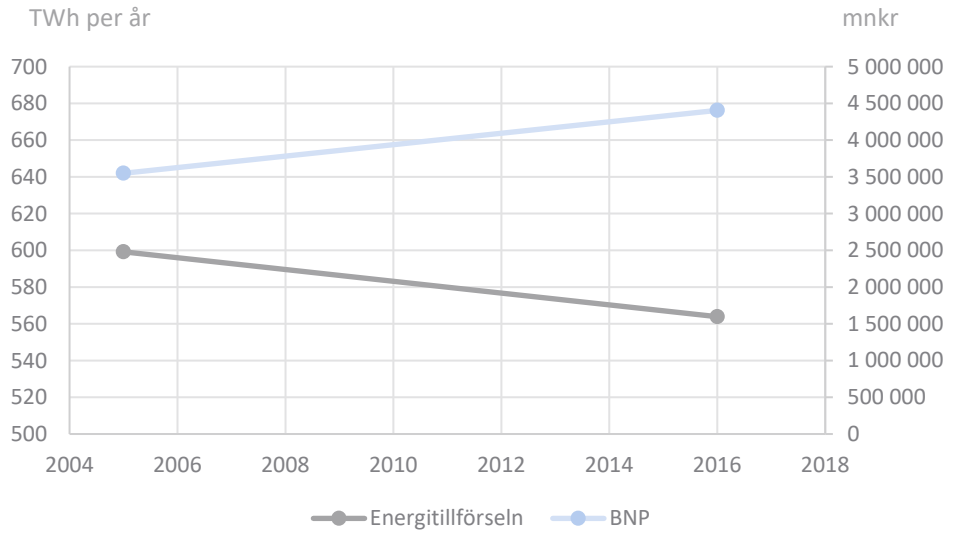
Den 28 november 2016 presenterade Energikommissionen en överenskommelse om Sveriges mål för energieffektivisering. Förslaget innebär att Sverige år 2030 ska ha 50 procent effektivare energianvändning jämfört med 2005. Målet uttrycks i termer av tillförd energi i relation till BNP. Energimyndigheten har i uppdrag att tillsammans med olika branscher formulera sektorsstrategier för energieffektivisering.

- Mål: 50 % minskning till 2030 relativt 2005 (MWh tillförd energi per krona BNP).

Fram till år 2016 har energiintensiteten sjunkit med 24 procent, se Tabell 4. Energitillförseln har endast minskat med 6 procent, men BNP-ökningen har varit 24 procent vilket förklarar sänkningen. I Figur 20 visas BNP-utvecklingen i fasta priser och energianvändningen inklusive kärnkraftens förluster.

Tabell 4: Förändring i energianvändning per sektor mellan år 2005 och 2016. Posten ”Övrigt” är en sammanslagning av ”Slutanvändning offentlig verksamhet” och ”Slutanvändning övriga tjänster” i SCB:s statistik. (Källa: SCB och Konjunkturinstitutet)

Sektor	**Förändring år 2016 rel 2005**
Bebyggelse	- 4 %
Industri	+ 8 %
Jordbruk	- 24 %
Transport	+ 4 %
Övrigt	0 %
Totala energianvändning	**+ 3 %**
Total energitillförsel	**- 6 %**
BNP	+ 24 %
Energiintensitet (MWh/kr BNP)	**- 24 %**



Figur 20: Sveriges totala energitillförsel respektive BNP-utvecklingen i fasta priser år 2005 och 2016 (basår 2016). (Källa: SCB och Konjunkturinstitutet)

I och med den BNP-ökning som prognosticeras uppnås målet till största del med befintliga nivåer på energianvändningen. Minskningen av kärnkraftens förluster som följd av redan tagna beslut om avveckling av reaktorer[10] medför att nästan hela energiintensitetsmålet (47 %) uppnås.[11] De kvarvarande procentenheterna bedöms vara inom felmarginalen för BNP-utvecklingen.

I Figur 21 visas en principiell skiss över sambandet mellan tillförd energi och använd energi. Förlusterna i dagens system står till ca 60 % av kärnkraftens förluster. Minskningen av dessa får alltså stor påverkan på den tillförda mängden energi.

Figur 21: Principiell skiss över sambandet mellan tillförd energi och använd energi. I förluster ingår främst omvandlingsförluster och överföringsförluster.

[10] Fyra reaktorer har beslut om avveckling mellan år 2015 och år 2020. Efter år 2020 är sex reaktorer kvar i drift. De som är kvar motsvarar 70 % av 2015 år kärnkraftskapacitet.
[11] Detta baseras på scenario grundscenariot (Referens EU) från Energimyndighetens rapport ”Scenarier över Sveriges energisystem 2016” där den totala tillförda energin beräknas vara 519 TWh år 2030. Detta scenario har relaterats till BNP-utvecklingen i fasta priser enligt KI:s senaste prognos från mars 2018.

Minskning av använd energi är inte nödvändig för måluppfyllnaden om BNP-utvecklingen fortlöper enligt prognos. Det finns dock inget utrymme för ökning av energianvändning. Detta innebär att de sektorer som väntas öka sin produktion behöver effektivisera sin energianvändning för att bibehålla dagens nivå på använd energi. Detta gäller särskilt industrin som siktar på ökad produktion. Ökad industriell produktion kan även medföra ett ökat behov av transporter.

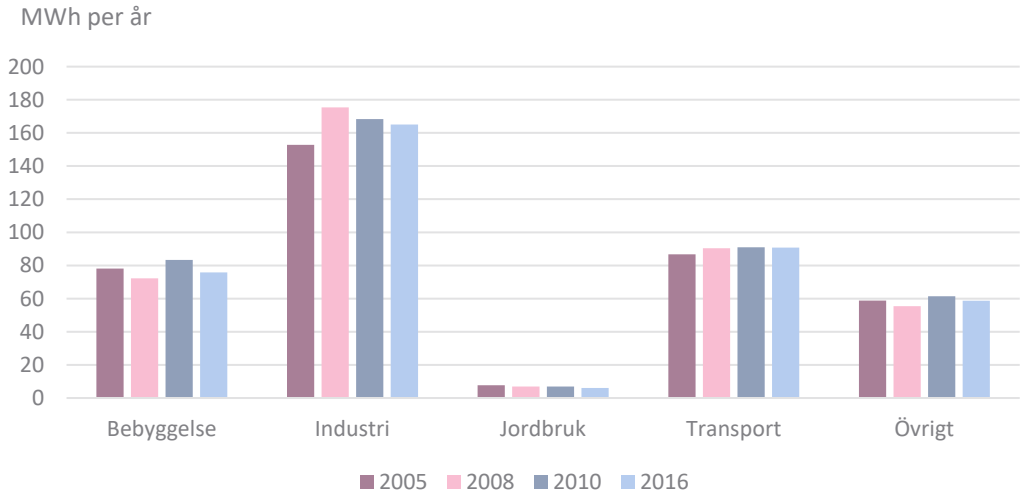
Flera förslag på teknisk utveckling för att minska klimatgasutsläpp baseras på en övergång till vätgasanvändning. Den energi som krävs för att producera vätgas kan medföra att den tillförda energin ökar i Sverige. Exempelvis bedöms ersättningen av kol i masugnar med vätgas kräva ökad eltillförsel på cirka 15 TWh per år[12]. Detta motsvarar 3 procent av dagens energitillförsel, och hela 11 procent av elproduktionen (för år 2016). Det faktum att denna el måste vara 100% förnybar och åtminstone delvis vara av intermittent (icke planerbar) karaktär gör att behovet av ett stabilt nationellt elnät och nya typer av energilager ytterligare stärks.

Ytterligare en koppling mellan energianvändning och klimatgasutsläpp finns i transportsektorn som till största del drivs av fossila bränslen. Som nämnts i tidigare kapitel, räcker antagligen inte övergång till icke-fossila bränslen och elfordon för att uppnå transportsektorns klimatmål; även energieffektivisering behövs. Med ökad användning av eldrivna fordon kommer detta till viss del per automatik eftersom verkningsgraden är betydligt högre för elbilar än för bilar med förbränningsmotor.

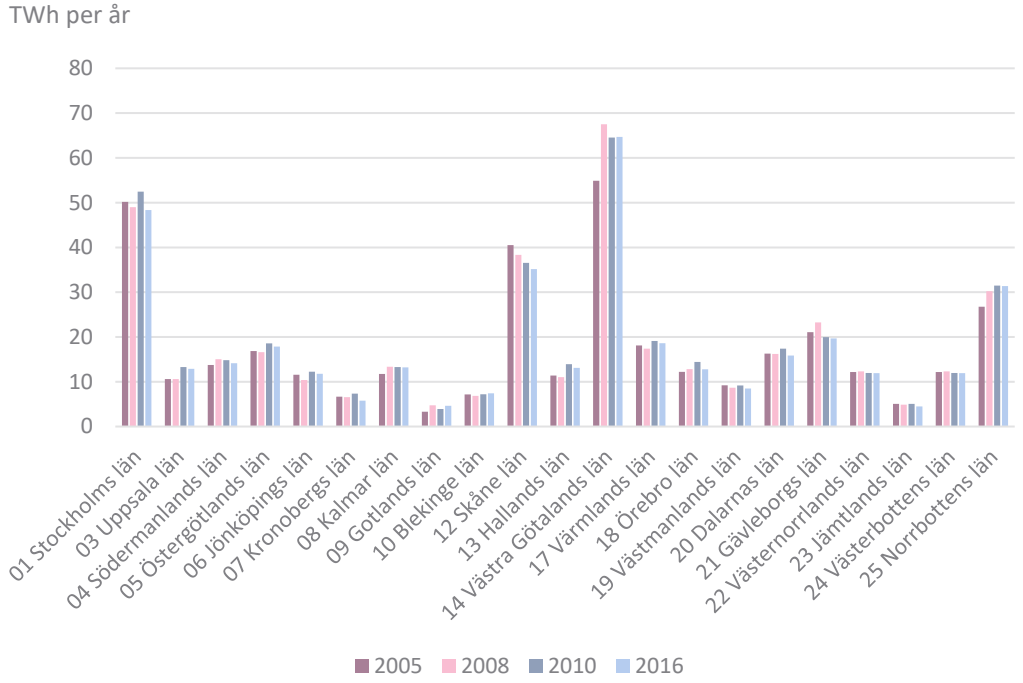
Ytterligare en koppling är mellan energianvändning och ökad andel förnybar energi. I och med att en stor del av den nyinstallerade förnybara elproduktionen är intermittent, såsom vindkraft och solel, kan lagring av el bli en allt viktigare komponent i energisystemet. I dagsläget är det osäkert vilken eller vilka lagringstekniker som blir de största men oavsett vad så medför lagring alltid förluster. Ökad andel el från vind och sol kan alltså bidra till förluster som uppstår vid lagring. Ett flertal lagringstekniker har en verkningsgrad runt 70-80 procent (t ex tryckluftslager och flödesbatterier) medan litium-jon-batterier har en verkningsgrad på ca 90 procent. Till skillnad från kärnkraftens värmeförluster finns det dock möjlighet att nyttiggöra värmeförlusterna från ellager om de är placerade i anslutning till ett värmebehov. I och med att det även finns möjligheter till laststyrning av energianvändningen och ökat utnyttjande av vattenkraften som effektreglerare, bedöms förlusterna till följd av lagring bli mindre än 0,5 % även med 100 % förnybart i energisystemet[13].

Den historiska utvecklingen av energianvändning per sektor och län visas i figurerna nedan.

[12] Presentation av SSAB vid Svea Vind Offshore workshop 180316.
[13] Swecos bedömning antaget att vindkraft står för ca halva den svenska elproduktion år 2040.



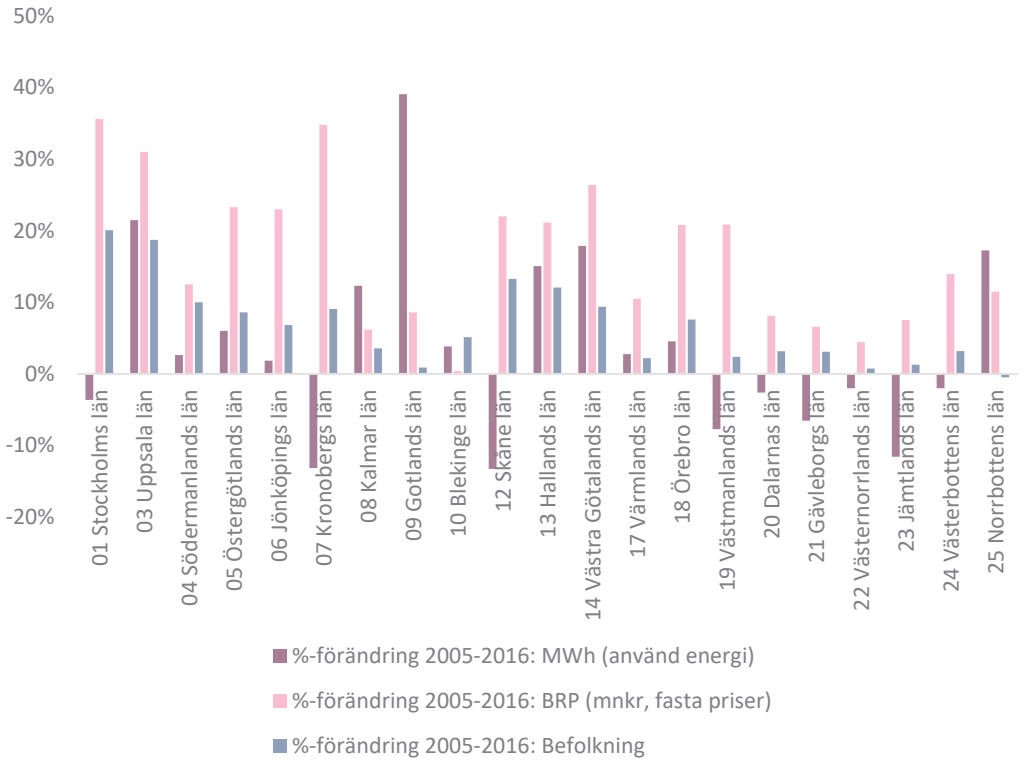
Figur 22: Nationella värden för energianvändning per sektor år 2005, 2008, 2010 och 2016. Posten "Övrigt" är en sammanslagning av "Slutanvändning offentlig verksamhet" och "Slutanvändning övriga tjänster" i SCB:s statistik. (Källa: SCB)



Figur 23: Energianvändning per län åren 2005, 2008, 2010 och 2016. (Källa: SCB)

Den historiska utvecklingen visar inte på något tydligt samband i hur BRP och befolkning ökat i regionerna i relation till hur energianvändning förändrats, vilket visas i Figur 24. En regionalisering av energimålet bör, enligt resonemang och resultat ovan, rikta in sig på

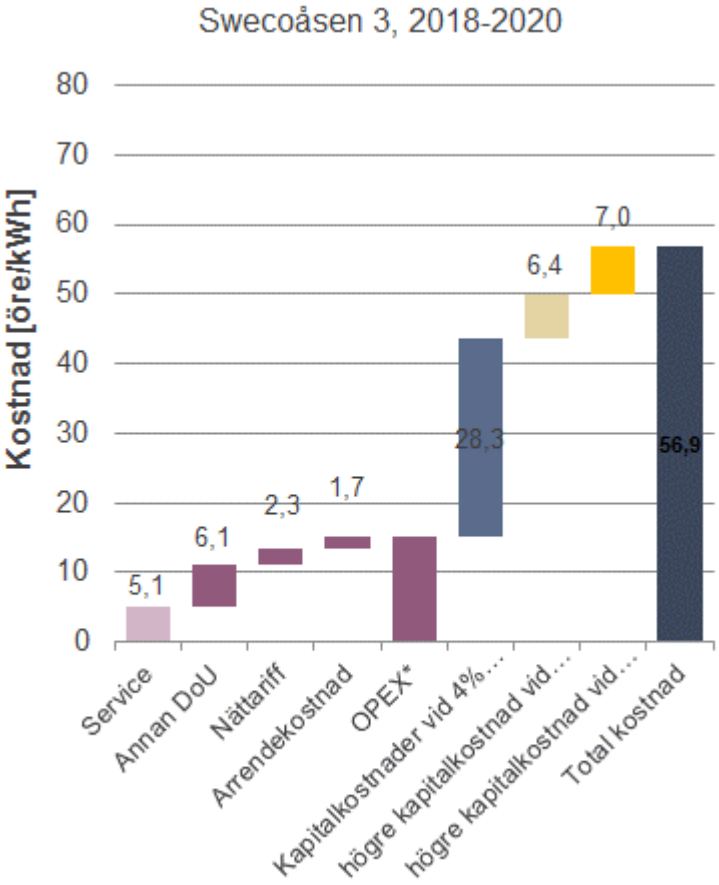
bibehållen eller minskad energianvändning, trots befolkningsökning och ökad ekonomisk tillväxt. Detta innebär i praktiken att län med hög befolkningstillväxt, och delvis därför även stark ekonomisk tillväxt, förväntas kunna ha en större energieffektivisering jämfört med andra län med lägre tillväxt. I län med hög befolkningstillväxt kommer detta i sådana fall kräva energieffektiviseringar inom transportsektorn och mer energieffektiv bebyggelse, samtidigt som industrin och andra sektorer i hela Sverige behöver ha bibehållen energianvändning trots ökad produktion. Mycket beror dock på den ekonomiska tillväxten – en stark ekonomisk tillväxt inom exempelvis industrin kan ge utrymme för något ökad energianvändning. Vilka branscher som kommer ha stark tillväxt, och dessa branschers energiintensitet, påverkar i hög grad möjligheten att nå det nationella målet.



