

Tritons klimatnytta och klimatpåverkan

2022-02-11

Beställare: OX2 AB

Konsultbolag: Structor Miljöpartner AB

Medverkande: Kajsa Andersson, Structor Miljöpartner – Miljökonsult och projektledare med flerårig erfarenhet av utveckling av vindkraftsprojekt och miljöbedömning, samt från arbete med tillsyn och provningar på Länsstyrelse. Masterexamen inom biologi.

Alva Jakobsson, Structor Miljöpartner – Miljökonsult inom miljöbedömningar och tillståndsärenden, med särskild inriktning på konsekvensbedömning kopplat till klimataspekter. Masterexamen inom tillämpad klimatstrategi.

Elina Cuéllar, OX2 AB – Tillståndsspecialist med mångårig erfarenhet av tillståndprocesser för vindkraft och elledningar både som konsult och delprojektledare för tillstånd på Svenska kraftnät. Master i Marina vetenskaper.

Tanja Tränkle, OX2 AB – Projektledare med erfarenhet från realisering av havsbaserad vindkraft i både Nordsjön och Östersjön samt projektledning av forskningsprojekt inom vindkraften med speciell inriktning på krävande miljöer som kallt klimat och havsbaserad vindkraft.

Datum: 2022-02-11

Innehåll

1. Inledning.....	4
2. Klimatet och vindkraften	4
2.1. Förändringar i klimatsystemet	4
2.2. Klimatpolitik och förnybar energi	5
2.3. Regionala konsekvenser av klimatförändringarna	6
2.4. Behov av utbyggnad av havsbaserad vindkraft i närtid	6
2.5. Vindkraftens klimatnytta	8
2.6. Vindkraftens klimatpåverkan	11
2.6.1. Vindkraftverk ur ett livscykelperspektiv	11
2.6.2. Vindkraft jämfört med andra energikällor	13
2.6.3. Återanvändning och återvinning av vindkraftverk	13
3. Vindkraftsprojektet Triton	14
3.1. Mål och strategier på regional nivå	14
3.2. Beräkningar av klimatpåverkan	14
3.3. Beräkningar av klimatnytta	14
3.4. Samlad bedömning	16
4. Referenser.....	16

1. INLEDNING

Klimatförändringarna kräver en snabb omställning av många delar av samhället, varav energisektorn är en betydande del. Vikten av en utbyggnad av förnybar energi till havs har framhållits på såväl internationell, nationell som lokal nivå. Även vägledande myndigheter och praxis från domstolar lyfter på olika sätt fram att klimatpåverkan och klimatnytta behöver beaktas vid prövningar enligt miljöbalken.

Föreliggande bilaga till miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för vindpark Triton syftar till att tydliggöra den havsbaserade vindkraftens klimatpåverkan och klimatnytta, samt effekterna av vindpark Triton specifikt. Utredningen innehåller en kort sammanställning av klimatforskning, klimatpolitik och livscykelanalyser av olika energislag, samt beräkningar av växthusgasutsläpp och klimatnytta med vindpark Triton.

2. KLIMATET OCH VINDKRAFTEN

2.1. Förändringar i klimatsystemet

Dagens globala uppvärmning är ett av vår tids största hot och är främst orsakad av människans utsläpp av växthusgaser. En slutsats av IPCC:s senaste rapport (2021) lyder:

”Den globala medeltemperaturen kommer att fortsätta att öka åtminstone till mitten av 2000-talet i samtliga utsläppsscenarioer som har beaktats i denna rapport. En global uppvärmning på 1,5°C och 2°C kommer att överskridas under 2000-talet om inte kraftiga utsläppsminskningar av koldioxid och andra växthusgaser görs under de kommande årtiondena.”¹

Historiska, nutida och framtida utsläpp kommer att fortsätta påverka atmosfärens sammansättning, och därmed klimatet, under lång tid framöver.² IPCC:s senaste rapport beskriver att det helt klart är mänsklig påverkan som värmt upp atmosfären, havet och landområdena. IPCC påpekar att den senaste tidens omfattning på förändringar i klimatsystemet saknar motstycke många århundraden till många årtusenden tillbaka i tiden. För det framtida klimatet visar samtliga scenarier på ökade temperaturer och därmed mer intensiva extremväder såsom värmeböljor, kraftig nederbörd, torka och minskande/försvinnande av snötäcken.³

