



UPPSALA
UNIVERSITET

REMISSVAR

2016-10-18 UFV 2016/1266

Miljö- och energidepartementet

Box 256
SE-751 05 Uppsala

Besöksadress:
S:t Olofsgatan 10 B

Handläggare:
Lena Forsell

Telefon:
018-471 18-65

www.uu.se

lena.forsell@uadm.uu.se

Remiss av delbetänkande från Miljömålsberedningen med förslag om en klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige (M2016/01753/KI)

Uppsala universitet har anmodats lämna synpunkter på rubricerad remiss.

Bifogat yttrande har utarbetats av forskare Monica Mårtensson, professor Veijo Pohjola och professor Roland Roberts, samtliga vid institutionen för geovetenskaper, samt professor Anna Rask-Andersen, institutionen för medicinska vetenskaper, och universitetslektor Jan Sundberg vid institutionen för teknikvetenskaper. Därutöver inkluderas en bilaga från Uppsala universitets Zennströmprofessor, Kevin Anderson.

Universitetet överlämnar expertgruppens yttrande som sitt svar på rubricerade remiss.

Beslut i detta ärende har i rektors frånvaro fattats av undertecknad prorektor i närvaro av ställföreträdande universitetsdirektör Per Abrahamsson, efter föredragning av fakultetshandläggare Anna Lind. Närvarande därutöver var Uppsala studentkårs ordförande Daniel Simmons.

Anders Malmberg

Anna Lind

Bilaga:

Quantifying the implications of the Paris Agreement on Sweden's mitigation targets; av Kevin Andersson, Zennströmprofessor vid Uppsala universitet och professor vid University of Manchester



UPPSALA
UNIVERSITET

Yttrande angående delbetänkande från Miljömålsberedningen med förslag om en klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige

Uppsala universitet anser att miljömålsberedningens betänkande är genomarbetad och ambitiös, främst vad gäller klimatpolitiken. Luftvårdsstrategin är dock svagare och en samlad klimat- och luftvårdsstrategi saknas. Betänkandet belyser många relevanta frågor på ett bra sätt men Uppsala universitet vill dock nedan peka på ett antal områden där betänkandet kunde ha varit tydligare, samt områden där argumentationen och förslagen bygger på till synes något förenklade resonemang.

Kort sammanfattning

Sammanfattningen ger en kort presentation av Uppsala universitets viktigaste synpunkter. För att underlätta läsningen har synpunkterna i sammanfattningen och i följande text kopplats till ett kapitel i betänkandet där de aktuella frågorna berörs. Flera av synpunkterna berör dock många kapitel varför de även kan ha relevans för andra delar i remissen.

Uppsala universitet anser att:

- För att nå Parisavtalets målsättning krävs en betydligt snabbare minskning av CO₂ än som anges i betänkandet (se bilaga).
- Strategiska konsekvensanalyser också behöver göras på en övergripande internationell nivå. (6)
- Effekterna av odling av biodrivmedel (inte minst importerade sådana) bör utredas noggrannare och då även vad gäller socio-ekonomiska effekter (7)
- Om en ökning av antalet elbilar ska stimuleras måste det klargöras dels hur stor den faktiska minskningen av koldioxidutsläpp blir, dels hur eltillgången för detta ska lösas. (7)
- Energieffektivisering generellt är bra men minskar inte med säkerhet det totala energibehovet i någon större utsträckning (8)
- Kapaciteten för att öka den förnyelsebara energiproduktionen bör klargöras och i vilken utsträckning den medför beroende av tillskottsels under perioder av låg produktion. (8)
- Eftersom det är mycket tveksamt om användningen av fossila bränslen kommer att minska i nödvändig takt behövs satsningar på metoder som CCS för att uppnå önskad minskning av koldioxidhalterna. (9)
- En fördjupad konsekvensanalys behövs, inte minst på det nationalekonomiska planet, inför kommande politiska



UPPSALA
UNIVERSITET

beslut samt förutsättningar för kritisk granskning av effektiviteten av genomförda åtgärder. (12)

- Nationella strategier behövs för att ta vara på den FoU som sker så att utveckling och industrialisering kan ske inom landet. (12)
- Om Sverige ska vara ledande i det globala klimatarbetet, t.ex. genom export av miljöteknik, behövs även en större insikt och kunskap om icke-tekniska aspekter som t.ex. socio-ekonomiska faktorer. (12)
- Hänsyn bör tas till att allt vägslitage (även utan dubbdäck) bidrar till sämre luftkvalitet samt att även små partiklar med liten massa, vars bidrag till PM_{2,5} är litet eller försumbart, kan ha negativa hälsoeffekter. (14)
- Förslaget om åtgärder mot luftföroreningar österifrån är dåligt underbyggt. (14)
- Etappmålet att öka andelen persontransportresor med kollektivtrafik, cykel samt gående till 25 % ger – om någon – en försumbar minskning av biltrafiken. En minskning som inte heller säkert sker i tätorterna där den behövs mest ur ett hälsoperspektiv. (15)
- Bedömningen att åtgärder för att minska NO_x och PM även minskar ozonhalten är felaktig. Minskad NO_x kan tvärtom öka halten ozon inne i städer. (16)
- Den förtätning som enligt förslaget ska gynnas riskerar att försämra luftkvaliteten. (16)
- Ett bonussystem för biodrivmedel kan leda till ökade utsläpp av NO_x och kolväten med negativa hälso-, miljö- och klimateffekter som följd. (17)

Sidnummer nedan refererar till remissens webbversion 2016-09-23.

Del A Strategi för en samlad och långsiktig klimatpolitik

Övergripande generella synpunkter

Uppsala universitet anser att det är ett ambitiöst mål att år 2045 inte ha något nettoutsläpp av växthusgaser. För att hedra Parisavtalet är detta dock den väg vi bör försöka gå. Enligt Uppsala universitets Zennströmprofessor, Kevin Anderson, måste dock CO₂-utsläppen minska i ännu snabbare takt om det alls ska vara möjligt att nå Parisavtalets målsättning att hålla temperaturökningen under 2 grader (och helst under 1,5 grader). För en utförligare beskrivning av det resonemang och de data som ligger till grund för denna bedömning se bilaga.



UPPSALA
UNIVERSITET

Kommentarer och ändringsförslag

Oberoende granskning – kapitel 6

Komplexiteten i flera av de relevanta frågorna medför dels att vetenskaplig analys kan vara svår och innehålla påtagliga osäkerheter, dels att det finns en risk att grupper med särintresse – kommersiella och andra – presenterar perspektiv på frågorna som gynnar deras intressesfärer.

Det är därför viktigt att det finns förutsättningar för kontinuerliga, oberoende och kritiska granskningar av hur effektiva Sveriges åtgärder för att hantera de miljömässiga och ekonomiska aspekterna av området är. Betänkandet poängter ambitionen att Sverige ska bli ett ”föregångsland” inom området (sid. 174). Även ur detta perspektiv är det viktigt med en kritisk granskning, så att Sverige inte pekar ut en väg som visar sig vara en återvändsgränd. Myndigheter såsom Statens Energimyndighet styrs av politiska direktiv, vilket medför att det kan vara svårt för en sådan myndighet att agera oberoende och kritisk, något som bl.a. skulle innebära att den granskade sig själv.

Det kan därför vara fördelaktigt att använda kompetensen inom universiteten, i synnerhet för åtgärder som har som syfte att åstadkomma något på sikt. Externa medel till energiforskning är ofta riktade till fördefinierade områden och allokeras för att uppnå specifika mål. Detta kan vara bra, men det kan också vara fördelaktigt för landet att det finns resurser för ”fri” forskning och kritisk granskning av energi- och klimatsektorn. De naturliga kanalerna för sådan finansiering är universitetens basanslag samt de delar av vetenskapsrådets medel som fördelas utan politisk styrning. Särskilda forskningsmedel behövs också för att kunna utveckla lösningar för att klara de förändringar, som kommer att bli följden av klimatförändringarna.

Konsekvensanalyser – kapitel 6

Konsekvensanalyser kräver spetskunskap, analytisk förmåga, men även ofta tvärvetenskaplig insikt och kompetens, samt breda perspektiv. De måste ha högra krav på sig, helst vara kvalitetsgranskade, för att leda till trovärdiga slutsatser och därmed goda beslutsunderlag. Uppsala universitet håller med om betänkandets (och underliggande referensers) uppfattning om svenska konsekvensanalyser; att de görs i för liten utsträckning och ofta är av dålig kvalitet och därmed av litet generellt värde (sid. 152). Man kan därför vara sunt skeptisk till de slutsatser som ändå dras ur dessa, inte minst i detta betänkande, och de implikationer de får för slutsatser och rekommendationer.