Figur 24: Procentuell förändring av energianvändning, bruttoregionprodukten och befolkning per län under perioden 2005-2016. (Källa: SCB)

5 Vindkraftens utbyggnad – historik och drivkrafter

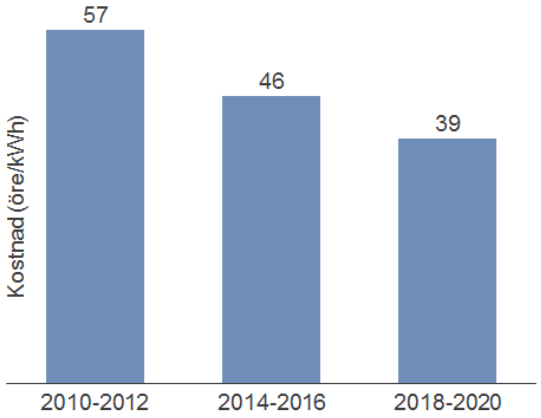
De senaste åren har kostnaden för landbaserad vindkraft sjunkit kraftigt, och är nu på många håll det billigaste kraftslaget ur ett investeringsperspektiv. Sweco har utvecklat ett antal typfall för kostnadsstrukturen i ny landbaserad vindkraft, ett exempel på detta visas nedan i Figur 25. Detta exempel är uppdelat i driftkostnader (OPEX) samt kapitalkostnad.



Figur 25: Investeringskostnad för ny landbaserad vind, typfall (Källa: Sweco)

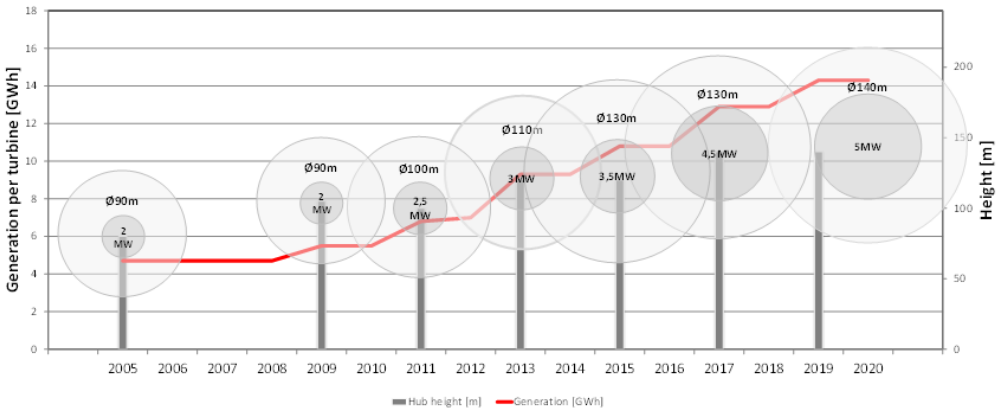
Som framgår i figuren är kapitalkostnaden den största delen, även i skrivande stund när kostnader för kapital är på historiskt låga nivåer. Denna del kommer alltså fortsatt dominera, även om Svenska Kraftnäts prognos att transmissionstariffer fördubblas under de kommande tio åren.

Figur 26 visar kostnader för det hypotetiska vindkraftsprojektet Swecoåsen som antas realiseras i norra Sverige i tre olika etapper mellan 2010 och 2020.



Figur 26: Elproduktionskostnader för ett vindkraftsprojekt i etapper (Källa: Sweco)

Swecoåsen exemplifierar både teknikutvecklingen via en lägre specifik investeringskostnad, projektutveckling via högre navhöjd och fler fullasttimmar över tid, samt en WACC[14] på 4%. I Figur 27 visas hur produktionskapacitet och navhöjd utvecklats och prognostiseras utvecklas fram till 2020. De billigaste vindkraftsprojekten kan ligga så lågt som 30 öre/kWh. Utvecklingen har drivits av en kombination av stödsystem och teknikutveckling. I Skandinavien har systemet med elcertifikat varit den kanske enskilt viktigaste drivkraften. Parallellt, och delvis påskyndat av offentliga satsningar, har teknikutvecklingen gått fort.



Figur 27: Produktionskapacitet och navhöjd, historiskt samt prognosticerat till 2020 (Källa: Sweco)

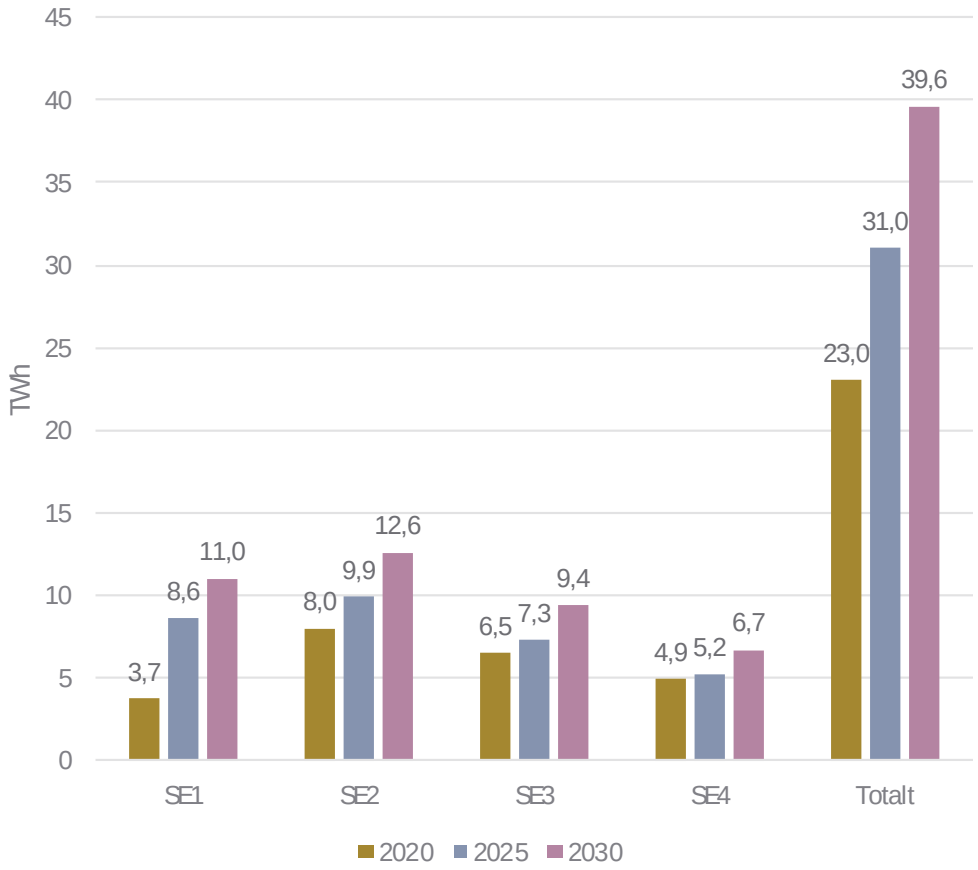
[14] Kapitalkostnad (Weighted Average Cost of Capital)

Vindkraften producerade år 2017 totalt 17,3 TWh vilket motsvarar nästan 11% av den totala elproduktionen under året.

Till 2030 kan vindkraften antas öka till omkring 40 TWh, baserat på ett basscenario med nuvarande styrmedel och gradvis utfasning av dessa, långsiktigt reella ökningar av elpriset samt en avveckling av kvarvarande kärnkraft när dessa uppnått planerad ålder (och inte tidigare).

Lokaliseringsbeslut drivs primärt av investerings- och driftkostnader vilka beror av vindförhållanden och befintlig infrastruktur, men även naturvärden, boende samt flyg och försvar kan ha stor inverkan på lokalisering.

För vindkraften förutsätts en fortsatt tonvikt på lokalisering i elprisområde 1 och 2 – alltså i de centrala och norra delarna av landet (se Figur 28).



Figur 28: Vindkraftsproduktion per prisområde under ett basscenario (Källa: Sweco)

Denna utbyggnadstakt kräver inte någon radikal förändring av elnätsinvesteringar jämfört med dagens prognoser. Vi befinner oss just nu mitt i en reinvesteringsfas, då en betydande del av dagens elnät är resultat av en investeringspuckel som inträffade för 40-50 år sedan, och därför behöver betydande delar av nätet förnyas. Vid mer optimistiska

scenarier för landbaserad vind, som till exempel 55 TWh för IVA[15] eller 60 TWh för Energimyndigheten[16], krävs däremot nya typer av lösningar för efterfrågeflexibilitet och lagring för att kunna nyttja den producerade elektriciteten.

Exakt hur behovet av ny teknik kommer att utvecklas för att vindkraften ska kunna nå sin fulla potential beror också till stor del på hur övriga energisektorn utvecklas. Om vindkraften koncentreras till de mellersta och norra delarna av landet behövs självklart mer överföringskapacitet än om produktionen är mer jämnt fördelad. Om även solel byggs ut i betydande grad (vilket är troligt) kommer en allt större del av elproduktionen bli intermittent vilket ökar behovet av lagring. Vattenkraftens möjligheter att lagra energi till vintern är avgörande för framtidens elsystem, men en helt förnybar elproduktion kommer kräva en betydligt högre grad av effekthantering hos användare, samt lagring av energi över dygn och säsong. Detta underlättas självklart av effektiviseringar som leder till att det totala behovet av elektricitet kan minska.

[15] Sveriges framtida elproduktion, delrapport inom Vägval el, IVA 2016
[16] Scenarier över Sveriges energisystem 2016, Rapport ER 2017:06, Energimyndigheten, 2017

6 Tabellbilaga

Tabell: Totala utsläpp per län år 1990 och 2015 (Källa: RUS) samt beräknad minskning per län år 2030 och 2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå.

	Ton CO2ekv per år			
	1990	2015	2030	2045
Blekinge län	944 049	573 833	301 410	131 847
Dalarnas län	2 397 422	1 812 600	930 342	326 370
Gotlands län	2 240 737	2 336 794	1 472 383	666 783
Gävleborgs län	2 154 655	1 520 646	729 780	253 796
Hallands län	2 234 688	1 529 828	807 220	375 252
Jämtlands län	1 107 127	740 724	343 243	128 001
Jönköpings län	2 112 809	1 738 270	920 717	426 684
Kalmar län	2 028 978	1 673 598	1 015 284	565 195
Kronobergs län	1 423 075	935 214	487 850	225 026
Norrbottens län	5 098 155	4 727 844	2 481 448	567 839
Skåne län	8 385 092	5 902 180	3 131 398	1 273 825
Stockholms län	7 027 913	5 015 394	2 182 355	379 812
Södermanlands län	4 108 680	3 343 518	1 938 388	784 819
Uppsala län	2 100 666	1 570 482	795 802	295 539
Värmlands län	2 240 550	1 315 994	651 272	249 075
Västerbottens län	1 787 981	1 468 238	745 635	271 764
Västernorrlands län	2 985 044	1 464 585	733 635	239 410
Västmanlands län	2 427 349	1 386 326	708 973	236 002
Västra Götalands län	11 771 911	10 139 551	5 587 896	2 209 182
Örebro län	2 236 034	1 342 877	684 324	273 882
Östergötlands län	2 964 417	2 324 884	1 226 183	497 419
Riket	**69 918 487**	**52 939 278**	**27 901 388**	**10 380 809**

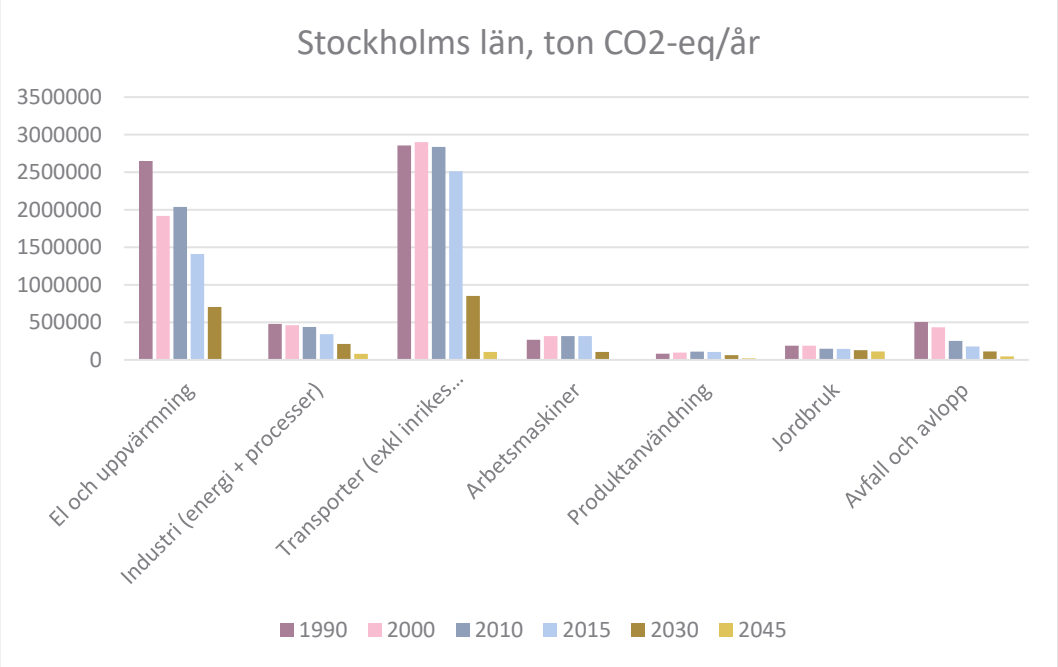
Tabell: Procentuell förändring av de totala utsläppen 1990-2015 (Källa: RUS) samt beräknad procentuell minskning per län 1990-2030 och 1990-2045 med utgångspunkt i Naturvårdsverkets antaganden per sektor på nationell nivå.