¹ IPCC, AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> SMHI, Huvudbudskap FN:s klimatpanels rapport 2021 ”Den naturvetenskapliga grunden” <https://www.smhi.se/klimat/ipcc/huvudbudskap-1.174301>

² SMHI, Klimatförändringarna märks redan idag. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-forandras/klimatforandringarna-marks-redan-idag-1.1510>

³ IPCC, AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Den största källan till utsläpp av växthusgaser, som bidrar till klimatförändring, är fossila bränslen såsom kol, bensin, diesel och naturgas.⁴

2.2. Klimatpolitik och förnybar energi

För att minska utsläpp av växthusgaser behöver fossila bränslen ersättas med förnybar energi. I Paris i december 2015 enades världens länder om ett nytt klimatavtal.

Parisavtalet är ett rättsligt bindande internationellt avtal som syftar till att den globala temperaturökningen ska hållas långt under 2 grader, och vi ska sträva efter att begränsa den till 1,5 grader.⁵ En grundtanke i Parisavtalet är att de länder som har bäst förutsättningar ska gå före och ta större ansvar i omställningen.⁶

Enligt Parisavtalet bör alla länder formulera och kommunicera långsiktiga strategier för att minska utsläpp av växthusgaser. I Sveriges långsiktiga klimatstrategi till FN understryks både det svenska målet om nettonollutsläpp år 2045 och målet om en helt förnybar elproduktion år 2040. Regeringen skriver i strategin att *”vindkraften genomgår en omfattande expansion som beräknas fortsätta och kommer att utgöra en betydande del av det framtida elsystemet”*.⁷

FN:s senaste klimattoppmöte (COP26) hölls i Glasgow i november 2021. Mötets huvudsakliga framgångar innebar att länderna uppmuntras skärpa sina klimatmål redan nästa år, att stödet för klimatanpassning ska fördubblas till 2025 samt att fossila bränslens roll i klimatomställningen för första gången omnämns.⁸

Riksdagens mål är 100 % förnybar elproduktion i Sverige år 2040. Energimyndigheten skriver: *”Det är fullt möjligt att få ett fungerande 100 procent förnybart elsystem till 2040-talet. Men det kräver möjligheter för en fortsatt utbyggnad av vindkraft och av elnäten.”*⁹ Vindkraftsutbyggnaden bidrar även till Sveriges mål om att inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären år 2045. För att nå detta mål krävs en elproduktion med fortsatt låga växthusgasutsläpp samt kraftigt minskade utsläpp i transport-, industri- och jordbrukssektorn. För att användningen av fossila bränslen ska minska i dessa sektorer krävs bland annat en ökad elektrifiering. En ökad elektrifiering kommer innebära en ökad efterfrågan på el från vindkraft och andra förnybara källor.¹⁰

⁴ Naturvårdsverket, Fossila bränslen <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/omraden/klimatet-och-energin/fossila-branslen/>

⁵ Regeringskansliet, Parisavtalet <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/parisavtalet/> Naturvårdsverket, Vad är genomförandestöd <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-genomforandestod/>

⁶ Naturvårdsverket, Vad är genomförandestöd <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-genomforandestod/>

⁷ Ministry of the Environment, Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Sweden.pdf

⁸ Regeringskansliet, FN:s klimattoppmöte COP26 i Glasgow <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/11/fns-klimattoppmote-cop26-i-glasgow/>

⁹ Energimyndigheten, Så kan 100 procent förnybar elproduktion se ut <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/sa-kan-100-procent-fornybar-elproduktion-se-ut/>

¹⁰ Energimyndigheten & Naturvårdsverket, Nationell strategi för en hållbar vindkraft http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

Parisavtalet är kopplat till FN:s Agenda 2030 som antogs av FN:s medlemsländer 2015, där ett av huvudmålen är att lösa klimatkrisen. SCB har tagit fram rapporten ”Genomförandet av Agenda 2030 i Sverige”, för att följa upp hur Sverige lever upp till de globala hållbarhetsmålen. I uppföljningen kommer SCB bland annat fram till att Sverige inte kommer att nå målet om noll nettoutsläpp av klimatgaser senast 2045 om minskningen av klimatgasutsläppen inte accelereras kraftigt. SCB kommer fram till att Sverige har en stor utmaning i och med att det är *”fortsatt svårt att se att många av de nationella miljömålen ska kunna uppnås”*.¹¹