UPPSALA
UNIVERSITET

Till exempel berör många miljökonsekvensbeskrivningar, bl.a. vad gäller vindkraft, kumulativa effekter endast på ett mycket övergripande plan och är därmed utan värde. Kumulativa effekter är dessutom mycket svåra att bedöma utifrån enskilda projekt och med avsaknad av information från andra verksamheter.

En stor del av konsekvensanalyserna (MKB) hamnar på länsstyrelsenivå med effekten att lokala bedömningar och hänsynstaganden kan dominera. Resultatet blir att den nationella – och ofta internationella – överblicken saknas i viktiga frågor. Vindkraftsetableringar är ett bra exempel där en större samordning måste ske för att nå en hållbar utveckling. Här finns t.ex. socio-ekonomiska aspekter att ta hänsyn till, frågor som rör bevarad biologisk mångfald, viktiga elsystemsaspekter och ett ökat behov av effekttreglering (även här med möjliga biologiska effekter). (Se även vidare om nationellt kunskapscentrum 8.3).

Detta för oavkortat blicken till den principiella avsaknaden av (svenska) strategiska konsekvensanalyser – inte bara ur ett regionalt utan i än större utsträckning ur ett nationellt perspektiv – t.ex. strategiska miljökonsekvensbeskrivningar (SMB). Energi- och klimatdämpande insatser kan mycket väl komma i konflikt med andra miljömål, eller gör det redan. Sett i ett kommande klimatperspektiv bör naturligtvis SMB även göras på EU-nivå och på global nivå. Till havs finns ljusglimtar, med havsplanering (Marine Spatial Planning), där motstående intressen och deras behov tas tillvara och ges ett nationellt planeringsunderlag. Detta leder till möjligheter att planera och fördela aktiviteter på nationell nivå likväl som, på sikt, för ett större geografiskt perspektiv, som EU. På land är dock förutsättningarna för direkt planering av verksamheter helt annorlunda, men övergripande strategiska analyser bör ske även där inför nödvändiga kommande åtgärder.

Detta betänkande nämner men saknar i stort information om den föreslagna vägens eventuella negativa effekter (om än möjligen nödvändiga). Exempel är (konsekvens-) analyser av effekter på markanvändning, biodiversitet (ekosystemtjänster), behov av begränsade resurser som material, ohållbar gruvdrift i utvecklingsländer (med socioekonomiska effekter) och tillgångar av t.ex. sällsynta jordartsmetaller koncentrerade till några få länder och därmed med möjliga geopolitiska undertoner. Motstridande nationella, samhälleliga, ekonomiska (eller privata) intressen som konkurrerar med intressen för att implementera klimathållbara lösningar, som t.ex. stora förnybara energiinstallationer, är ytterligare aspekter som ofta helt undervärderas (i demokratiska samhällen). Men som påverkar möjligheten att nå visionära mål i den utsträckning och inom den tidsram som är önskvärt.

Se mer angående konsekvensanalyser under kapitel 12.



UPPSALA
UNIVERSITET

Traditionell livscykelanalys kan vara vilseledande – kapitel 6.3

Livscykelanalys av t.ex. flödet av bly genom en användningscykel är relativt enkel, och kan visa de direkta energikostnader som uppkommer under livstidscykeln (t.ex. energiåtgång vid ett smältverk). Men det kan även finnas indirekta energikostnader – som t.ex. de anställdas resor – som man bör inkludera för en fullgod analys. Detta kan vara svårt att göra praktiskt. Man kan dock argumentera att kostnaden för en vara eller tjänst till viss del motsvarar den underliggande resursanvändning, inklusive energikostnader, och det kan vara rimligt att misstänka att dyra lösningar (t.ex. dyra elproduktionsfaciliteter) har stora indirekta kostnader. Därför kan stora subventioner generellt vara tveksamma i sammanhanget, eftersom dessa kan tyda på stora indirekta (energi-) kostnader, och att den subventionerade faciliteterna därmed inte skulle bidra till miljömålen i den förväntade utsträckningen. Detta kan indikera att resurser i första hand bör satsas på att utveckla nya – ekonomiskt gångbara – lösningar, inte att subventionera storskaligt bruk av mindre andelsmässiga lösningar.

Reseavdrag och alternativ – kapitel 7.2

Landsbygden behöver stärkas och befolkningen där behöver förutom bredband, mer kollektivtrafik och ev. starkare subventioner för miljöbilar. Ett försämrat reseavdrag kan tvinga fler att flytta till städerna. Olika regler kan eventuellt tillämpas för transporter på landsbygden och i staden, som i dubbdäcksförslaget. Det borde även vara möjligt att bo på landsbygden utan att vara beroende av långa transporter in till städerna. Därför måste både arbetstillfällen och service som skolor mataffärer etc. finnas även på landsbygden. Även i städerna bör en samhällsutveckling som förutsätter biltransport – med t.ex. shoppingområden i städernas utkanter – motverkas.

Miljömålsberedningen anser att: *resor med buss och tåg underlättas vid planering av infrastruktur mellan tätorter* (sid 221). För att få önskad effekt och kunna bidra till minskat bilåkande måste underhållet av järnvägsnätet prioriteras så att nuvarande problem och förseningar elimineras. Prissättningen måste också vara sådan att tåg inte blir ett dyrare alternativ än bil.

Biodrivmedel och ekologisk hållbarhet – kapitel 7.3

Biodrivmedel bidrar även dessa till CO₂-utsläpp med en återbindningstid på i många fall mer än 50 år. Importerade biodrivmedel har också visat sig kunna medföra stora negativa effekter. Odling av biobränslen har t.ex. ofta stora implikationer för markanvändning (degenerering), alternativ



UPPSALA
UNIVERSITET

råvaruanvändning, degenererad biologisk mångfald och ekosystemtjänster, samt ofta stora socio-ekonomiska effekter med mycket lite gagn för lokalbefolkningar. (Här finns liknelser med större vattenkraftsprojekt i utvecklingsländer, med den skillnaden att producerad energi där ofta kommer befolkningen till godo.) Detta antyds i betänkandet, bl.a. med hänvisningar till miljömålet ”biologisk mångfald” men effekterna analyseras inte mer djuplodande i förhållande till klimatåtgärder. (Se mer om negativa effekter av biodrivmedel under kapitel 17 nedan).

Elbilar och energieffektivitet – kapitel 7.3

Produktion av litiumbatterier till elbilar är energikrävande. Uppskattningar av hur mycket koldioxidutsläpp produktion av ett sådant batteri motsvarar varierar, men många publicerade beräkningar tyder på en måttlig eller obefintligt total genomsnittlig reduktion av koldioxid p.g.a. batteribilar. Om elen som används i bilen dessutom kommer helt eller delvis från fossila bränslen (som den idag förmodligen kan göra även i Sverige, tack vara elimport under perioder), kan de samlade utsläppen från en elbil vara påtagligt högre än från en traditionell bil. I synnerhet om den senare eventuellt kan vara mindre och lättare eftersom den inte behöver en tung batteripack.

Om målet med ekonomiska styrmedel för att uppmuntra inköp av elbilar är att minska på koldioxidutsläpp, är det viktigt att det är bekräftat att elbilen faktiskt, och i rimlig proportion till t.ex. en subvention vid inköp, bidrar till minskat utsläppen.

Ett mer tilltalande mål angående elbilar kan vara att uppmuntra till deras användning i täta stadsmiljöer där luftföreningar kan vara ett problem. Sådana bilar kan förmodligen med fördel vara mindre/lätta batteribilar (som inte kan – eller behöver – köras så långt på en laddning) eller hybridbilar (med krav på batteridrift i områden där det behövs). Även tung trafik i stadsmiljö kan vara en rimlig prioritet för eldrift. Möjligtvis, bör ekonomiska styrmedel vara designat för att uppmuntra till inköp av sådana bilar och lastbilar, hellre än för stora och tunga batteribilar som lär ge tveksamma miljövinster.