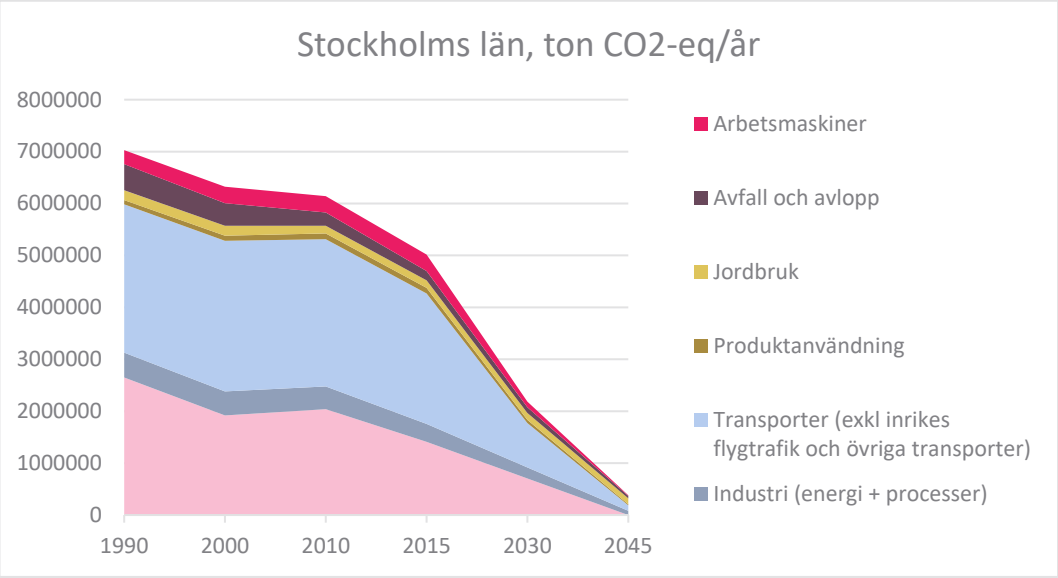
	Procentuell förändring		
	1990-2015	1990-2030	1990-2045
Blekinge län	-39%	-68%	-86%
Dalarnas län	-24%	-61%	-86%
Gotlands län	4%	-34%	-70%
Gävleborgs län	-29%	-66%	-88%
Hallands län	-32%	-64%	-83%
Jämtlands län	-33%	-69%	-88%
Jönköpings län	-18%	-56%	-80%
Kalmar län	-18%	-50%	-72%
Kronobergs län	-34%	-66%	-84%
Norrbottens län	-7%	-51%	-89%
Skåne län	-30%	-63%	-85%
Stockholms län	-29%	-69%	-95%
Södermanlands län	-19%	-53%	-81%
Uppsala län	-25%	-62%	-86%
Värmlands län	-41%	-71%	-89%
Västerbottens län	-18%	-58%	-85%
Västernorrlands län	-51%	-75%	-92%
Västmanlands län	-43%	-71%	-90%
Västra Götalands län	-14%	-53%	-81%
Örebro län	-40%	-69%	-88%
Östergötlands län	-22%	-59%	-83%
Riket	**-24%**	**-60%**	**-85%**

7 Bilaga – Utsläpp sektorsvis för länen

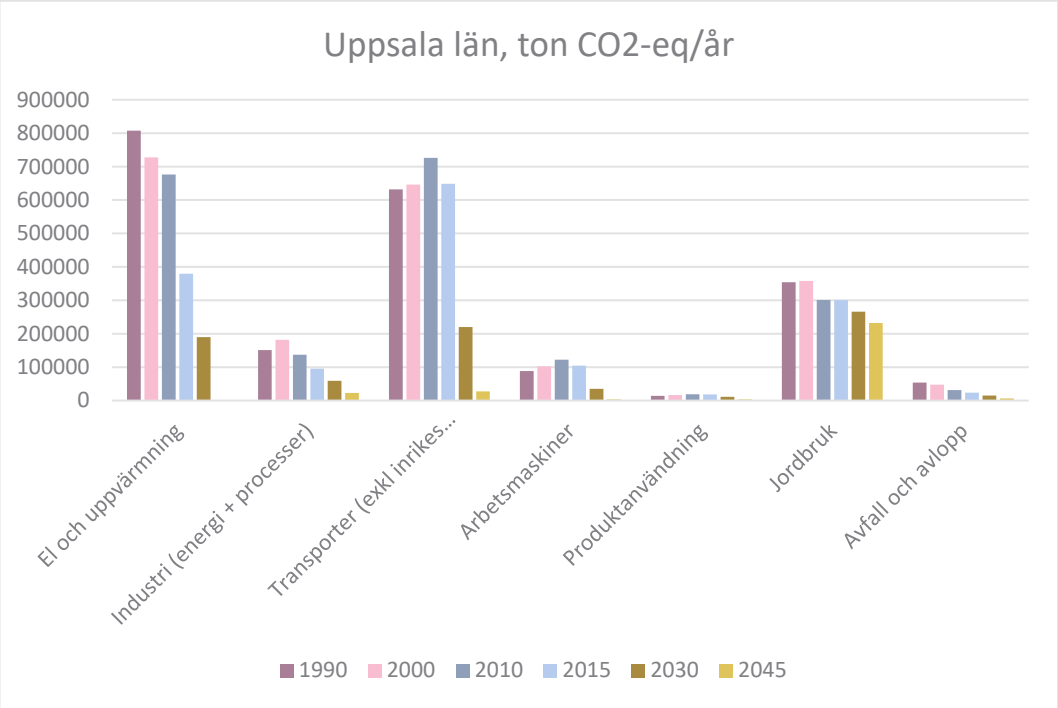
Nedan presenteras de kalkylerade utsläppsnivåerna per sektor i respektive län. Samma beräknade värden presenteras dels i ett stapeldiagram och dels som en utsläppskurva.

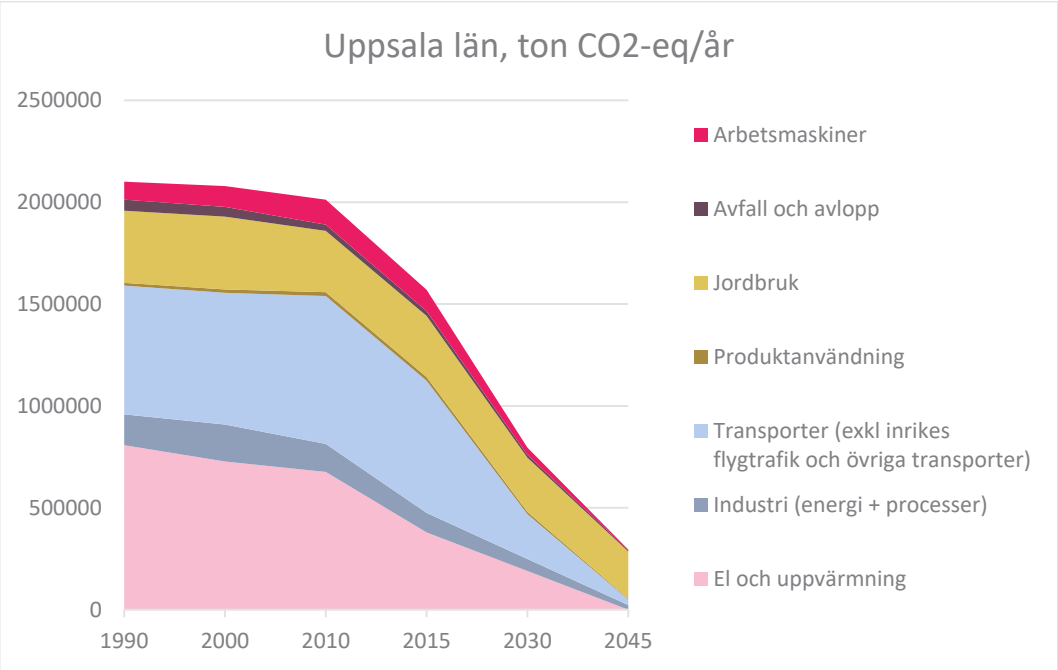
Stockholms län



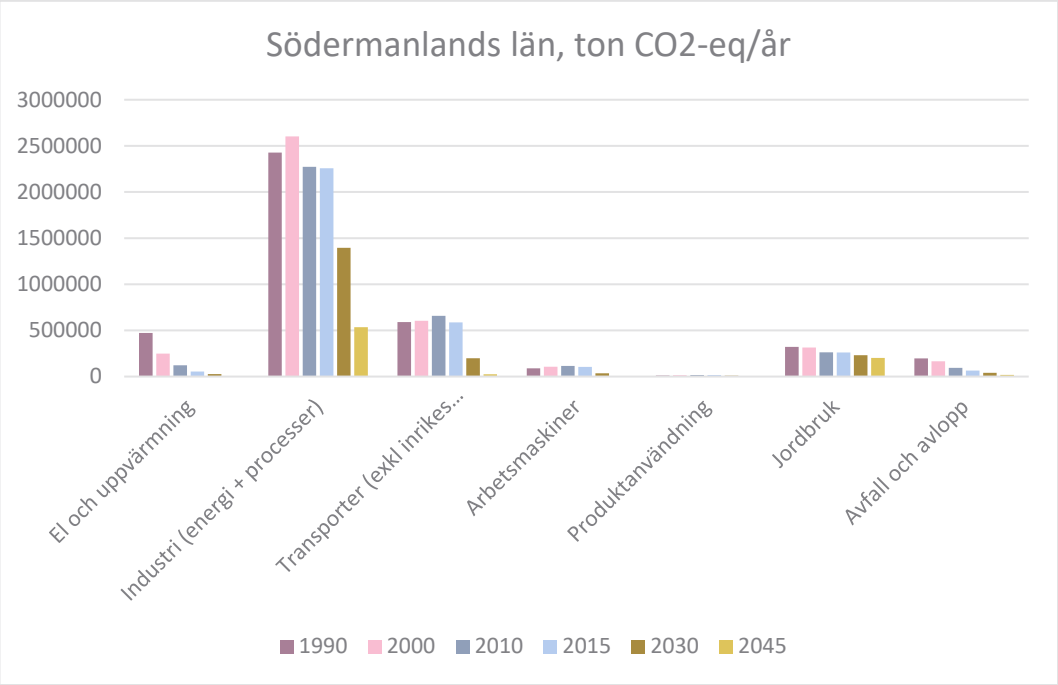


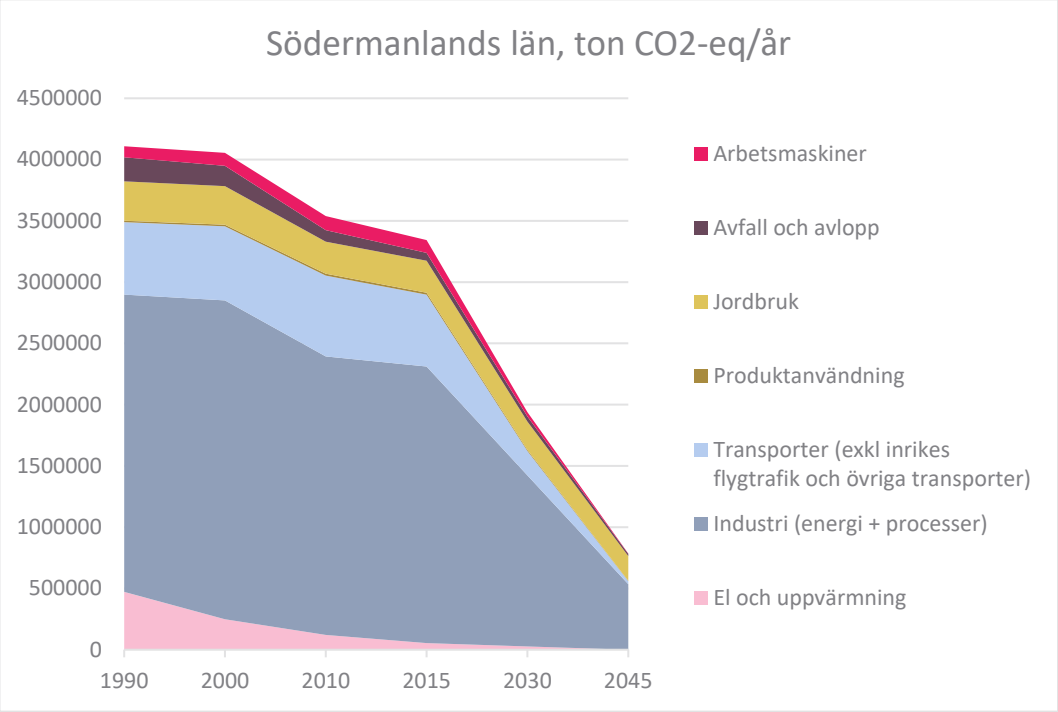
Uppsala län


Uppsala län, ton CO2-eq/år
900000
800000
700000
600000
500000
400000
300000
200000
100000
0
El och uppvärmning
Industri (energi + processer)
Transporter (exkl inrikes...
Arbetsmaskiner
Produktanvändning
Jordbruk
Avfall och avlopp
1990
2000
2010
2015
2030
2045

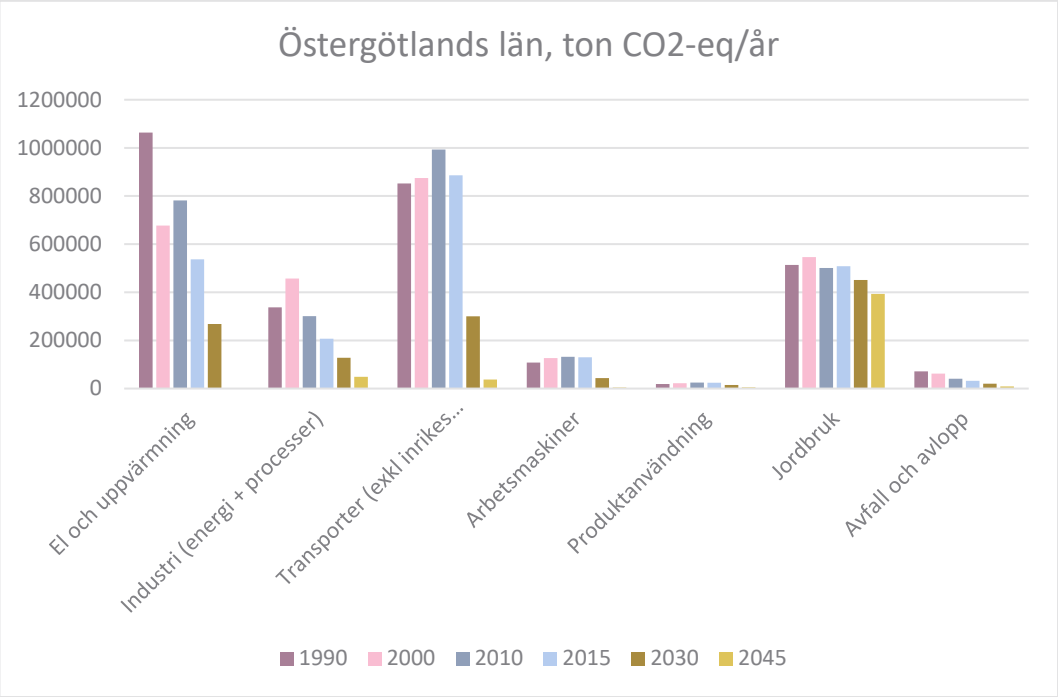

Uppsala län, ton CO2-eq/år
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
1990
2000
2010
2015
2030
2045
Arbetsmaskiner
Avfall och avlopp
Jordbruk
Produktanvändning
Transporter (exkl inrikes flygtrafik och övriga transporter)
Industri (energi + processer)
El och uppvärmning