2.3. Regionala konsekvenser av klimatförändringarna

SMHI har, baserat på de två olika scenarierna RCP4.5 (begränsade utsläpp) respektive RCP8.5 (höga utsläpp), beskrivit hur Skånes framtida klimat förväntas förändras med anledning av klimatförändringarna. Analyserna visar en gradvis uppvärmning i det framtida klimatet för Skåne. I mitten på seklet visar båda RCP-scenarierna en uppvärmning på ca 2 grader jämfört med perioden 1961–1990. I slutet av seklet visar RCP4.5 en uppvärmning på närmare 3 grader medan RCP8.5 visar på ca 4 grader. Alla fyra årstider väntas bli varmare och den största uppvärmningen sker under vintern och sommaren, enligt RCP8.5 med upp till 5 grader för båda årstiderna, till slutet av seklet.

Enligt scenario RCP8.5 kommer värmeböljornas längd ha ökat med 8 gånger i slutet av seklet. På många håll i Skåne handlar det om ca 3 veckor i följd med värmebölja.

En varmare atmosfär innebär högre avdunstning och snabbare cirkulation vilket leder till mer nederbörd. Analyserna av årsmedelnederbörd visar större regnmängder i det framtida klimatet. Årsmedelnederbörden väntas öka med 15–25 % till seklets slut (jämfört med referensperioden 1961-1990). Förutom en ökad årsmedelnederbörd kommer även den kraftiga nederbörden att öka, där maximal dygnsnederbörd kan öka uppemot 20 procent. Nederbörden kommer att öka som mest under vintertid.¹²

Klimatförändringarna kommer även att innebära förändringar i form av havsnivåhöjning. SMHI har gjort beräkningar på havsnivåhöjningar i Sveriges olika kommuner. I Ystad kommun förväntas havsnivån enligt scenario RCP8,5 (scenario med höga utsläpp) öka med cirka 36 cm till år 2050 respektive cirka 90 cm till år 2100. För scenario RCP2,6 (scenario med lägre utsläpp) beräknas höjningen öka med cirka 32 cm till år 2050 respektive cirka 42 cm till år 2100.¹³

2.4. Behov av utbyggnad av havsbaserad vindkraft i närtid

Energimyndigheten och Naturvårdsverket antog 2021 en nationell strategi för hållbar vindkraftsutbyggnad som utgår från ett utbyggnadsbehov av vindkraft motsvarande minst 100 TWh till 2040-talet. En utbyggnad av havsbaserad vindkraft har pekats ut som en

¹¹ SCB, Uppföljning av Agenda2030 <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/indikatorer-for-hallbar-utveckling/pong/publikationer/uppfoljning-av-agenda-2030/>

¹² Ohlsson A. et. al., Framtidsklimat i Skånes län https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.95718!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Framtidsklimat_i_Sk%C3%A5ne_L%C3%A4n_Klimatologi_nr_29.pdf

¹³ SMHI, Framtida medelvattenstånd <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>

av de viktigaste bidragande faktorerna för att uppnå målet med 100 TWh vindkraft till år 2040. Kapacitetsfaktorn för havsbaserad vindkraft är hög och teknikutvecklingen av större turbiner med hög installerad effekt gör det möjligt att producera lika mycket elektricitet som ett kärnkraftverk. I EU:s strategi om havsbaserad förnybar energi för ett klimatneutralt Europa (COM (2020)0741) anges: *”Med utgångspunkt i dagens installerade havsbaserade vindkraftkapacitet på 12 GW uppskattar kommissionen att målet med en installerad kapacitet på minst 60 GW havsbaserad vindkraft och minst 1 GW havsenergi senast 2030, med sikte mot 300 GW respektive 40 GW installerad kapacitet 2050, är realistiskt och genomförbart”*¹⁴