Om en övergång till eldrift ska gynnas bör en utredning av eltillgången till detta inkluderas, Sveriges totala elproduktion 2015 var 158 TWh och en beräkning på sidan 314 uppger att 10 TWh kan täcka ett relativt stor behov för elbilar. Att beskriva detta som en inte omfattande ökning; citat, *sett till den totala elförbrukningen är det inte en omfattande ökning för Sverige*, är dock tveksamt. Eftersom kärnkraften planeras att fasas ut i framtiden så uppstår frågan hur denna el ska produceras? Även här finns risk för påverkan på luftkvaliteten och på flera av de andra miljömålen, t.ex. om el ska produceras med bioenergi.



UPPSALA
UNIVERSITET

En annan aspekt av elbilar som måste tas med i en hållbarhetsanalys är nuvarande batterikomponenter. Beredningen nämner på sid 72 möjligheter med sjunkande batterikostnader. Här saknas kopplingar till reella miljökostnader i sammanhanget, bl.a. behovet av ändliga och inte alltid helt miljövänliga komponenter. Dock pågår mycket forskning och utveckling av alternativa lösningar vilket kan leda till miljövänligare och effektivare lösningar för energilagring (se även nedan under 12.3).

Problem med energieffektivisering – kapitel 8.2

Miljömålsberedningen framhåller energieffektiviseringens centrala roll och stora potential (sid 308). Denna kan dock vara överskattad. "Primärenergi" kan definieras som energi som vi fångar från naturen och använder. Mycket statistik om energianvändning i Sverige exkluderar primärenergi från småskaliga värmepumpar (främst jord- och bergvärme). Sådan produktion har ökat kraftigt under senare år, och uppgår idag förmodligen till storleksordningen 20TWh/år. Detta är miljömässigt mycket bra, men adderar man det till statistiken, verkar det bidra till en långsam men stadig ökande total energianvändning i Sverige. Räknas även Sveriges energianvändning utanför landets gränser (flyg- och båtfrakt, flygresor, utländsk produktion av energiintensiva varor som säljs i Sverige osv) in så ökar Sveriges totala energianvändning ännu mer. Detta trots omfattande och pågående energieffektiviseringar. Många andra länders energianvändning ökar än snabbare. Mycket tyder därför på ökad energianvändning under överskådlig framtid även om energieffektivisering är önskvärd. Det skulle dock vara naivt, och förmodligen felaktigt, att anta att effektivare energibruk kan minska det totala behovet av energi, globalt eller i Sverige. Möjligtvis kan "beteendeförändringar" som motverkar denna utveckling tillkomma, men det är idag svårt att se att en sådan utveckling är på gång (eftersom energianvändningen ökar).

Kraftig energieffektivisering i Svensk energiintensiv industri är ett tilltalande mål. Om drivkraften för detta är höga energipriser i Sverige relativt konkurrerande länder (t.ex. genom högre kostnader för koldioxidutsläpp), är det dock inte sannolikt att effektivare energianvändning här kan kompensera för högre energipriser. Detta helt enkelt därför att energiintensiv industri i utlandet förmodligen har möjlighet att införa samma slags energieffektivisering, och därmed minska sina driftskostnader. Regelverk och styrmedel bör ta hänsyn till sådana faktorer.

Kapacitet förnyelsebar energiproduktion – kapitel 8.2

Globalt, har andelen "förnybar" energi ökat relativt fossila bränslen. Det är dock fortfarande så att en mycket stor andel av denna (och ökningen) är bioenergi och vattenkraft (inklusive från nya mycket storskaliga dammprojekt utanför Europa). Det



UPPSALA
UNIVERSITET

kan finnas stora problem med fortsatt kraftigt utbyggnad av vattenkraft och bioenergi, som kan innebära att det blir svårt att fortsätta ökningen av förnybar energi i samma eller ökad takt med samma ekonomiska randvillkor.

Idag står förnybar elgenerering för mindre än 20% av all elproduktion. En försvinnande liten andel är vindkraft (< 2%) och i ett vidare perspektiv utgör solenergi en ännu mindre andel. (I betänkandet hänvisas till något högre procentantal, vilka troligen inte är helt korrekta, men i sammanhanget dock jämförbara).

Det hävdas (sid. 72) att förnybar energitillförsel bl.a. bidrar till förbättrad energisäkerhet. Detta torde vara en sanning med modifikationsmöjligheter då även det motsatta kan hävdas och en förbättrad energisäkerhet kan bli kostsam.

Rationella och effektiva ekonomiska styrmedel som har som syfte att kostnadseffektivt uppmuntra lågkoldioxidlösningar bör självklart även ta hänsyn till de indirekta kostnaderna för el från variabla källor, såsom vindkraft och solel. Dessa kostnader inkluderar alternativa produktionsfaciliteter för tider när de variabla källorna producerar lite, samt kostnader för ökad kapacitet i högspänningssystemen (som behövs eftersom flöden av el kommer att svänga kraftigt geografiskt över tid). Sådana indirekta kostnader är svåruppskattade, men kan vara mycket stora om elsystemet innehåller stora mängder variabla källor. Smartgrid-tillämpningar och andra nya tekniska möjligheter kan underlätta integrationen av variabla källor i Sverige, men förmodligen bara i begränsat omfång, eftersom man t.ex. måste värma sitt hus varje dag under vintern.

Sveriges nuvarande vattenkraft (ca 65TWh) kan förmodligen balansera enbart en viss mängd variabel produktion från t.ex. vindkraft, förmodligen mycket mindre än antalet TWh/år som vattenkraften producerar idag. Omfattande utbyggande av vindel i Sverige kräver därför antingen mycket stora investeringar i t.ex. storskalig "pumped storage" av el, eller omfattande import-export av el. Det finns rapporter som har en mycket optimistisk syn på möjligheterna att balansera stora mängder vindel i Sveriges elsystem, men vi befarar att dessa kan eventuellt vara överoptimistiska. Det finns en tydlig risk att Sverige i framtiden periodvis blir tungt beroende av importerad el, och att denna i praktiken kan komma från t.ex. stenkolkraft i Östeuropa: Även om det som Sverige köper är "förnybart", måste kanske landet som säljer elen kompensera detta genom att köpa el från ett eller flera andra länder, el som kan komma från fossila källor. I så fall köper i praktiken Sverige el från fossila bränslen. Naturligtvis, är det viktigt att kontrollsysteem för att motverka sådana effekter finns i Sveriges regelverk och ekonomiska styrmedel.



UPPSALA
UNIVERSITET

Vindkraftens negativa effekter måste också vägas in. Dessa har tills nu bagatelliserats men idag, när vindkraft börjar bli substantiell, börjar tidigare varningssignaler få substans.

Vad framtidsscenarioer med en betydligt högre andel förnybar energi i mixen (eller mål om upp till 100 %) inom några årtionden får för konsekvenser (på biologisk mångfald, lokalsamhällen m.m.) måste konsekvensanalyseras för en bättre helhetsbild! Här finns aspekter från nationell-, till EU- och global nivå, som kommer att variera mycket och med olika regionala effekter, positiva som negativa. Miljömålsberedningen beskriver också ett framtidsscenario där Sverige kan bli nettoexportör av förnybar energi (sid 387) men hållbarhetsanalyser om detta och hur det ska hanteras saknas.

Framtida kärnkraft som alternativ – kapitel 8.2

De politiska målen är att kärnkraft inte ska ingå i den framtida energimixen och kärnkraft nämns inte över huvud taget bortsett från i en rapport från KVA. Ur en ”objektiv” akademisk synvinkel är detta synd, speciellt som forskning och undervisning i området pågår i Sverige, inte minst vid Uppsala universitet. Det går inte att bortse från att det finns många osäkerheter med kärnkraft men vi har framtidsscenarioer med nya generationer (IV) kärnkraft. I jämförelse skrivs det en hel del om framtidstron inför CCS i betänkandet, med fokus på möjligheterna. Men även här finns många risker och många osäkerheter. Något som pekar på den kluvna inställning vi har till kärnkraft i vårt land, och till energi generellt.