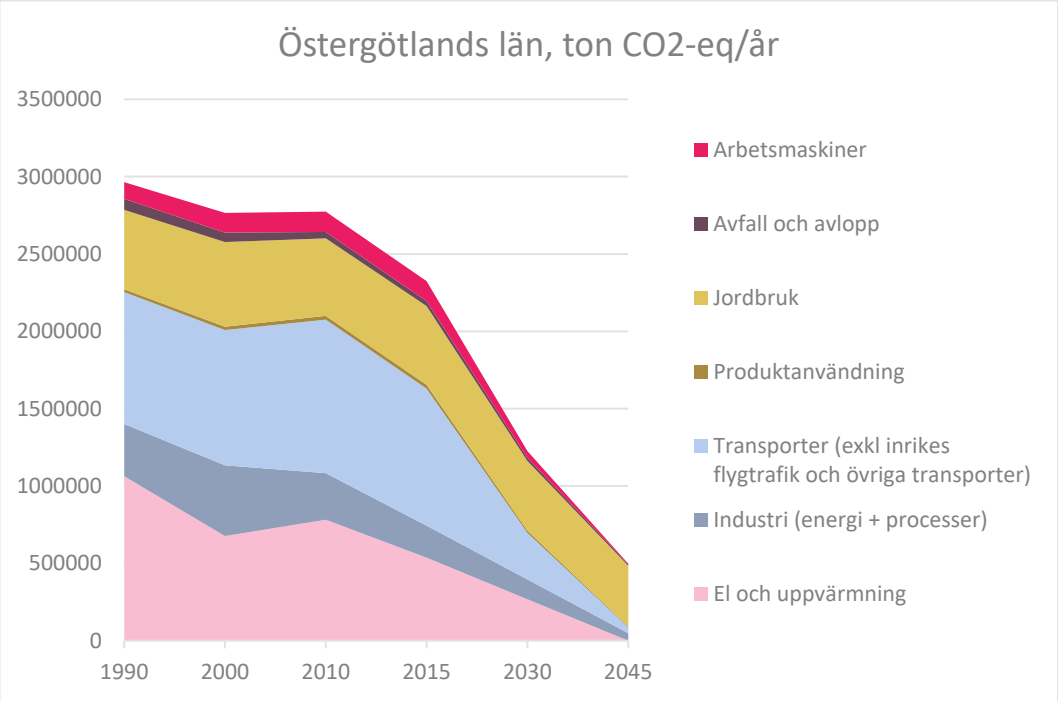
Södermanlands län



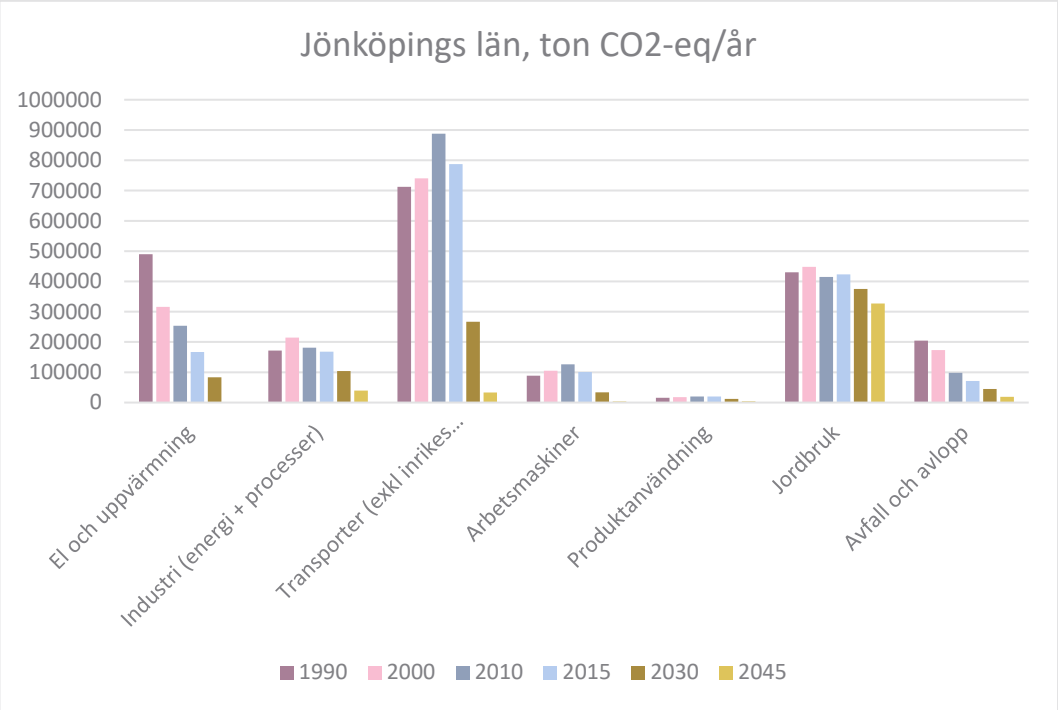


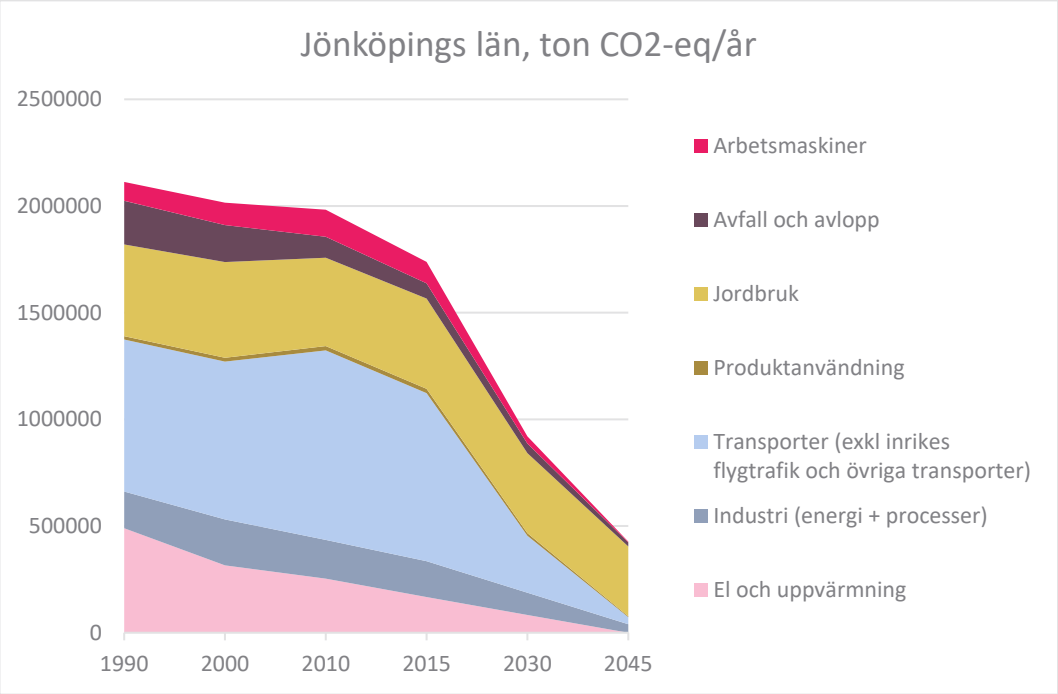
Östergötlands län



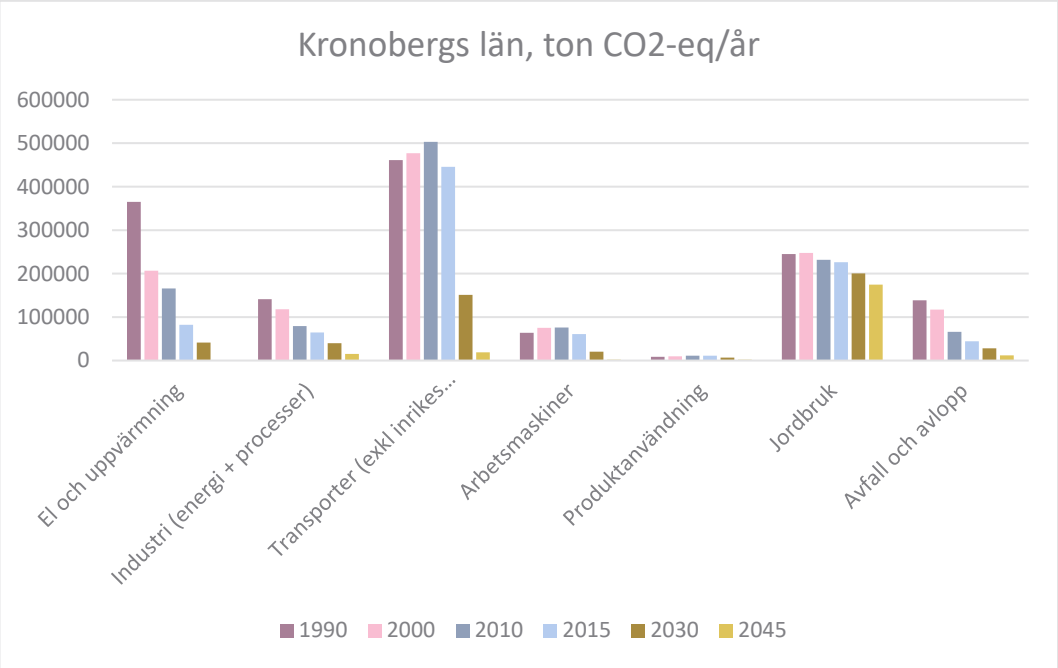


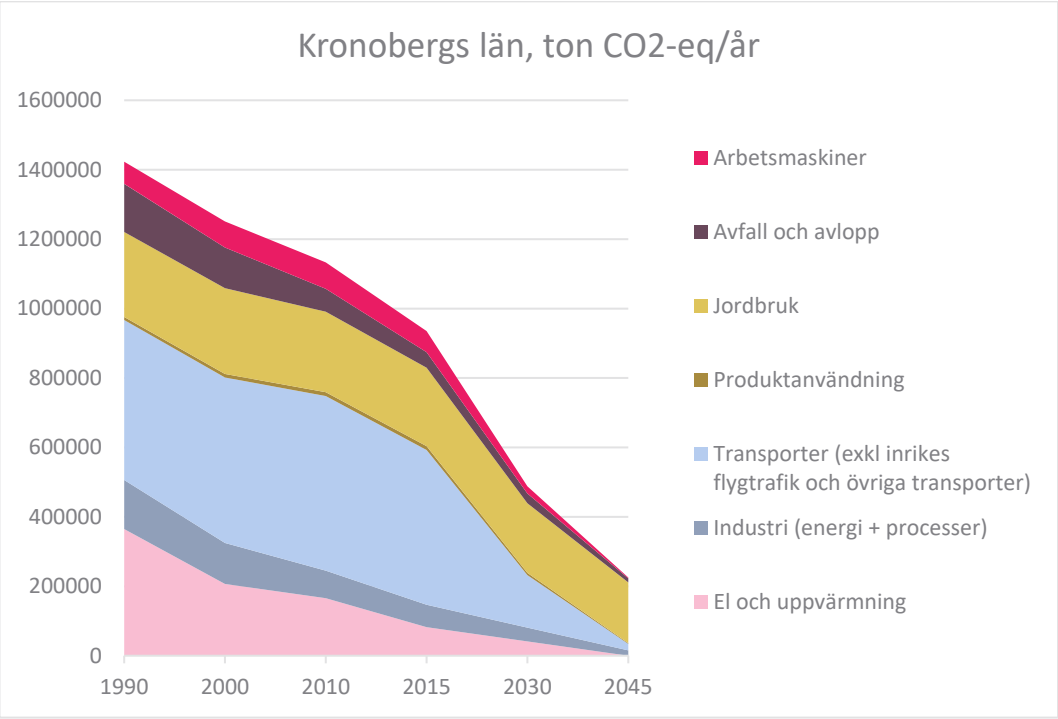
Jönköpings län



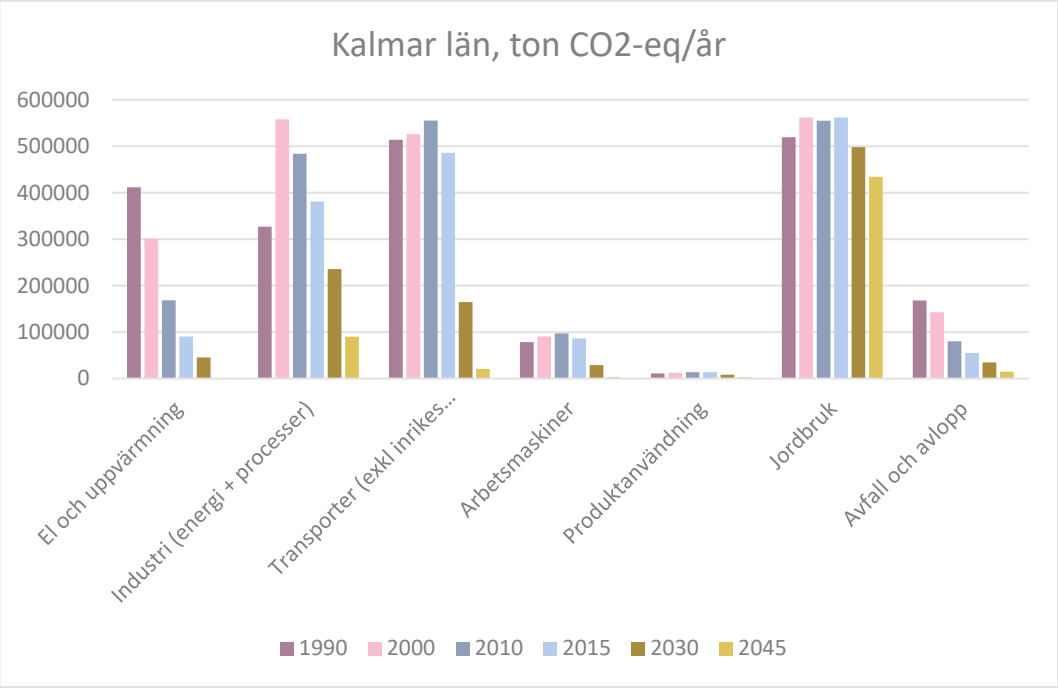


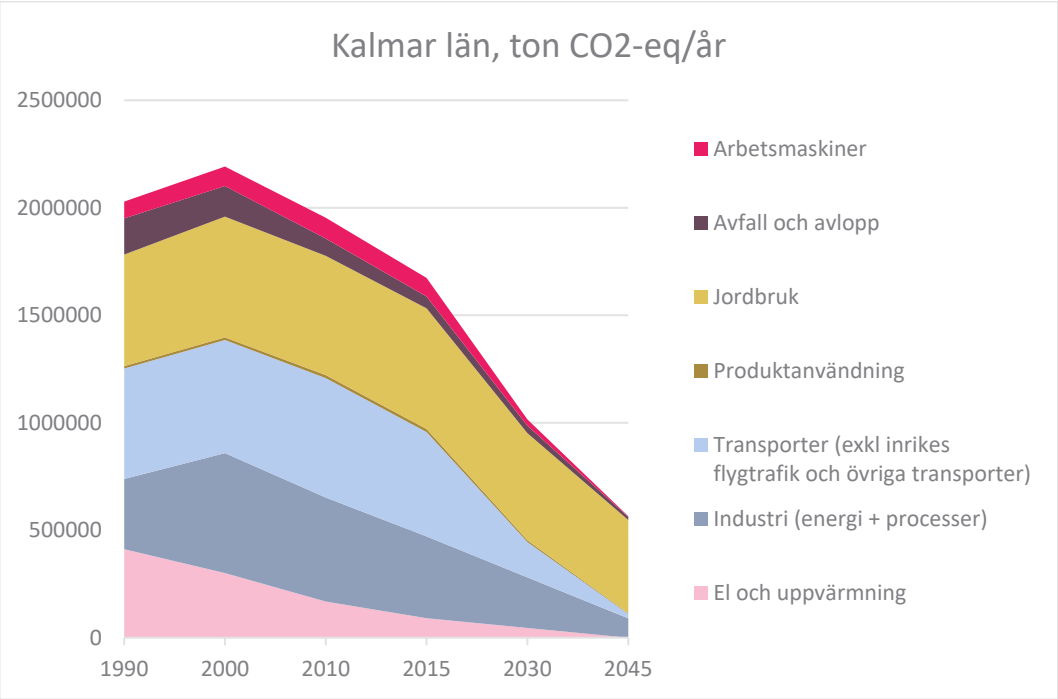
Kronobergs län



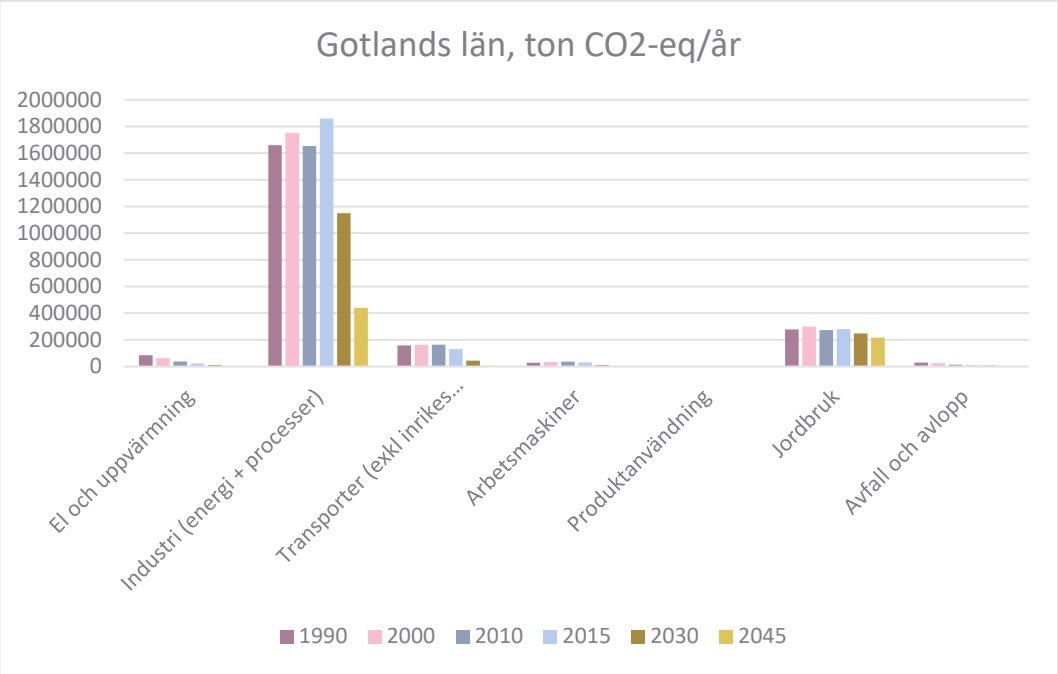


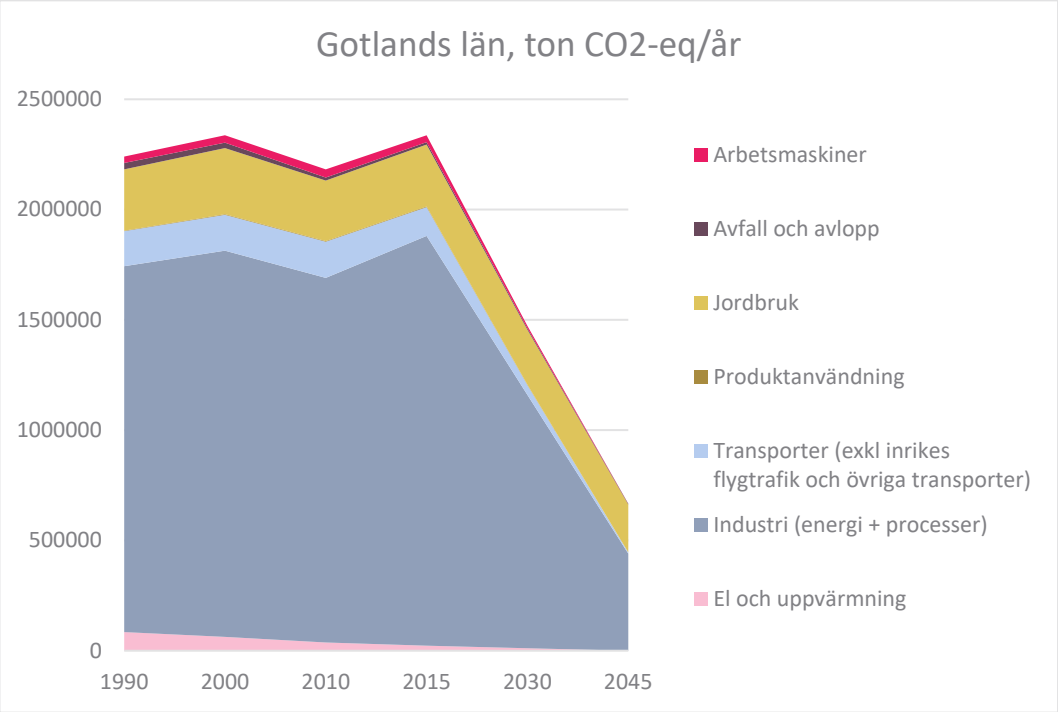
Kalmar län


Kalmar län, ton CO2-eq/år
600000
500000
400000
300000
200000
100000
0
El och uppvärmning
Industri (energi + processer)
Transporter (exkl inrikes...
Arbetsmaskiner
Produktanvändning
Jordbruk
Avfall och avlopp
1990
2000
2010
2015
2030
2045

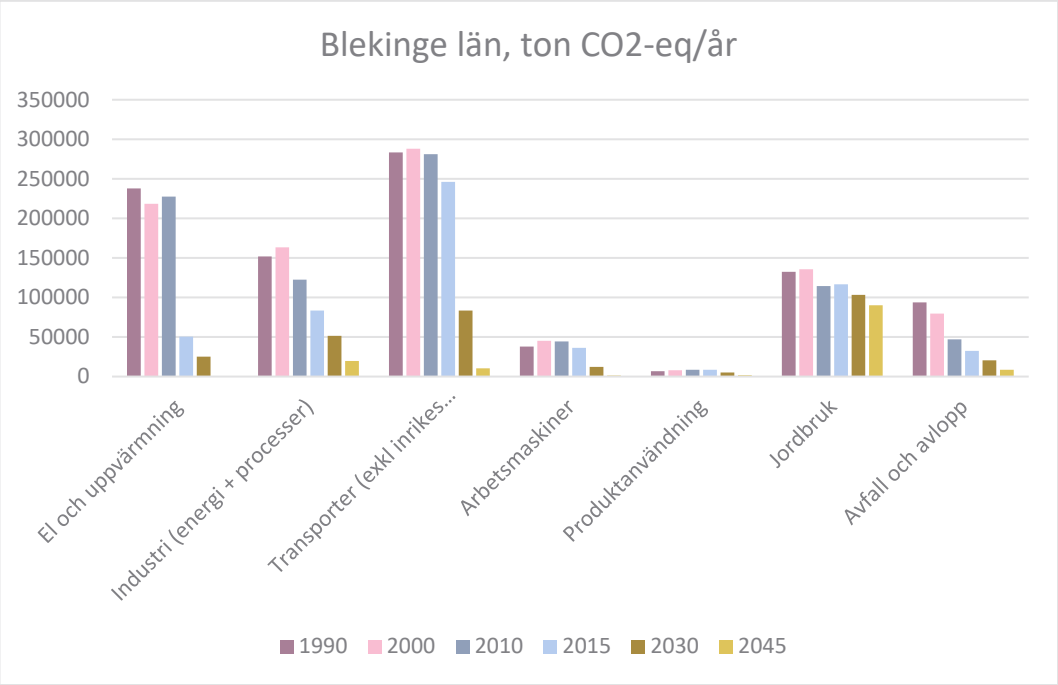

Kalmar län, ton CO2-eq/år