Utbyggnadsbehovet av vindkraft på 100 TWh till 2040-talet motsvarar cirka 70 procent av dagens elanvändning. Utbyggnadsbehovet har ett samband med myndigheternas bedömning av hur mycket befintlig elproduktion som kommer att tas ur drift och hur elanvändningen kommer att utvecklas. De utgår från att elanvändningen kommer att öka med 20 TWh jämfört med idag och därmed uppgå till 160 TWh på 2040-talet. Strategin pekar också på att nya prognoser antar att elanvändningen kommer att öka ännu mer.¹⁵

Enligt Svenskt Näringslivs prognos, efter att flera stora industrisatsningar offentliggjorts under 2020/2021, förväntas elanvändningen uppgå till 240 TWh till år 2045.¹⁶

Scenarion av Svenska Kraftnät visar på ett totalt elbehov mellan 173-286 TWh vid 2045.¹⁷ Enligt Energimyndighetens scenario *Elektrifiering* ökar elanvändningen till 234 TWh vid år 2050, för övriga scenarier hamnar elanvändningen på cirka 170–178 TWh.¹⁸

Det ökade behovet av elproduktion beror i samtliga scenarier till stor del på behovet av att fasa ut fossila bränslen, till förmån för elektrifiering. Elektrifiering innebär samtidigt energieffektivisering, då klassiska förbränningsprocesser som präglas av värmeförluster ersätts med processer som drivs genom elektrisk energi, däremot måste andelen elektrisk energi i energimixen höjas avsevärt. Elektrifieringen omfattar flertalet sektorer, bl.a. transporter och industri. Läs mer om elektrifiering under avsnitt 2.5 nedan.

Befintlig vindkraft och annan befintlig elproduktion måste ersättas och det behöver tillkomma stora mängder av ny vindkraft. En viktig aspekt är att utbyggnaden av

¹⁴ Europeiska Kommissionen, En EU-strategi för utnyttja potentialen i havsbaserad förnybar energi för en klimatneutral framtid <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0741>

¹⁵ Energimyndigheten & Naturvårdsverket, Nationell strategi för en hållbar vindkraft http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

¹⁶ Svenskt näringsliv, Vad innebär en elanvändning om 240 TWh år 2045 för det svenska elsystemet? https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/4zb3wy_sn-21050-240-twh-rapportpdf_1172030.html/SN+21050+240+TWh+Rapport.pdf

¹⁷ SVK, Långsiktig marknadsanalys 2021 https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021_executive-summary.pdf

¹⁸ Energimyndigheten - Scenarier över Sveriges energisystem 2020 <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=185971>

vindkraft fördelas på ett lämpligt sätt över landet utifrån ett elförsörjningsperspektiv och med hänsyn till markanvändningsintressen.¹⁹

Inom EU antogs år 2014 ett direktiv (*Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/89/EU*) för havsplanering. Enligt direktivet ska medlemsländerna senast år 2021 ha tagit fram havsplaner. Havs- och vattenmyndigheten fick i uppdrag av regeringen att ta fram ett förslag till havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet. Detta förslag överlämnades till regeringen år 2021. Havsplanerna är en vägledning om vad som är mest lämpliga användningen av havet och ska bidra till en långsiktig hållbar utveckling som förenar näringspolitiska mål, sociala mål och miljömål. Planerna ska skapa förutsättningar för utbyggnad av havsbaserad vindkraft.^{20 21} Det finns synpunkter från bland annat Svensk vindenergi om att de inlämnade havsplanerna behöver uppdateras med hänsyn till teknikutvecklingen och att områden som utpekats som lämpliga för vindkraft är för få. På grund av teknikutvecklingen går det idag att bygga vindkraft på djupare områden, vilket havsplanerna inte tar hänsyn till.²² Detta leder till att projektörer för vindkraft idag väljer andra områden än vad som rekommenderats i havsplanerna.

I Sverige har regeringen beslutat att från och med 1 januari 2022 ändra Svenska Kraftnåts instruktion för att ge verket i uppgift att bygga ut transmissionsnätet till områden i Sveriges sjöterritorium där det finns förutsättningar för att ansluta flera elproduktionsanläggningar och där en sådan utbyggnad främjar uppfyllelsen av Sveriges mål om förnybar elproduktion.²³ Detta kommer att underlätta utbyggnaden av havsbaserad vindkraft och den framtida projektrealiseringen.