Nationellt kunskapscentrum – kapitel 8.3

Miljömålsberedningen föreslår ett inrättande av ett nationellt kunskapscentrum (gärna då med stor överblick av globala förhållanden) inom effektivt byggande och förvaltning, LCA samt förnybar energi (sid. 38 samt 318). Detta är ett glädjande, utmärkt och troligen nödvändigt förslag, speciellt om socio-ekonomiska aspekter och inte minst naturresursutnyttjande, samt effekter på biologisk mångfald inkorporeras i ett dylikt centrums aktiviteter. Även energisidan måste vara representerad. Uppsalas två universitet har redan mycket goda förutsättningar att bidra till detta, både på akademisk såväl som tillämpad nivå.

Fossila bränslen och CCS – kapitel 9

Betänkandet nämner CCS som en framtida möjlighet för Sverige och världen. Uppsala universitet bedömer detta som positivt, även nödvändigt, och föreslår att stor prioritet ges till forskning om och teknisk utveckling - och troligtvis därefter implementering - av storskalig CCS. Se motivering nedan.



UPPSALA
UNIVERSITET

Användning av fossila bränslen globalt ökar stadigt och de globala utsläppen av koldioxid har ökat med ca 30 % per decennium. De stora satsningar på förnybar energi som nu pågått under längre tid har således enbart kompletterat en stor ökning av användning av fossila bränslen.

Betänkandet vill gärna hitta tecken på att fossila bränslen roll kan var på väg att minska. T.ex. i stycke 2.3 "Utsläppen av koldioxid planade ut 2014". Det är möjligt att en genuin rörelse mot minskad global användning av fossila bränslen är på gång, men tyvärr kan "utplaningen" i första hand beror på andra faktorer, som den allmänna konjunkturen och de nya effektiva och billiga metoderna för att utvinna naturgas (naturgas avger påtagligt mindre koldioxid per kWh energi än t.ex. stenkol – men är ett fossilt bränsle).

För relativt få år sedan, fanns påtagliga farhågor att begränsad möjlig tillgång till fossila bränslen snart skulle leda till oundvikliga produktionsminskningar och allt högre priser. Utvecklingen har varit motsatsen. Nya metoder, som hydraulisk uppspräckning ("fracking"), har radikalt ändrat förutsättningarna i Nordamerika, med kraftigt ökad produktion av naturgas och olja som följd. Detta har bidragit till en kraftig minskning av energipriser i USA och runt om i världen, inklusive i Europa. Många regeringar i Europa har ställt sig avvaktande till fracking, främst pga risker för miljöbelastningar. Rapporterna av stora, oundvikliga, negativa konsekvenser av fracking har ofta varit överdrivna, bl.a. eftersom dessa har byggts på erfarenheter av relativt oreglerat tillämpning av metoden i USA. Det är förmodligen så att fracking kan tillämpas utan stora lokala miljöproblem som följd. Det är därför sannolikt att fracking för naturgasproduktion snart kommer att användas i stor skala även i Europa och andra världsdelar.

Det finns således idag inga egentliga tecken på att användning av fossila bränslen på kort sikt kommer att minska av resursskäl. Det är därför oklart om satsningar på förnybara alternativ har någon egentlig möjlighet att väsentligt minska på användningen av fossila bränslen, även om de hade kunnat. Detta tyder på att utan storskalig CCS (eller en radikal ny teknologi, som förmodligen inte finns) kommer inte världen att lyckas minska koldioxidutsläppen enligt den tidskala som IPCC anser troligtvis är nödvändig. Följaktligen bör stora resurser mobiliseras för att göra CCS till praktisk och ekonomiskt gångbart i stor skala.

En fortsatt användning av fossila bränslen i kombination med CCS skulle dock kunna leda till att el från fossila bränslen, t.ex. stenkol, blir så pass billig att t.ex. vindel riskerar att vara en långsiktig och kostsam förlustaffär för länder som satsar stort på detta.



UPPSALA
UNIVERSITET

Konsekvensanalys och teknisk utveckling – kapitel 12

Då de mål som sätts kommer att påverka vårt samhälle inom många områden krävs en ordentlig konsekvensanalys, främst på det nationalekonomiska planet. I betänkandet finns ett kapitel som gör ansats till detta. Ansatsen är en bra start, och kanske tillräcklig för ett måldokument av denna typ. Innan politiska beslut tas för att implementera dessa föreslagna mål är det av yttersta vikt att expandera denna konsekvensanalys i ett flertal dimensioner. Kompetensen vid Uppsala universitet är en resurs med oberoende experter inom en mångfald av områden, vilka kan vara behjälpliga med konsekvensanalyser.

Som ett exempel kan målsättningar som nämns i betänkandet ge ett kraftigt incitament till teknikutveckling, och med detta skapa ökande marknadsdelar för denna typ av verksamhet. Alla delar av energibranschen som undersöker och levererar fossilfri energi, antingen genom fossilfri produktion eller genom fossilreduktion, måste här ses som viktiga komponenter. I dessa områden kan geovetenskaplig forskning bistå med bred kompetens, och i ett närmare samarbete med teknikföretag utveckla effektivare fossilfri energiproduktion (kap 8:2 bl.a.).

Ett annat exempel där noggranna konsekvensanalyser behövs gäller risken att åtgärder för att reducera de svenska koldioxidutsläppen leder till att aktiviteter flyttas utanför landets gränser. Sådana ändringar skulle inte minska utsläppen, men kunde ha påtagliga negativa konsekvenser för Sveriges industri och näringsliv. Utan oberoende och vetenskapligt välunderbyggda analyser av effekterna av planerade och pågående åtgärder, ökar förmodligen sådana risker påtagligt.

Sverige som exportör av miljöteknik – kapitel 12.3

Det finns en passus om ”Behov av innovation och teknikutveckling” (sid. 722, se även stycket 12.3.1) där det bl.a. påpekas att svensk forskning och innovation kan bidra till att lösa klimatutmaningar och samtidigt stärka Sverige som industri och exportnation. Uppsala universitet instämmer i detta påstående, speciellt när det gäller miljöteknik.

Men trots att behovet av mer FoU har betonats ett flertal gånger under de senaste decennierna har resultaten varit relativt begränsade. Trots möjlighet att få stor betydelse nationellt såväl som för export får ny teknik allt för sällan genomslag i Sverige, delvis beroende på ett finansieringsklimat som saknar intresse för långsiktiga investeringar. När det kommer till industrialisering av lovande produkter tas många om hand av icke-svenska intressenter och vidareutveckling, produktion (jobb) och de stora inkomsterna hamnar oftast i andra länder. För att kunna ta



UPPSALA
UNIVERSITET

tillvara möjligheterna till en högteknologisk industri för t.ex. världsledande förnybar energi behövs långsiktigt seende investerare i Sverige, inklusive relaterade myndigheter.

Vid Uppsala universitet bedrivs världsledande forskning och utveckling av miljöteknik, inte minst inom förnybar energi och relaterade områden (bl.a. energilagring, sol-, vind-, våg-, strömkraft och materialutveckling mot mindre miljöbelastande material). Forskningen inom dessa områden skulle naturligtvis gynnas av ökade anslag men det finns också ett problem i hur anslagen fördelas. Ska de fördelas på många bidragstagare för att gynna forskning inom många områden eller fokuseras i större utsträckning för att ge ökade resultat inom några fält?

Vidare, ska Sverige vara ledande i det globala klimatarbetet, t.ex. genom export av miljöteknik, behövs även en större insikt om de icke-tekniska aspekterna (som t.ex. begränsningar och förutsättningar vad gäller hållbarhetsperspektiv, fysikaliska och socio-ekonomiska faktorer) både vad gäller positiva och negativa effekter. Även här saknas forskningsinsatser och stora insatsbehov finns.

Del B Strategi för en samlad luftvårdspolitik

Övergripande generella synpunkter

Luftvårdsstrategin är svag och en samlad klimat och luftvårdstrategi saknas. En bidragande orsak till detta kan vara att luftvårdsstrategin kom som ett tillägsdirektiv 2014, *Strategi för en samlad luftvårdspolitik*, se bilaga 3. Underlaget är bra, men det krävs en bättre strategi för att förbättra luftkvaliteten i våra städer och för att citat: *strategin ska även bidra till möjligheten för Sverige att infria åtaganden inom EU och internationellt i fråga om föroreningar i luften som sot och andra partiklar, ozon, kväveoxider, ammoniak, svaveldioxid, luftburna dioxiner, tungmetaller, kolväten, och andra luftföroreningar som kan skada människors hälsa, miljö och klimatet*. Dessa luftföroreningar kommer att finnas med i det kommande luftvårdspaketet (vilket innehåller fyra delar) från EU, se sidan 710. Denna process pågår, vilket gör att Sverige bör avvakta med att besluta om nya strategier och styrmedel till den nya luftvårdslagstiftningen är klar, den kan innebära större krav på bl.a. biodrivmedel. Att arbeta vidare med etappmål för att minska biltrafiken kan trots detta vara en bra strategi.