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
1990
2000
2010
2015
2030
2045
Arbetsmaskiner
Avfall och avlopp
Jordbruk
Produktanvändning
Transporter (exkl inrikes flygtrafik och övriga transporter)
Industri (energi + processer)
El och uppvärmning

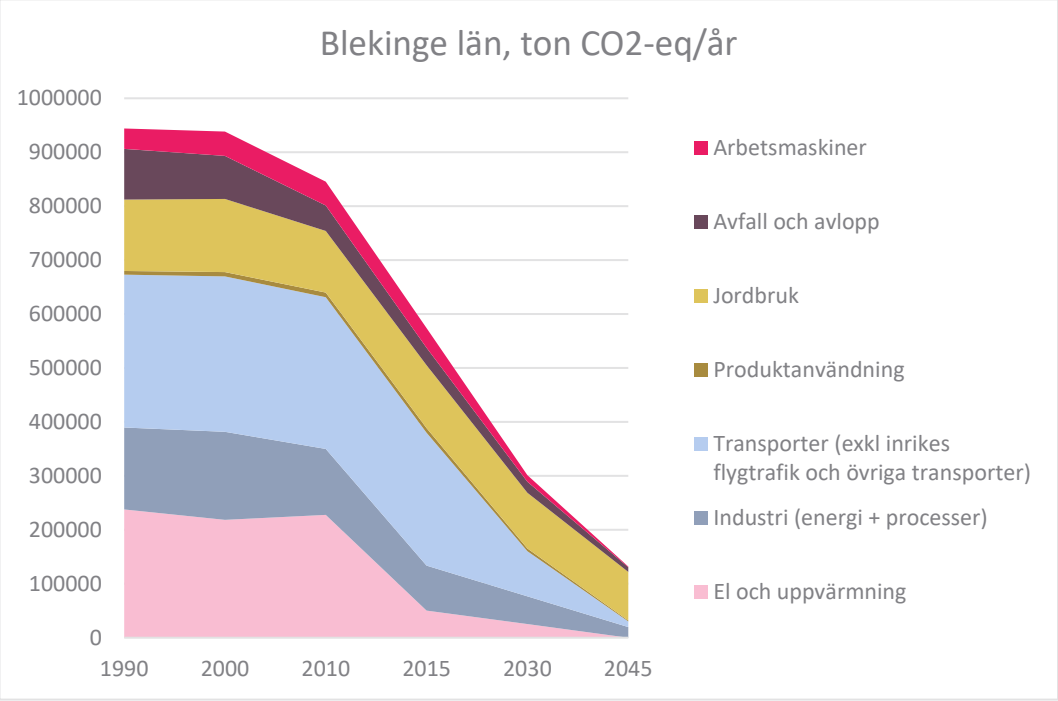
Gotlands län



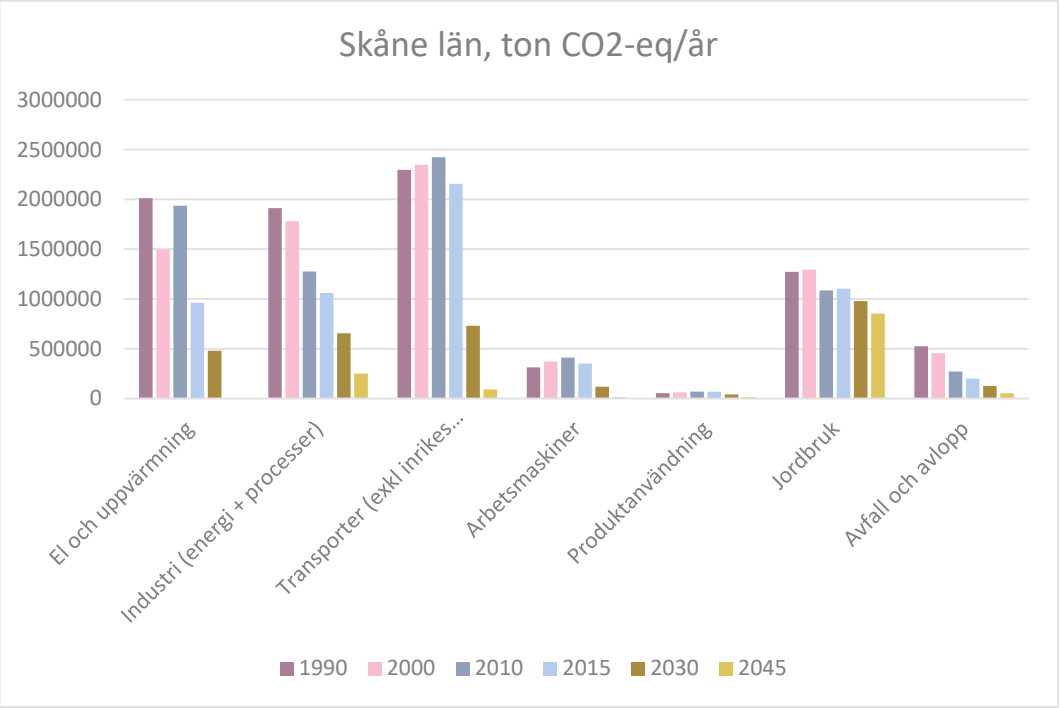


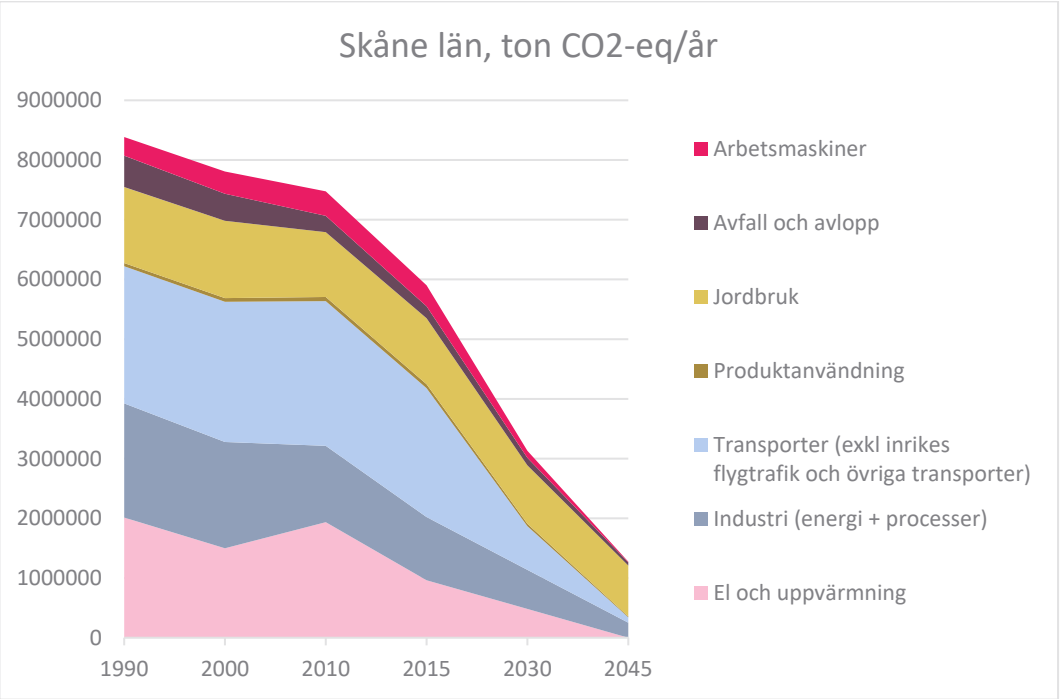
Blekinge län



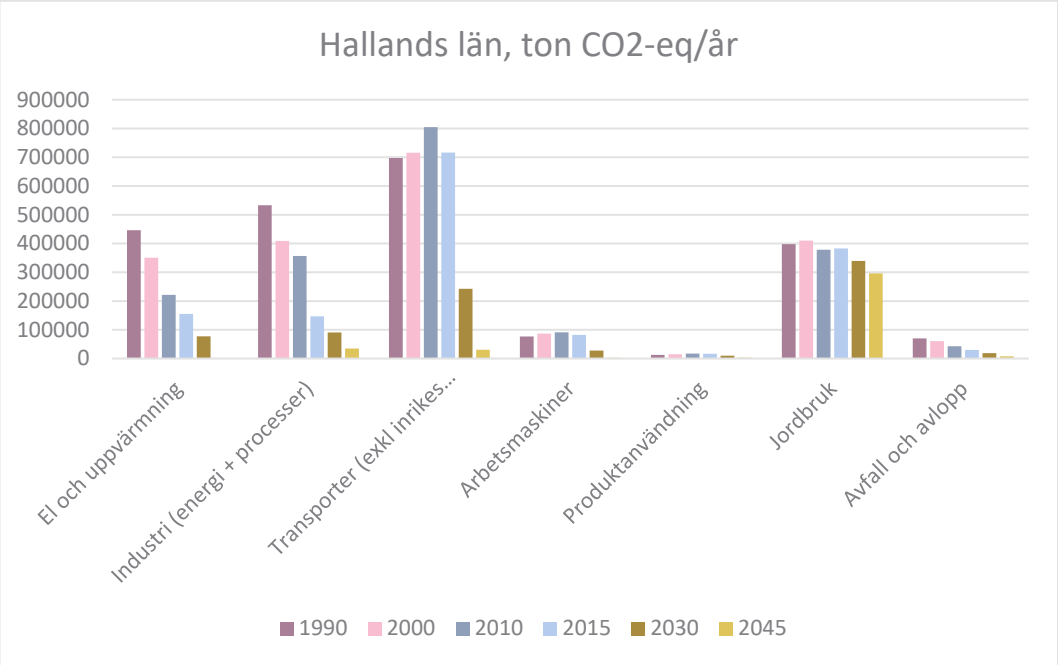


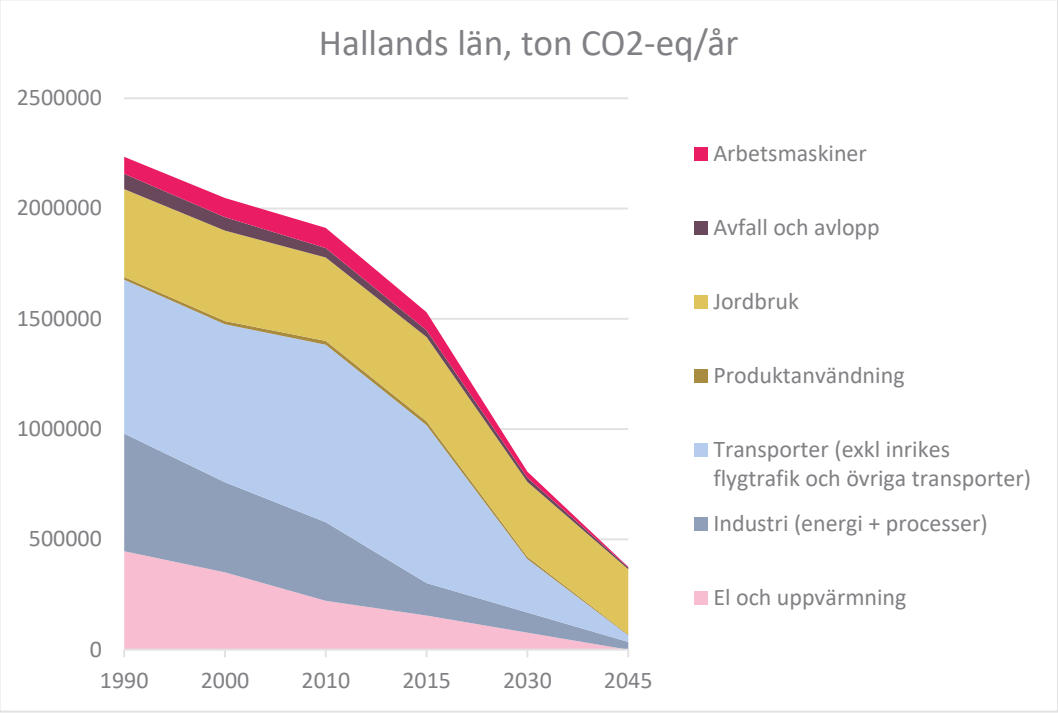
Skåne län


Skåne län, ton CO2-eq/år
3000000
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
El och uppvärmning
Industri (energi + processer)
Transporter (exkl inrikes...
Arbetsmaskiner
Produktanvändning
Jordbruk
Avfall och avlopp
1990
2000
2010
2015
2030
2045