2.5. Vindkraftens klimatnytta

Elektrifiering

Elanvändningen bedöms öka betydligt de närmsta åren, vilket innebär utmaningar för kraftsystemet.²⁴ När elanvändningen ökar i Sverige behöver elproduktionen i landet byggas ut i motsvarande grad, eftersom det annars skulle krävas import av el, som skulle kunna komma från fossila källor. Det är i första hand industri- och transportsektorn som kommer att stå för merparten av tillkommande elanvändning.²⁵ Personbilar och andra lätta fordon släpper ut ca 12 miljoner ton koldioxid per år och en elektrifiering av dessa transporter skulle kräva en elproduktion på ca 12 TWh. Svensk ståltillverkning

¹⁹ Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2021, Nationell strategi för en hållbar vindkraft

http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

²⁰ Havs- och vattenmyndigheten, Havsplaneringsdirektivet <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/lagstiftning-direktiv-och-forordningar/havsplaneringsdirektivet.html>

²¹ Havs- och vattenmyndigheten, Förslag till havsplaner

<https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1b184/1604327609565/forslag-till-havsplaner.pdf>

²² Svensk vindenergi, Havsbaserad vindkraft – en nyckel till industrins omställning <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2021/12/Policyrapport-Havsbaserad-vindkraft-en-nyckel-till-industrins-omstallning.pdf>

²³ Regeringskansliet, Svenska kraftnät ska bygga för framtidens havsbaserade elproduktion

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/10/svenska-kraftnat-ska-bygga-for-framtidens-havsbaserade-elproduktion/>

²⁴ Energimyndigheten, En studie av elanvändningens utveckling per län till år 2030

<https://www.energimyndigheten.se/contentassets/ad60a337c1a74547b0a9438c50dccc4c/en-studie-av-elanvandningens-utveckling-per-lan-till-ar-2030.pdf>

²⁵ Ibid.

genererar koldioxidutsläpp på ca 5,8 miljoner ton (2016) och för att bli fossilfri bedömer industrin att ca 15 TWh el krävs för vätgasproduktion. En sådan elektrifiering, som dessa två exempel, kan innebära att 1 TWh vindkraft kan minska utsläppen av koldioxid med ca 600 000 ton. Klimatnyttan för elektrifiering är i samma storleksordning som när vindkraft ersätter kol- och gaskraft genom elexport till Europa.²⁶

När industriella verksamheter söker nya etableringsplatser är det numera en viktig faktor att den tillgängliga elen visar så låga koldioxidutsläpp som möjligt. Därav är regioner och kommuner med nästan 100 % förnybar energi från vattenkraft och vindkraft särskilt attraktiva för både nyetableringar och expansion av verksamheter.

Elexport

Samtidigt som vi ersätter fossila bränslen med el i transportsektorn och industrin, behöver vi också ställa om från fossil till förnybar elproduktion.²⁷ Regeringens klimatpolitiska handlingsplan anger: *”Klimatpolitiken ska inte utformas så att utsläppen bara flyttar någon annanstans på grund av att t.ex. industri eller andra verksamheter flyttar till länder med lägre miljökrav. Tvärtom kan Sverige bidra till minskade utsläpp även utanför Sverige genom att bidra till att klimatpolitiken kan skärpas inom EU och i andra länder, liksom genom att exportera klimatsmart energi och andra klimatsmarta lösningar.”*²⁸

Fossila bränslen såsom kol, olja och gas uppgick 2020 till 36 procent av elproduktionen i EU.²⁹ En ökad vindkraftsproduktion i Sverige, och en ökad elexport, ersätter fossil elproduktion även i Europa. Genom ökad elexport underlättar vi för länder med fossil elproduktion, vilket ökar sannolikheten att dessa länder bidrar till ett mer ambitiöst klimatmål för EU och i förlängningen det globala klimatsamarbetet.³⁰ Trots att elproduktionen från kärnkraft minskar i Sverige är Energimyndighetens prognos att elexporten år 2023 når rekordhöga 38 TWh, jämfört med 25 TWh 2020. Det beror bland annat på den kraftigt ökade produktionen från vindkraft.³¹