Under tiden kan Sverige även arbeta inom EU för att den nya lagstiftningen ska resultera i långsiktigt god luftkvalitet, samt stödja den forskning som sker inom detta område, då det finns osäkerheter i hur dessa luftföroreningar sprids i atmosfären och hur de, t.ex. kolväten, reagerar med gaser och partiklar från



UPPSALA
UNIVERSITET

naturliga källor och hur de påverkar hälsa, miljö och klimat (kap 14). I rapporten från WHO, <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>, betonas att även mycket små partiklar som idag inte registreras kan ha hälsoeffekter (Alla partiklar med en diameter mindre än 2,5 µm finns med i PM2,5 eftersom detta är ett mått på massan. Volym/massan av partiklar beror på radien i kvadrat, vilket gör att små partiklar inte alls går att mäta med denna metod, antalet brukar räknas i varje storleksintervall ner till 10nm). Här konstateras även att trafiken alltid bidrar med partiklar från slitage från vägar (även utan dubbdäck), däck och bromsar, vägdamm och att den ofta orsakar bullerproblem.

Kommentarer och ändringsförslag

Intransport av luftföroreningar – kapitel 14.5 & 15.2

Enligt miljömålsberedningens förslag ska Sverige till år 2020 ha genomfört riktade insatser mot de stora utsläpparländerna öster om EU (Ryssland, Vitryssland och Ukraina) i syfte att minska intransporten av luftföroreningar därifrån. Det saknas dock underlag för hur mycket luftföroreningar som kommer in till Sverige österifrån och det är tveksamt hur stort detta bidrag egentligen är. De luftmassor som når Sverige har ofta sitt ursprung i en sektor från söder till väster. Statistik från åren 1989-2013 visar att vindriktningen vid masten i Högdalen i Stockholm, under omkring hälften av årets alla timmar var mellan väst och syd, vanligaste vindriktningen är sydväst (http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/lvf2015_001.pdf). Miljömålsberedningen konstaterar att största källorna till kväve- och svavelnedfallet över Sverige kommer från länderna som ligger i denna sektor, sidan 502, och eftersom inga beräkningar finns av bidraget österifrån så är förslaget att rikta åtgärder mot länder i öster svårt att förstå.

Utsläpp från vägtrafik i tätort – kapitel 15.2

Luftvårdsstrategin för att förbättra luftkvaliteten i städerna är mycket svag, se citat ur förslagen och underlagen nedan tillsammans med kommentarer.

Etappmålet till 2025 är att (se sidan 32-33):

Beredningens förslag till etappmål för luftföroreningar om begränsade utsläpp från vägtrafik i tätort som innebär att andelen persontransportresor med kollektivtrafik, cykel och gång i Sverige ska vara minst 25 procent 2025, uttryckt i personkilometer, bidrar till ett transporteffektivt samhälle och till klimatmålen.



UPPSALA
UNIVERSITET

Men förslaget på sidan 34 och 508 innehåller inget om tätorter, utan gäller som det står för hela Sverige, visserligen nu med ett mål på sikt om en fördubbling:

*Andelen persontransportresor med kollektivtrafik, cykel och gång i Sverige ska vara minst 25 procent 2025, uttryckt i personkilometer, i riktning mot målet att på sikt **fördubbla marknadsandelen** för gång-, cykel-, och kollektivtrafik.*

I underlaget från Trafikverket finns bakgrundsinformation, se sidan 510: *Av det **totala** persontransportresandet räknat i personkilometer har resandet med kollektivtrafik, cykel och gång haft en andel runt 20 procent de senaste 20 åren.För att öka andelen till 25 procent krävs att andelar tas från framför allt biltrafik, som står för merparten av persontransportresandet (77 procent).*

Att öka andelen persontransportresor med kollektivtrafik, cykel och gång till 25 procent är en minskning av biltrafiken med **2 % (troligen utslaget på hela landet)**! Ett annat problem med detta sätt att räkna är att minskningen är *uttryckt i procent personkilometer*, eftersom trafiken ökar och städerna växer otroligt fort, kan förändringen av det totala antalet bilar i städerna bli marginellt eller inget. Det är även oklart vad i förslaget som gäller tätort och vad som gäller hela landet. Miljömålsberedningen föreslår att det ska bli svårare att göra reseavdrag för bil, vilket kommer att slå hårt mot just landsbygden, dvs. för befolkningen som inte bor i tätorter. Om det blir svårare att bo på landsbygden minskar eventuellt det totala bilåkandet och målet uppfylls utan att antalet bilar i städerna minskar.

Förslaget att på sikt **fördubbla marknadsandelen** för gång-, cykel-, och kollektivtrafik. innebär en ökning till 40 % (46 % om den nu är 23 %), vilket ger en minskning av biltrafiksandelen från 77 % till 60 (54)%, (men observera att detta är INTE gäller tätort där problemen är störst).

Förslaget att *., i riktning mot målet att på sikt fördubbla marknadsandelen för gång-, cykel-, och kollektivtrafik* måste preciseras och en strategi för detta måste tas fram redan nu. En strategi som prövas i flera kommuner, bl.a. i Avesta är att införa gratis kollektivtrafik, en drastisk åtgärd, men det bör ge gott resultat på fler orter.

Minskad ozonhalt – kapitel 16.2

Miljömålsberedningens bedömning i 16.2.1, att de åtgärder som sätts in för att minska NO_x och PM även kan minska ozonet (O₃) i städerna är felaktig. Minskad NO_x kan tvärtom öka halten ozon inne i svenska städer. Förklaringen är att NO reagerar med O₃ när NO₂ bildas, (sidan 488) vilket ger mindre ozon i städer. Detta är ännu ett exempel på hur komplex atmosfärskemin och atmosfärfysiken är.



UPPSALA
UNIVERSITET

Effektivare vedpannor ger högre utsläpp av NO_x på grund av högre temperatur vid förbränning. se tabell 16.3. Sådana kan ändå vara motiverade då de ger mindre sot och CO₂, men detta bör ändå påpekas.

Risker med förtätning – kapitel 16.2

En av de åtgärder som Trafikverket (sid 443) bedömer kunna bidra till stora utsläppsminskningar är hållbar stadsplanering, med bl.a. förtätning och detta finns även med i ett av miljömålsberedningens förslag (sid 527). Förtätning av bebyggelse riskerar dock att försämra luftkvaliteten då ventilationen av gaturummet minskar.

Biodrivmedel och subventioner av drivmedel – kapitel 17

Klimatpolitik resulterar inte alltid i bättre luftkvalitet, nuvarande miljösubventioner för dieslbilar har haft motsatt effekt då fler dieslbilar bidragit till ökade utsläpp kvävedioxid (NO₂). Denna subvention bör därför avskaffas. De satsningar på biodrivmedel som nämns i klimatstrategin (kap 7) kan resultera i sämre luftkvalitet, se underlaget i betänkandet bl.a. på sidan 481, 488, 493 och 611. Ett bonussystem för biodrivmedel bör utvärderas noga, då effekten på samma sätt som för dieseln blir höga emissioner av NO₂. Det kan även resultera i större utsläpp av kolväten, se sidan 612. Biodrivmedel kan ev. vara ett bra alternativ för landsbygen, tung trafik, arbetsmaskiner och sjöfarten där behovet av drivmedel är störst.

Quantifying the implications of the Paris Agreement on Sweden's mitigation targets

Kevin Anderson

September 2016

Zennström Visiting Professor

Uppsala University

Contact: Isak Stoddard: +46 18 471 2789, +46 703 147 236

Professor of Energy and Climate Change

University of Manchester

PA- Amrita Sidhu, amrita.sidhu@manchester.ac.uk; tel: +44(0)161 306 3700

Deputy Director of the [Tyndall Centre for Climate Change Research](#)

IPCC carbon budgets

1. In November 2014 the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published their Climate Change 2014 Synthesis report. Bringing together expertise from across the IPCC's working groups, the Synthesis report provided a clear suite of "cumulative CO₂ emissions" (carbon budgets) for a range of different probabilities of "limiting warming" to below a rise of 1.5°C, 2°C and 3°C (relative to an 1861 to 1880 baseline).
2. These budgets will remain the subject of ongoing and incremental refinement by climate science. However, until such time as a new consensus is arrived at the IPCC budgets remain the most authoritative source and should provide the foundation for any evidence-informed policies around energy issues related to climate change (see Table 2.2 of the IPCC Synthesis Report; copied below with the block arrows marking the most relevant rows to this report).