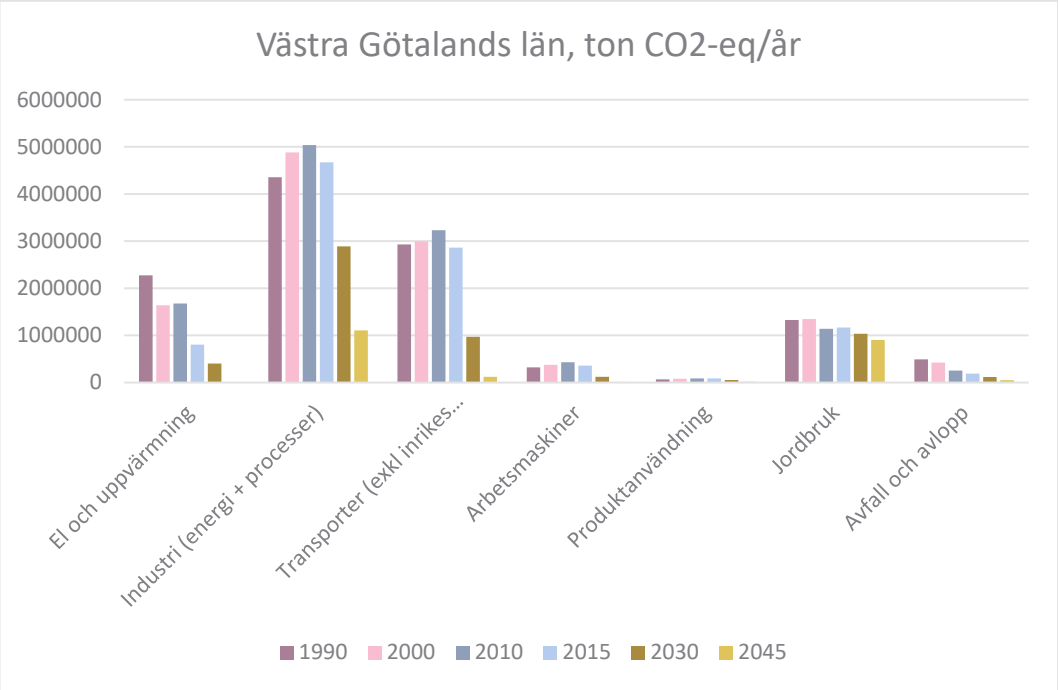

Skåne län, ton CO2-eq/år
9000000
8000000
7000000
6000000
5000000
4000000
3000000
2000000
1000000
0
1990
2000
2010
2015
2030
2045
Arbetsmaskiner
Avfall och avlopp
Jordbruk
Produktanvändning
Transporter (exkl inrikes flygtrafik och övriga transporter)
Industri (energi + processer)
El och uppvärmning

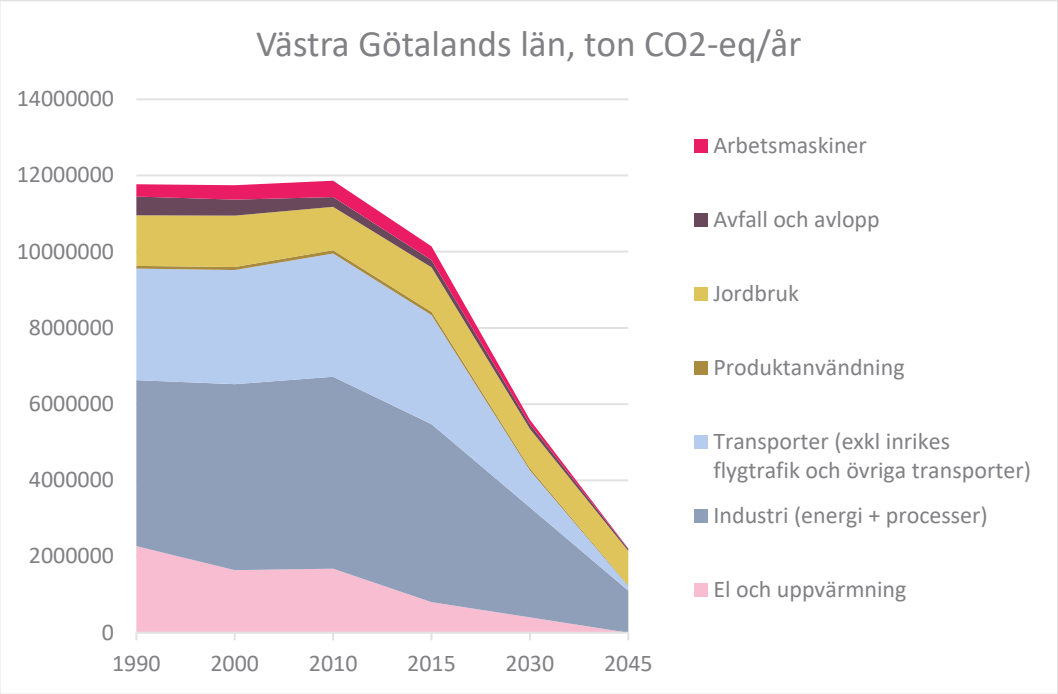
Hallands län



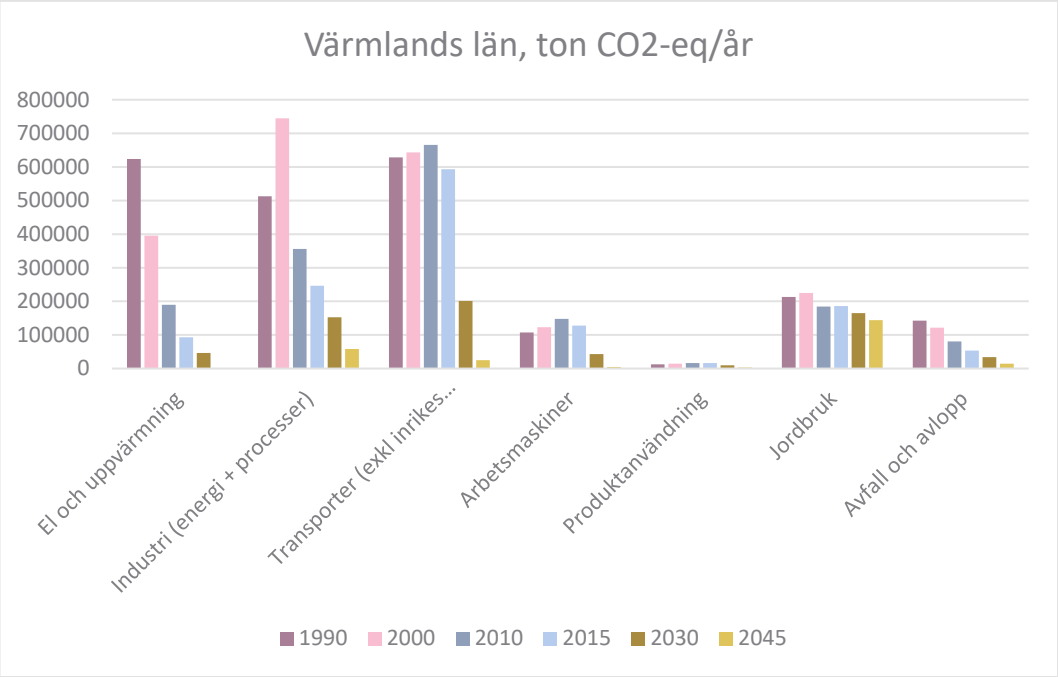


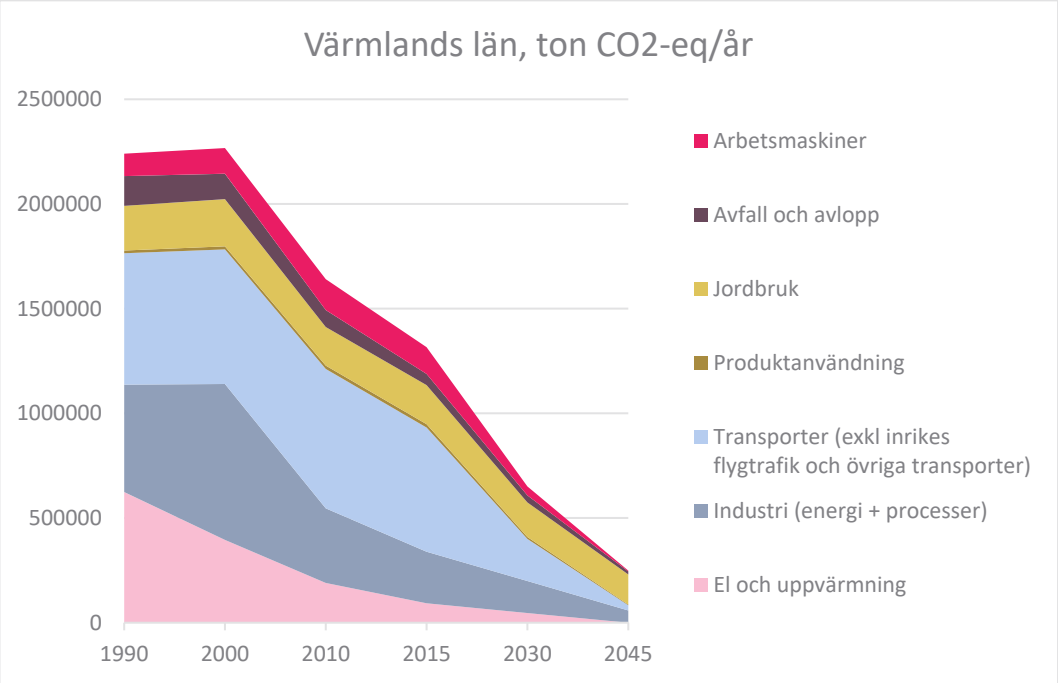
Västra Götalands län



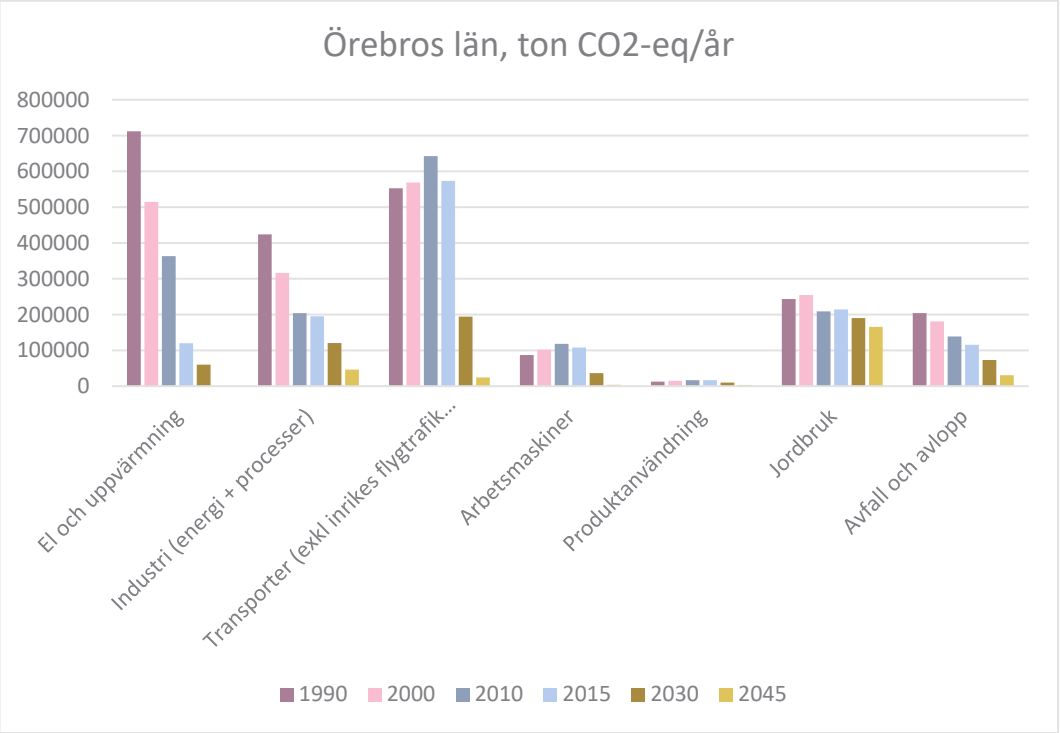


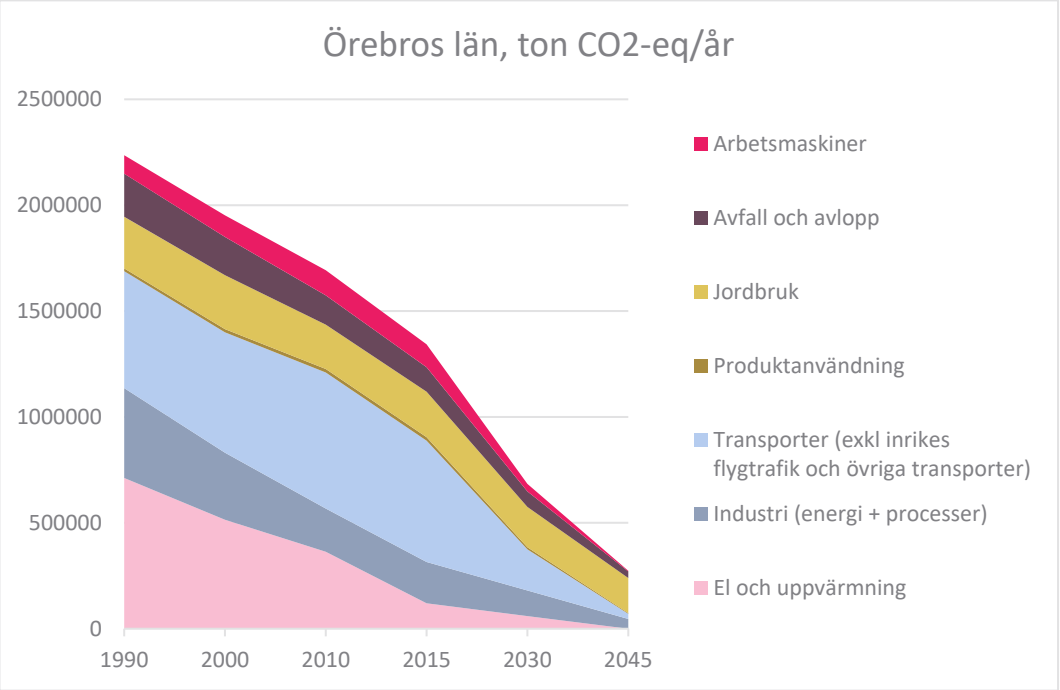
Värmlands län



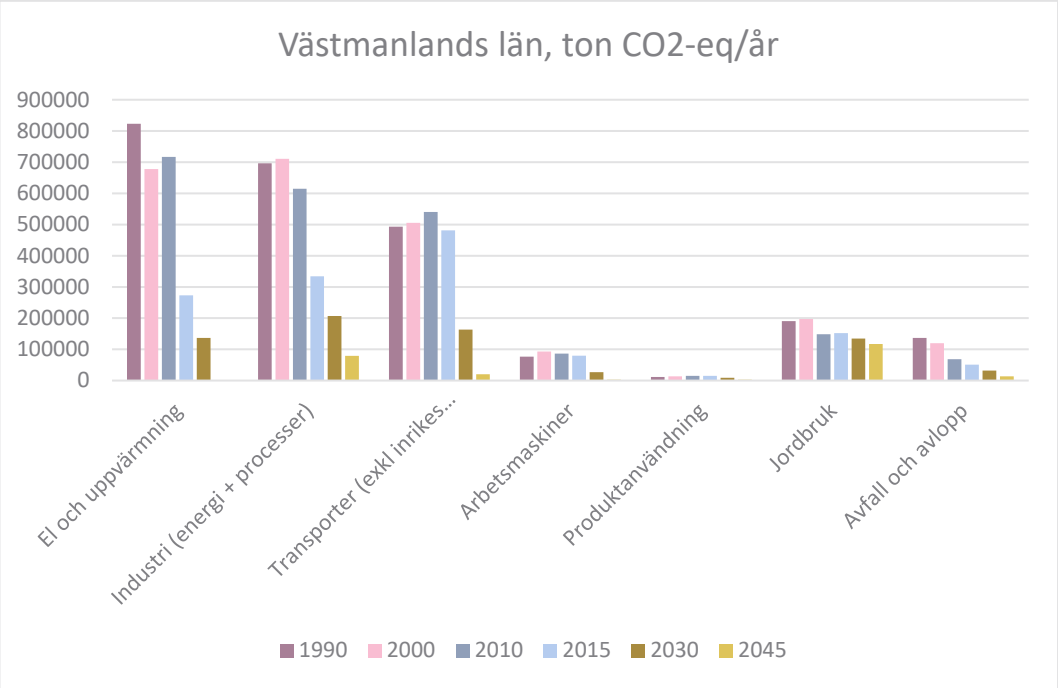


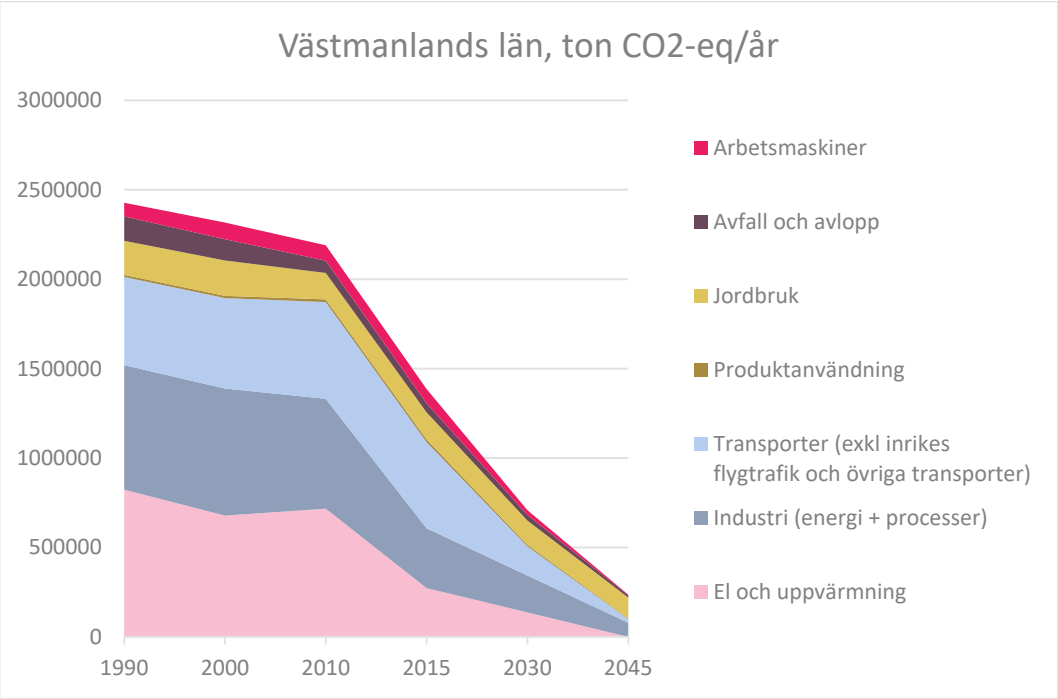
Örebro län


Örebros län, ton CO2-eq/år
800000
700000
600000
500000
400000
300000
200000
100000
0
El och uppvärmning
Industri (energi + processer)
Transporter (exkl inrikes flygtrafik...
Arbetsmaskiner
Produktanvändning
Jordbruk
Avfall och avlopp
1990
2000
2010
2015
2030
2045

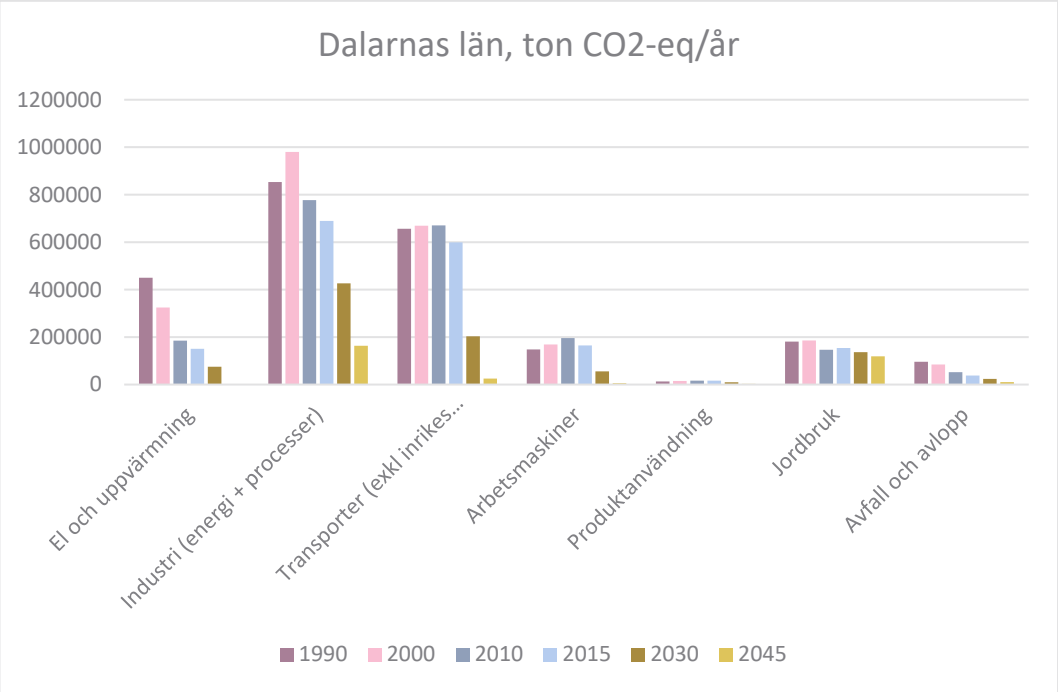

Örebros län, ton CO2-eq/år
2500000
2000000
1500000
1000000
500000
0
1990
2000
2010
2015
2030
2045
Arbetsmaskiner
Avfall och avlopp
Jordbruk
Produktanvändning
Transporter (exkl inrikes flygtrafik och övriga transporter)
Industri (energi + processer)
El och uppvärmning