Table 2.2 | Cumulative carbon dioxide (CO₂) emission consistent with limiting warming to less than stated temperature limits at different levels of probability, based on different lines of evidence. (WGI 12.5.4, WGIII 6)

Cumulative CO ₂ emissions from 1870 in GtCO ₂									
Net anthropogenic warming ^a	<1.5°C			<2°C			<3°C		
Fraction of simulations meeting goal ^b	66%	50%	33%	66%	50%	33%	66%	50%	33%
Complex models, RCP scenarios only ^c	2250	2250	2550	2900	3000	3300	4200	4500	4850
Simple model, WGIII scenarios ^d	No data	2300 to 2350	2400 to 2950	2550 to 3150	2900 to 3200	2950 to 3800	n.a. ^e	4150 to 5750	5250 to 6000
Cumulative CO ₂ emissions from 2011 in GtCO ₂									
Complex models, RCP scenarios only ^c	400	550	850	1000	1300	1500	2400	2800	3250
Simple model, WGIII scenarios ^d	No data	550 to 600	600 to 1150	750 to 1400	1150 to 1400	1150 to 2050	n.a. ^e	2350 to 4000	3500 to 4250
Total fossil carbon available in 2011 ^f : 3670 to 7100 GtCO ₂ (reserves) and 31300 to 50050 GtCO ₂ (resources)									

3. The headline carbon budgets for the temperature ranges of below 1.5°C and 2°C (<1.5°C & <2°C in the row with the blue arrow) are the focus of this analysis. The row signalled with the purple arrow provides the probabilities of staying below that temperature (for a more precise explanation of these probabilities see Notes b to e accompanying the Table 2.2 in the full IPCC report). The headline carbon budgets for each of these probabilities for 1.5°C and 2°C are provided in the row signalled with the orange arrow.
4. The carbon budgets are given in GtCO₂, i.e. billion (Giga) tonnes of carbon dioxide. It is important to note the budget is for the period of 2011-2100; this is adjusted to allow for emissions between 2011 and 2016 in Section 4, with values for 2015 extrapolated from near-term trends.

The Paris Agreement

5. In December 2015 all 195 member states (including the EU) of the United Nations Framework on Conference on Climate Change (UNFCCC) adopted the final text of the Paris Agreement. One of the principal aims of the agreement is to hold *“the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change”*.
6. The Swedish signatory to the Paris Agreement was under the auspices of the EU in full consultation with the Swedish delegation that also participated in the Paris “conference of the parties” (COP21). Moreover, early in the negotiations the Swedish Prime minister gave an impassioned and informed speech noting that *“our main priority is to keep global warming as far below two degrees as possible.”* (<http://www.government.se/speeches/2015/11/speech-by-prime-minister-stefan-lofven-at-cop21/>).
7. Another important commitment within the Paris Agreement and of particular relevance to this analysis is that *“Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible, recognizing that peaking will take longer for developing country Parties”*. This explicit distinction between industrial and poorer and industrialising nations is important in determining how to apportion the global carbon budget between different nations.

Converting qualitative obligations into quantitative objectives

8. The language of various international agreements on climate change is typically framed in qualitative terms in relation to quantitative temperatures. The Copenhagen Accord is *“hold ... below 2°C”*; the Camp David Declaration to *“limit... the increase ... below 2°C”*; and now the Paris Agreement to stay *“well below 2°C”* – and importantly to *“pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C”*. In relation to all of these it would be disingenuous to suggest anything other than they require mitigation inline with at least a *likely* chance of remaining below 2°C. With it’s additional reference to pursuing efforts for 1.5°C, the Paris Agreement clearly implies a still more stringent likelihood, so at least a very likely chance of 2°C.
9. Within the IPCC’s guidance notes to the authors of their latest report (<https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>), they provided a taxonomy of likelihoods that facilitate a translation of qualitative chances into quantitative probabilities. Based on Table 1 of the Guidance Notes the language of international agreements on climate change, from Copenhagen onwards, clearly relate to a 66-100% probability of not exceeding 2°C. The Paris Agreement, with its reference to pursuing 1.5°C as well as 2°C, suggests a still higher chance of the latter – more inline with a 90-100% probability of 2°C.

Table 1. Likelihood Scale	
Term*	Likelihood of the Outcome
<i>Virtually certain</i>	99-100% probability
<i>Very likely</i>	90-100% probability
<i>Likely</i>	66-100% probability
<i>About as likely as not</i>	33 to 66% probability
<i>Unlikely</i>	0-33% probability
<i>Very unlikely</i>	0-10% probability
<i>Exceptionally unlikely</i>	0-1% probability

10. Consequently, the sequential logic of the Paris Agreement leads to a carbon budget from IPCC's Synthesis report of somewhere between 850 and 1000 GtCO₂. The lower end of this range equates to an "unlikely" chance of staying below 1.5°C (i.e. a probability of 0 to 33% of <1.5°C) with the upper end relating to a "likely" chance of staying below 2°C (i.e. a probability of 66-100% of <2°C).

Estimating the global energy-only CO₂ budget for 2016-2100

11. The 850 to 1000 GtCO₂ range is for all carbon dioxide emissions from all sectors for the period 2011 to 2100. Therefore in order to understand what emissions are available from 2016, it is necessary to subtract those emissions released between 2011 and 2016. Based on CDIAC data, extrapolated to include 2015, at least 150GtCO₂ have been emitted since 2011; leaving a range of 700 to 850GtCO₂ for the period 2016 to 2100.
12. Given this analysis relates specifically to the energy sector, it is necessary to remove projected global deforestation and industrial process emissions for the period 2016 to 2100; the latter of which relates primarily to cement production. It could be argued that these should both be considered at a national level, however, given the very clear equity steers within all agreements since the Copenhagen Accord, such emissions are more rightly considered as a global overhead. Wealthy industrial nations already have highly developed and cement-rich infrastructures – from the domestic and commercial built environments, to transport and energy networks, powerstations and industrial facilities. Poorer and less-industrialised nations still have to construct their modern societies. Penalising them for their later development is inconsistent with the equity dimension of the various agreements. Similar arguments prevail for deforestation emissions, where most industrial nations (with Sweden arguably been one of the few exceptions) have already benefitted from the land released through deforestation. Considering these emissions as a global overhead does not absolve those nations using cement and deforesting from responsibility. It does however reduce the burden and provide an incentive for all nations to encourage a global reduction in deforestation and the development of low-carbon cements (or alternatives).
13. Based on research recently published in Nature Geoscience,¹ an optimistic interpretation of deforestation and cement process emissions for 2016 to 2100 are, respectively, in the region of 60GtCO₂ and 150GtCO₂. Both of these figures are dependent on efforts to reduce emissions broadly inline with that required across the energy sector.
14. Combining recent emissions with those from deforestation and cement (process only) leaves an energy-only global CO₂ budget of 490 to 640GtCO₂ (i.e. rounded up to 500 to 650GtCO₂) for 2016 to 2100.

Apportioning the global budget to Industrial nations

15. This is undoubtedly an area where different interpretations of fairness and equity can give potentially very different results in terms of national carbon budgets. However, the Paris Agreement (and its international forebears) all draw attention to the importance of issues of equity and how poorer and less industrialised nations (hereafter referred to as industrialising nations) will need some significant period of grace in terms of decarbonising their energy systems. Specifically, they acknowledge that the peak in emissions from these poorer nations will be later than that within the wealthier industrial nations (hereafter referred to as industrial nations). Combine this equity criterion with the small and rapidly dwindling global carbon budget for 2°C (i.e. 500 to 650GtCO₂) and the range of potential national budgets is very significantly constrained.
16. The approach adopted here builds on the pragmatic and open process of apportionment used in a range of analyses and high-level reports since 2011.² Put simply, the approach recognises the highly constrained nature of the 2°C carbon budget and then asks, within such a constraint, what is the most

¹ Anderson, K. 2015, Duality in climate science. Nature Geoscience Oct. 2015 <http://rdcu.be/eoQY>

² For example: Anderson, K., and Bows., A., 2011, Beyond dangerous climate change: emission pathways for a new world, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 369, 20-44, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1934/20>

ambitious peak date industrialising nations could achieve and what could they subsequently deliver in terms of mitigation rates. This permits a mitigation pathway to be plotted for these nations. It is worth noting here, that the emission profile of China dominates those of the industrialising nations. Furthermore, even at a per-capita level, China is undoubtedly wealthier than many of the so-called 'developing' nations. Consequently, an emission profile for industrialising nations will mask the fact that many poorer nations will have a peak in their emissions up to a decade after that of China.