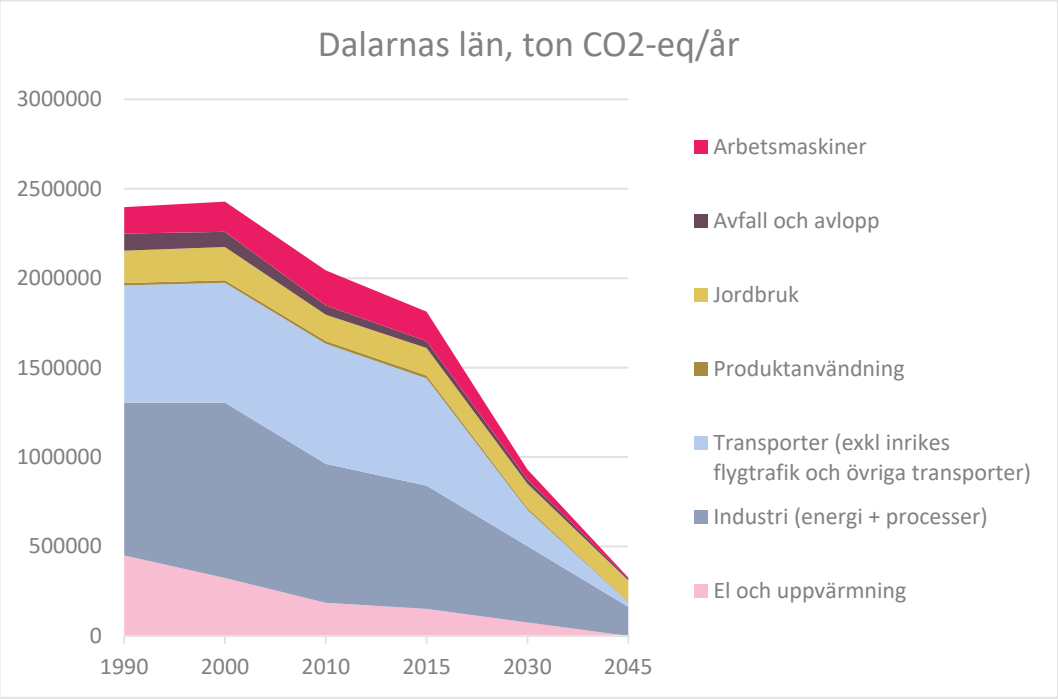
Västmanlands län



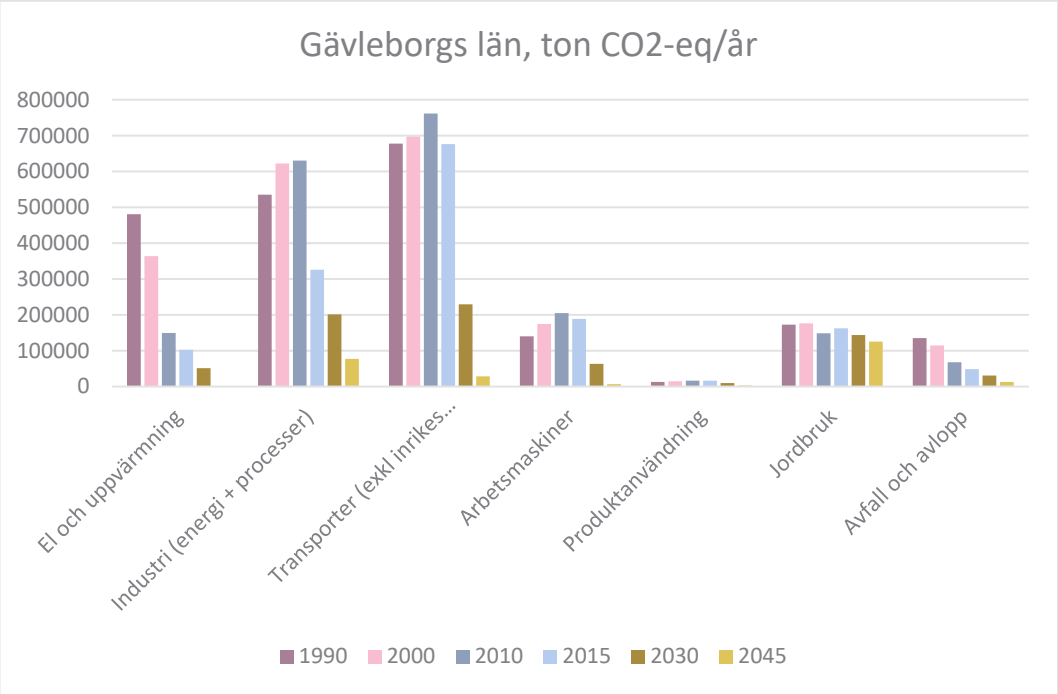


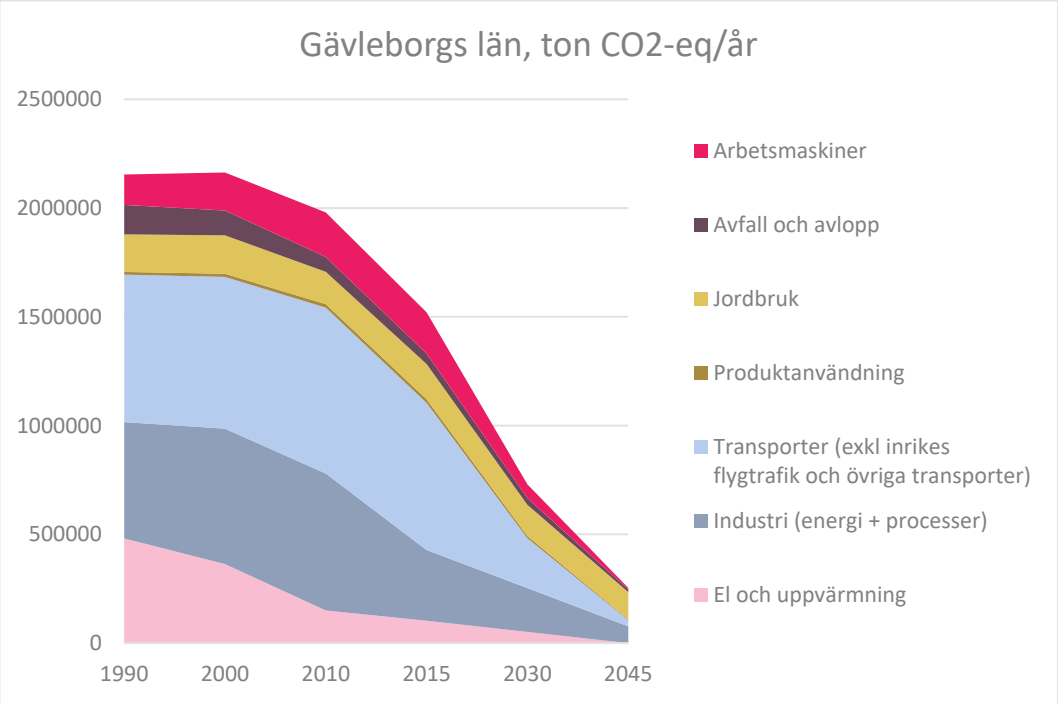
Dalarnas län



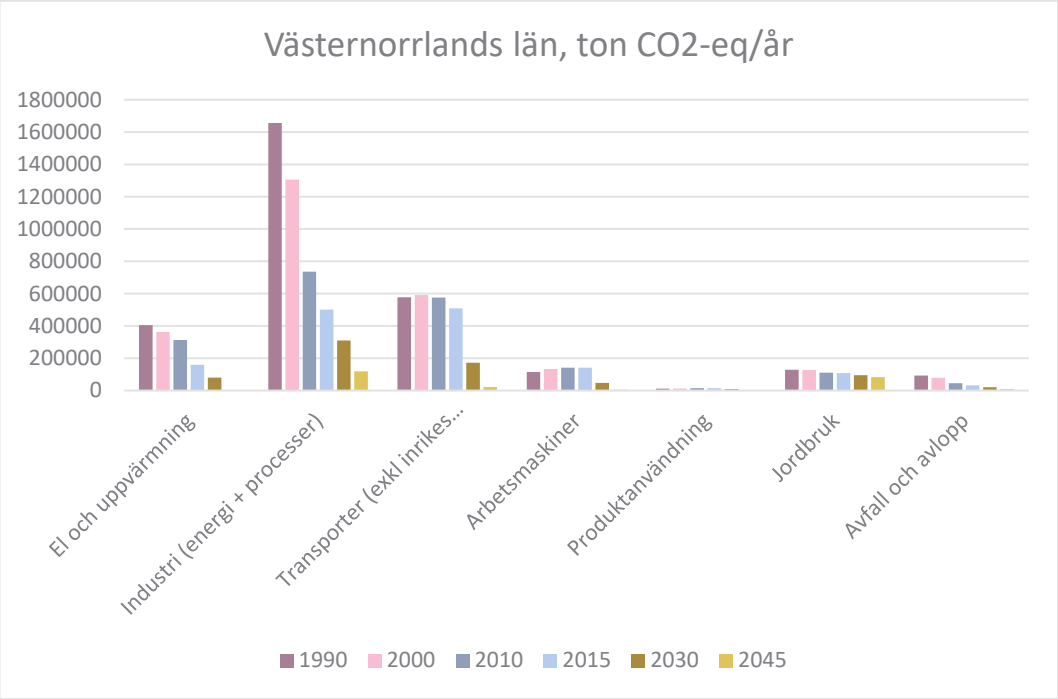


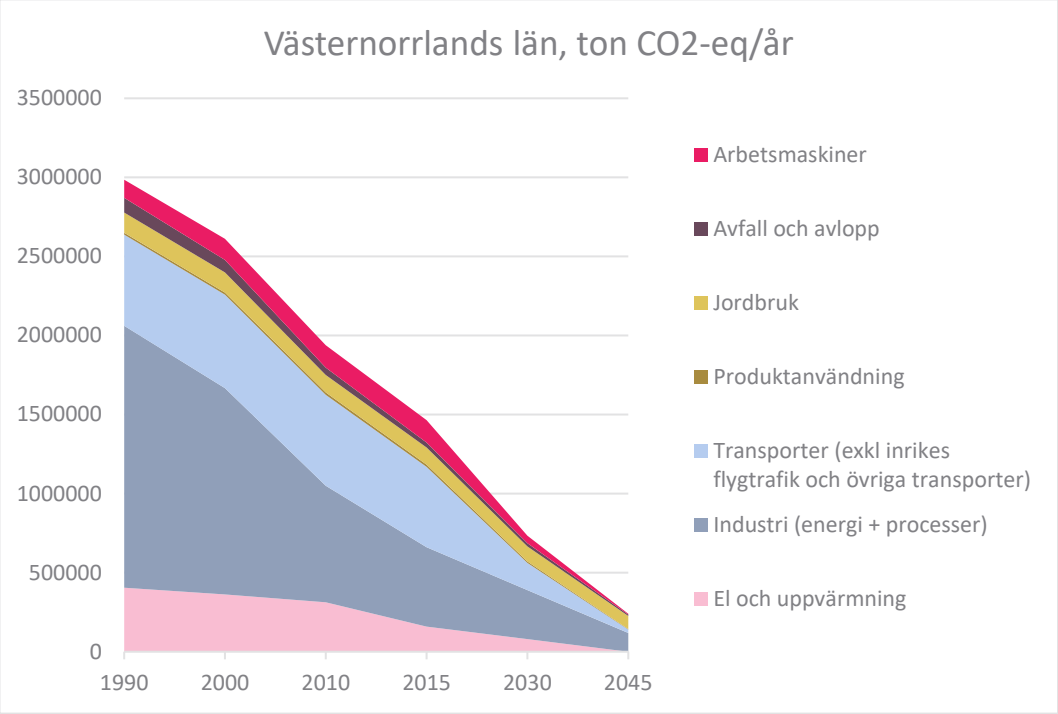
Gävleborgs län



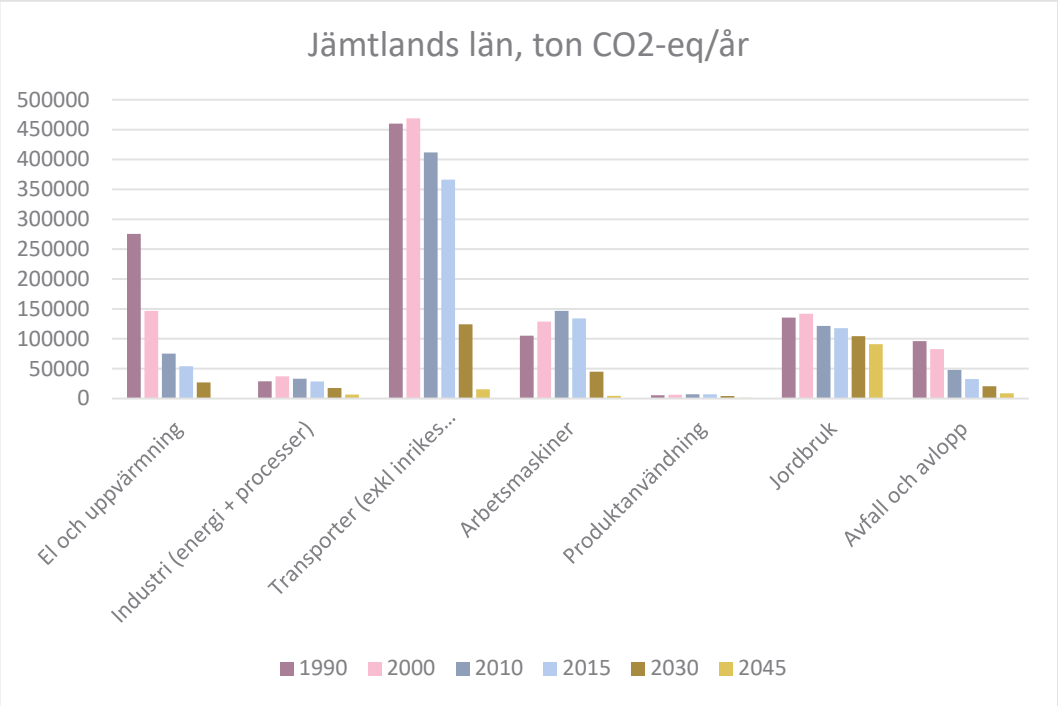


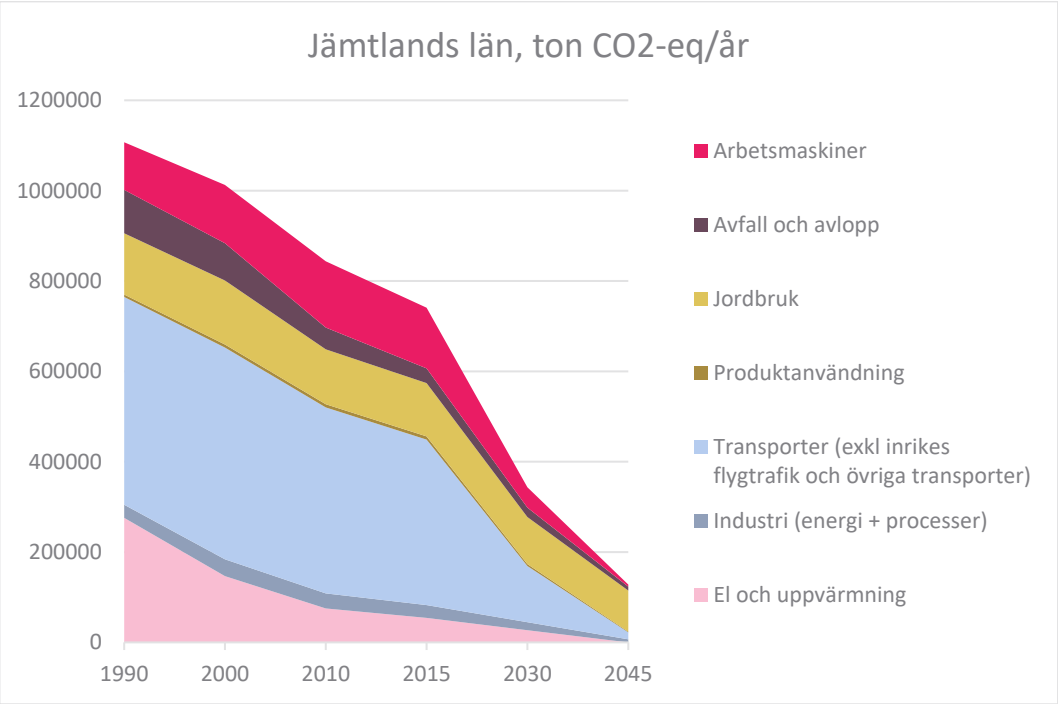
Västernorrlands län



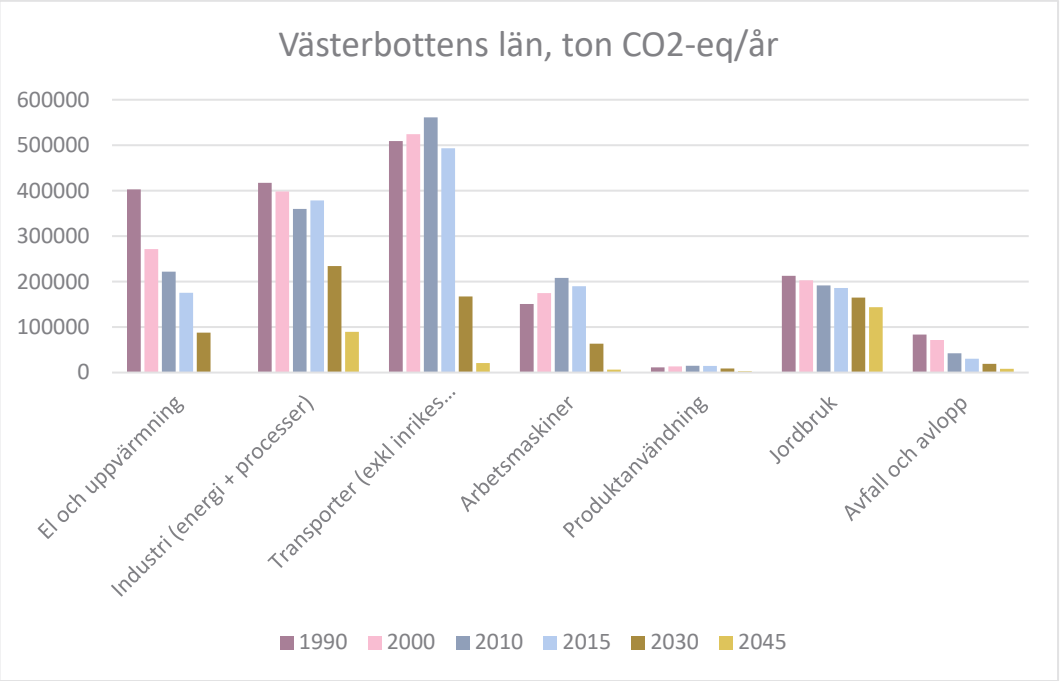


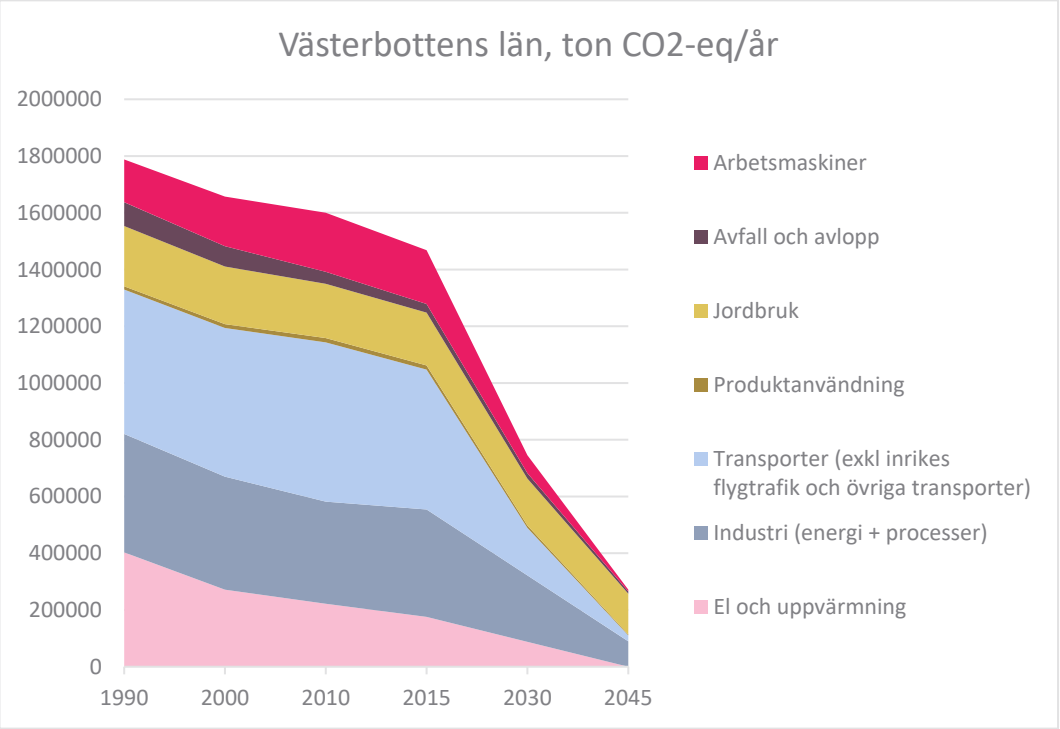
Jämtlands län



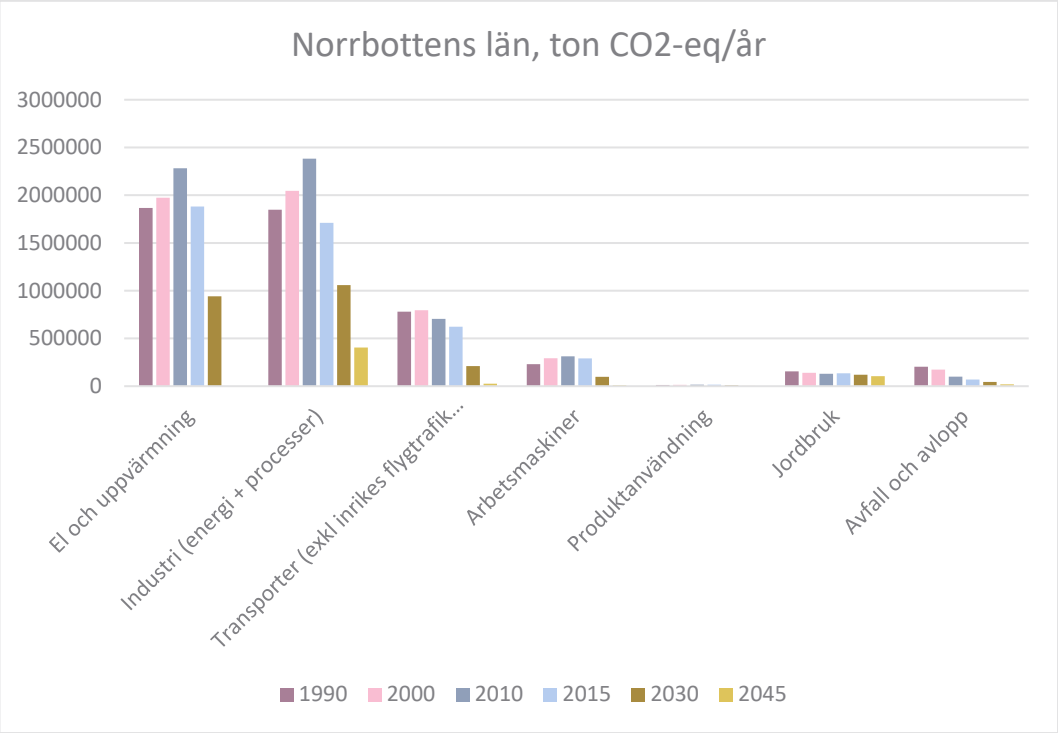


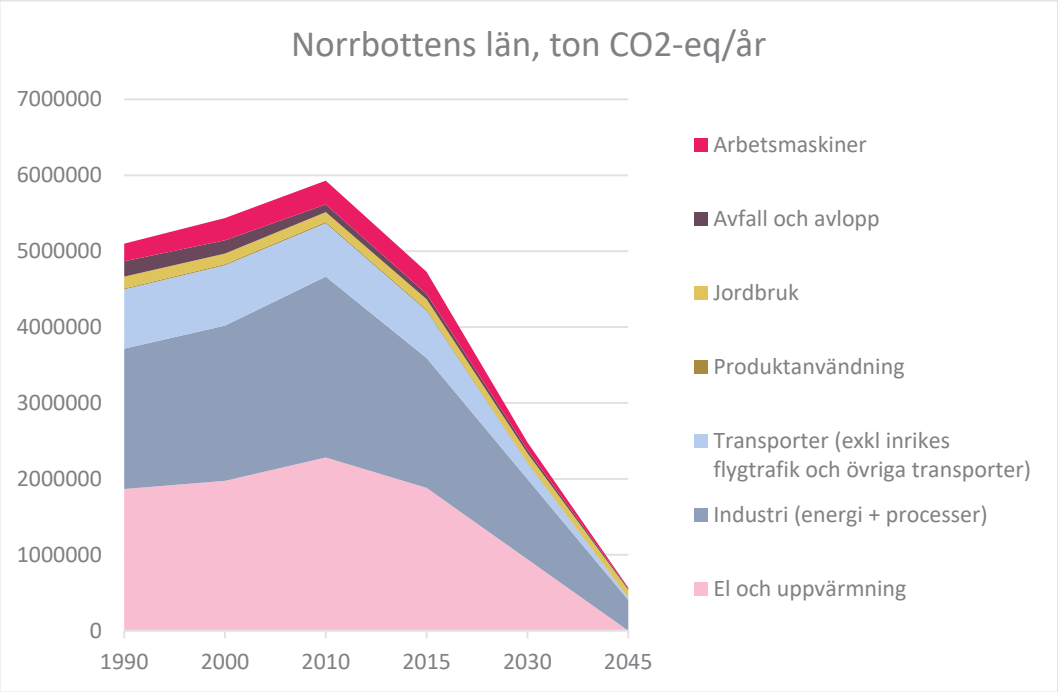
Västerbottens län





Norrbottens län





Ladda ned rapporten på www.lansstyrelsen.se/energi