17. Assuming an aggregate peak in emissions by industrialising nations (non-Annex B) of 2025, followed by a programme of rapidly ramping up mitigation rates to deliver around 10% p.a. by 2035, then the total emissions for 2016 -2100 would be at least 550 to 600GtCO₂. Put simply, a mitigation agenda across the industrialising nations at a level of ambition far beyond anything discussed in Paris would nevertheless exceed the global (energy-only) carbon budget for a "very likely" chance of 2°C. That is to say, the political framing of the Paris ambition in terms of "well below 2°C" is no longer a viable goal. Even for the more lax carbon budget accompanying a "likely" chance of 2°C, the enormous scale of ambition assumed here for industrialising nations would still consume at least 85% of the global budget.
18. Based on the most optimistic estimate from above, industrialised nations (broadly Annex B) have between 50 and 100GtCO₂ to emit across the remainder of the century if they are to play their fair part in a "likely" chance of staying below 2°C.

What mitigation rates are required by Sweden (for an outside chance of staying below 2°C)?

19. There are various approaches to apportioning the emissions budget for industrialised nations to the individual countries, ranging from relative population to grandfathering on the basis of current emissions. For the purpose of this analysis, a simple grandfathering approach is adopted and based on the latest emission values from the global carbon atlas website (<http://www.globalcarbonatlas.org/?q=en/emissions>) - as part of the peer-reviewed Global Carbon Project's analysis. Industrialised nations are assumed here to be those captured under the umbrella label of Annex B.
20. Taking this approach, Sweden's share of the 50 and 100GtCO₂ Annex B budgets equate to 0.168Gt to 0.336GtCO₂ (168 to 336MtCO₂) for energy-only and for the period 2016 to 2100. For comparison, in 2014, Sweden's territorial CO₂ emissions were 44MtCO₂ (consumption-based emissions were 74MtCO₂; all values are taken from the aforementioned GCP atlas).
21. Taking at face value the Paris Agreement and Sweden's recognition of it as the new framework for considering issues of climate change and mitigation, it is possible to calculate the rate of emission reduction required to meet the "well below 2°C" objective.
22. If Sweden were to begin a programme of deep mitigation now, it would need to deliver over 12% reduction in emissions year on year to stay within Sweden's higher carbon budget value. The lower value, would need to see mitigation rates (from the start of 2016) in excess of 25% p.a.
23. Even with the more optimistic reading of Sweden's 2016-2100 carbon budget (the 336MtCO₂ value), by 2025 emissions of energy-only CO₂ will need to have reduced by over 70% (c.f. 2016) reaching a reduction of almost 95% by 2035. Based on the more cautious budget (but still well in excess of what aligns with the Paris Agreement's temperature objectives), these reduction rates increase significantly to over 90% and 99% by 2025 and 2035 respectively.

Genuine commitment to the Paris temperature promise

24. If Sweden's mitigation programme was to closely adhere to the Paris Agreement's clear obligations to mitigate emissions inline with limiting the temperature rise to "well below 2°C" and ideally "1.5°C" - and to do so on the basis of "equity" - then the reduction rates would need to be much more stringent than those outlined in this analysis.

Quantifying the implications of the Paris Agreement on Sweden’s mitigation targets

Kevin Anderson

September 2016

Zennström Visiting Professor

Uppsala University

Contact: Isak Stoddard: +46 18 471 2789, +46 703 147 236

Professor of Energy and Climate Change

University of Manchester

PA- Amrita Sidhu, amrita.sidhu@manchester.ac.uk; tel: +44(0)161 306 3700

Deputy Director of the [Tyndall Centre for Climate Change Research](#)

IPCC carbon budgets

1. In November 2014 the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published their Climate Change 2014 Synthesis report. Bringing together expertise from across the IPCC’s working groups, the Synthesis report provided a clear suite of “cumulative CO₂ emissions” (carbon budgets) for a range of different probabilities of “limiting warming” to below a rise of 1.5°C, 2°C and 3°C (relative to an 1861 to 1880 baseline).
2. These budgets will remain the subject of ongoing and incremental refinement by climate science. However, until such time as a new consensus is arrived at the IPCC budgets remain the most authoritative source and should provide the foundation for any evidence-informed policies around energy issues related to climate change (see Table 2.2 of the IPCC Synthesis Report; copied below with the block arrows marking the most relevant rows to this report).

Table 2.2 | Cumulative carbon dioxide (CO₂) emission consistent with limiting warming to less than stated temperature limits at different levels of probability, based on different lines of evidence. (WGI 12.5.4, WGIII 6)

Cumulative CO ₂ emissions from 1870 in GtCO ₂									
Net anthropogenic warming ^a	<1.5°C			<2°C			<3°C		
Fraction of simulations meeting goal ^b	66%	50%	33%	66%	50%	33%	66%	50%	33%
Complex models, RCP scenarios only ^c	2250	2250	2550	2900	3000	3300	4200	4500	4850
Simple model, WGIII scenarios ^d	No data	2300 to 2350	2400 to 2950	2550 to 3150	2900 to 3200	2950 to 3800	n.a. ^e	4150 to 5750	5250 to 6000
Cumulative CO ₂ emissions from 2011 in GtCO ₂									
Complex models, RCP scenarios only ^c	400	550	850	1000	1300	1500	2400	2800	3250
Simple model, WGIII scenarios ^d	No data	550 to 600	600 to 1150	750 to 1400	1150 to 1400	1150 to 2050	n.a. ^e	2350 to 4000	3500 to 4250
Total fossil carbon available in 2011 ^f : 3670 to 7100 GtCO ₂ (reserves) and 31300 to 50050 GtCO ₂ (resources)									

3. The headline carbon budgets for the temperature ranges of below 1.5°C and 2°C (<1.5°C & <2°C in the row with the blue arrow) are the focus of this analysis. The row signalled with the purple arrow provides the probabilities of staying below that temperature (for a more precise explanation of these probabilities see Notes b to e accompanying the Table 2.2 in the full IPCC report). The headline carbon budgets for each of these probabilities for 1.5°C and 2°C are provided in the row signalled with the orange arrow.
4. The carbon budgets are given in GtCO₂, i.e. billion (Giga) tonnes of carbon dioxide. It is important to note the budget is for the period of 2011-2100; this is adjusted to allow for emissions between 2011 and 2016 in Section 4, with values for 2015 extrapolated from near-term trends.

The Paris Agreement

5. In December 2015 all 195 member states (including the EU) of the United Nations Framework on Conference on Climate Change (UNFCCC) adopted the final text of the Paris Agreement. One of the principal aims of the agreement is to hold *“the increase in the global average temperature to well below 2 °C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change”*.
6. The Swedish signatory to the Paris Agreement was under the auspices of the EU in full consultation with the Swedish delegation that also participated in the Paris “conference of the parties” (COP21). Moreover, early in the negotiations the Swedish Prime minister gave an impassioned and informed speech noting that *“our main priority is to keep global warming as far below two degrees as possible.”* (<http://www.government.se/speeches/2015/11/speech-by-prime-minister-stefan-lofven-at-cop21/>).
7. Another important commitment within the Paris Agreement and of particular relevance to this analysis is that *“Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible, recognizing that peaking will take longer for developing country Parties”*. This explicit distinction between industrial and poorer and industrialising nations is important in determining how to apportion the global carbon budget between different nations.

Converting qualitative obligations into quantitative objectives

8. The language of various international agreements on climate change is typically framed in qualitative terms in relation to quantitative temperatures. The Copenhagen Accord is *“hold ... below 2°C”*; the Camp David Declaration to *“limit... the increase ... below 2°C”*; and now the Paris Agreement to stay *“well below 2°C”* – and importantly to *“pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5 °C”*. In relation to all of these it would be disingenuous to suggest anything other than they require mitigation inline with at least a *likely* chance of remaining below 2°C. With it’s additional reference to pursuing efforts for 1.5°C, the Paris Agreement clearly implies a still more stringent likelihood, so at least a very likely chance of 2°C.
9. Within the IPCC’s guidance notes to the authors of their latest report (<https://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>), they provided a taxonomy of likelihoods that facilitate a translation of qualitative chances into quantitative probabilities. Based on Table 1 of the Guidance Notes the language of international agreements on climate change, from Copenhagen onwards, clearly relate to a 66-100% probability of not exceeding 2°C. The Paris Agreement, with its reference to pursuing 1.5°C as well as 2°C, suggests a still higher chance of the latter – more inline with a 90-100% probability of 2°C.

Table 1. Likelihood Scale	
Term*	Likelihood of the Outcome
<i>Virtually certain</i>	99-100% probability
<i>Very likely</i>	90-100% probability
<i>Likely</i>	66-100% probability
<i>About as likely as not</i>	33 to 66% probability
<i>Unlikely</i>	0-33% probability
<i>Very unlikely</i>	0-10% probability
<i>Exceptionally unlikely</i>	0-1% probability

10. Consequently, the sequential logic of the Paris Agreement leads to a carbon budget from IPCC's Synthesis report of somewhere between 850 and 1000 GtCO₂. The lower end of this range equates to an "unlikely" chance of staying below 1.5°C (i.e. a probability of 0 to 33% of <1.5°C) with the upper end relating to a "likely" chance of staying below 2°C (i.e. a probability of 66-100% of <2°C).

Estimating the global energy-only CO₂ budget for 2016-2100

11. The 850 to 1000 GtCO₂ range is for all carbon dioxide emissions from all sectors for the period 2011 to 2100. Therefore in order to understand what emissions are available from 2016, it is necessary to subtract those emissions released between 2011 and 2016. Based on CDIAC data, extrapolated to include 2015, at least 150GtCO₂ have been emitted since 2011; leaving a range of 700 to 850GtCO₂ for the period 2016 to 2100.
12. Given this analysis relates specifically to the energy sector, it is necessary to remove projected global deforestation and industrial process emissions for the period 2016 to 2100; the latter of which relates primarily to cement production. It could be argued that these should both be considered at a national level, however, given the very clear equity steers within all agreements since the Copenhagen Accord, such emissions are more rightly considered as a global overhead. Wealthy industrial nations already have highly developed and cement-rich infrastructures – from the domestic and commercial built environments, to transport and energy networks, powerstations and industrial facilities. Poorer and less-industrialised nations still have to construct their modern societies. Penalising them for their later development is inconsistent with the equity dimension of the various agreements. Similar arguments prevail for deforestation emissions, where most industrial nations (with Sweden arguably been one of the few exceptions) have already benefitted from the land released through deforestation. Considering these emissions as a global overhead does not absolve those nations using cement and deforesting from responsibility. It does however reduce the burden and provide an incentive for all nations to encourage a global reduction in deforestation and the development of low-carbon cements (or alternatives).
13. Based on research recently published in Nature Geoscience,¹ an optimistic interpretation of deforestation and cement process emissions for 2016 to 2100 are, respectively, in the region of 60GtCO₂ and 150GtCO₂. Both of these figures are dependent on efforts to reduce emissions broadly inline with that required across the energy sector.
14. Combining recent emissions with those from deforestation and cement (process only) leaves an energy-only global CO₂ budget of 490 to 640GtCO₂ (i.e. rounded up to 500 to 650GtCO₂) for 2016 to 2100.

Apportioning the global budget to Industrial nations

15. This is undoubtedly an area where different interpretations of fairness and equity can give potentially very different results in terms of national carbon budgets. However, the Paris Agreement (and its international forebears) all draw attention to the importance of issues of equity and how poorer and less industrialised nations (hereafter referred to as industrialising nations) will need some significant period of grace in terms of decarbonising their energy systems. Specifically, they acknowledge that the peak in emissions from these poorer nations will be later than that within the wealthier industrial nations (hereafter referred to as industrial nations). Combine this equity criterion with the small and rapidly dwindling global carbon budget for 2°C (i.e. 500 to 650GtCO₂) and the range of potential national budgets is very significantly constrained.
16. The approach adopted here builds on the pragmatic and open process of apportionment used in a range of analyses and high-level reports since 2011.² Put simply, the approach recognises the highly constrained nature of the 2°C carbon budget and then asks, within such a constraint, what is the most

¹ Anderson, K. 2015, Duality in climate science. Nature Geoscience Oct. 2015 <http://rdcu.be/eoQY>

² For example: Anderson, K., and Bows., A., 2011, Beyond dangerous climate change: emission pathways for a new world, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 369, 20-44, <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/369/1934/20>

ambitious peak date industrialising nations could achieve and what could they subsequently deliver in terms of mitigation rates. This permits a mitigation pathway to be plotted for these nations. It is worth noting here, that the emission profile of China dominates those of the industrialising nations. Furthermore, even at a per-capita level, China is undoubtedly wealthier than many of the so-called 'developing' nations. Consequently, an emission profile for industrialising nations will mask the fact that many poorer nations will have a peak in their emissions up to a decade after that of China.

17. Assuming an aggregate peak in emissions by industrialising nations (non-Annex B) of 2025, followed by a programme of rapidly ramping up mitigation rates to deliver around 10% p.a. by 2035, then the total emissions for 2016 -2100 would be at least 550 to 600GtCO₂. Put simply, a mitigation agenda across the industrialising nations at a level of ambition far beyond anything discussed in Paris would nevertheless exceed the global (energy-only) carbon budget for a "very likely" chance of 2°C. That is to say, the political framing of the Paris ambition in terms of "well below 2°C" is no longer a viable goal. Even for the more lax carbon budget accompanying a "likely" chance of 2°C, the enormous scale of ambition assumed here for industrialising nations would still consume at least 85% of the global budget.
18. Based on the most optimistic estimate from above, industrialised nations (broadly Annex B) have between 50 and 100GtCO₂ to emit across the remainder of the century if they are to play their fair part in a "likely" chance of staying below 2°C.

What mitigation rates are required by Sweden (for an outside chance of staying below 2°C)?

19. There are various approaches to apportioning the emissions budget for industrialised nations to the individual countries, ranging from relative population to grandfathering on the basis of current emissions. For the purpose of this analysis, a simple grandfathering approach is adopted and based on the latest emission values from the global carbon atlas website (<http://www.globalcarbonatlas.org/?q=en/emissions>) - as part of the peer-reviewed Global Carbon Project's analysis. Industrialised nations are assumed here to be those captured under the umbrella label of Annex B.
20. Taking this approach, Sweden's share of the 50 and 100GtCO₂ Annex B budgets equate to 0.168Gt to 0.336GtCO₂ (168 to 336MtCO₂) for energy-only and for the period 2016 to 2100. For comparison, in 2014, Sweden's territorial CO₂ emissions were 44MtCO₂ (consumption-based emissions were 74MtCO₂; all values are taken from the aforementioned GCP atlas).
21. Taking at face value the Paris Agreement and Sweden's recognition of it as the new framework for considering issues of climate change and mitigation, it is possible to calculate the rate of emission reduction required to meet the "well below 2°C" objective.
22. If Sweden were to begin a programme of deep mitigation now, it would need to deliver over 12% reduction in emissions year on year to stay within Sweden's higher carbon budget value. The lower value, would need to see mitigation rates (from the start of 2016) in excess of 25% p.a.
23. Even with the more optimistic reading of Sweden's 2016-2100 carbon budget (the 336MtCO₂ value), by 2025 emissions of energy-only CO₂ will need to have reduced by over 70% (c.f. 2016) reaching a reduction of almost 95% by 2035. Based on the more cautious budget (but still well in excess of what aligns with the Paris Agreement's temperature objectives), these reduction rates increase significantly to over 90% and 99% by 2025 and 2035 respectively.

Genuine commitment to the Paris temperature promise

24. If Sweden's mitigation programme was to closely adhere to the Paris Agreement's clear obligations to mitigate emissions inline with limiting the temperature rise to "well below 2°C" and ideally "1.5°C" - and to do so on the basis of "equity" - then the reduction rates would need to be much more stringent than those outlined in this analysis.