Den exakta CO₂-besparingen från elexporten beror på vilka antaganden som görs om hur elsystemet utvecklas på kort och lång sikt, samt vilka begränsningar som finns när det gäller överföringskapacitet, inom och mellan länder. Utsläpp av koldioxid från kolkraften är ca 780 – 1000 gram per kWh, det kan dock inte antas att all svensk

²⁶ Nätverket Vindkraftens Klimatnytta, Svensk vindkraft kan minska klimatutsläpp med 50 procent https://7f94ab9b-b2cc-453c-8243-dd17bd82407f.filesusr.com/ugd/361822_ae969621597f47cc81601981ad4eae47.pdf

²⁷ Nätverket Vindkraftens Klimatnytta, Svensk vindkraft kan minska klimatutsläpp med 50 procent https://7f94ab9b-b2cc-453c-8243-dd17bd82407f.filesusr.com/ugd/361822_ae969621597f47cc81601981ad4eae47.pdf

²⁸ Regeringskansliet, Klimatpolitisk handlingsplan <https://www.regeringen.se/4a9c81/contentassets/61f93d2abb184289a0c81c75395207b6/en-samlad-politik-for-klimatet--klimatpolitisk-handlingsplan-prop.-20192065>

²⁹ Europeiska kommissionen, Quarterly Report on European Electricity Markets https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/quarterly_report_on_european_electricity_markets_q4_2020.pdf

³⁰ Svensk vindenergi, 100 procent förnybart 2040 https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/10/Svensk_Vindenergi_F%C3%84RDPLAN_2040_rev-1.pdf

³¹ Energimyndigheten, Kortsiktsprognos – elexporten ökar kraftigt till 2023 <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/kortsiktsprognos-elexporten-okar-kraftigt-till-2023/>

elexport reducerar kolkraft. Ett antagande är däremot att 1 TWh vindkraft minskar utsläppen med omkring 600 000 ton koldioxid³². Detta antagande baseras på flera olika studier, bland annat livscykelanalyser från Vattenfall, samt analyser av North European Energy Perspectives Project som kommit fram till att svensk elexport ersätter en produktionsmix som till 70–80 procent kommer från fossilbaserade kraftverk.³³

Energiomvandling och lagring

Produktion av vätgas eller e-bränslen med hjälp av förnybar el är en omvandling av elektrisk energi till bränslen som kan lagras och transporteras. En annan form av lagring är storskaliga batterier som lagrar den elektriska energin. I bägge fall har teknikutvecklingen de senaste åren gjort stora framsteg och med ökad efterfrågan och skala har kostnader för dessa processer och teknologier hastigt sänkts.

Vätgasproduktion kan ske utan koldioxidutsläpp genom spjälkning av vatten till vätgas och syrgas genom elektrolys eller termolys. Omvandlingen används bland annat för att lagra elektrisk energi i form av vätgas. Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi lyfter fram vätgas som ett viktigt verktyg för att nå klimatmålen men också som en inriktning för nya industrisatsningar för att skapa innovationer, jobb och exportprodukter.

Vätgasstrategin visar att de idag kända vätgasprojekten i Sverige kan åstadkomma en utsläppsminskning på drygt 30 procent av Sveriges nationella koldioxidutsläpp. Utöver detta så kommer till exempel LKAB:s framtida export av järnsvamp kunna ge en reduktion utomlands som motsvarar cirka 60 procent av Sveriges totala utsläpp. Det kommer dock att krävas stora mängder fossilfri el för att producera all den vätgas som behövs på ett hållbart sätt. Det handlar om cirka 55 TWh el i de kända projekten som valt elektrolys som produktionssätt.³⁴

Havsbaserad vindkraft är en viktig leverantör av el för framställning av denna vätgas, så kallad ”grön vätgas”, där det är viktigt att framställningsprocessen baseras på förnybar energi och därmed är närmast utsläppsfri. Här blir vätgas alltså ett viktigt medium för att ställa om industriprocesser eller blir råvara till framställning av så kallade e-bränslen (exempelvis ammoniak eller metanol) för fossilfri försörjning av bränslen till industri, sjöfart och jordbruk. Industrier planerar att lagra en viss andel av deras behov av vätgas för att säkerställa tillgången för de egna processerna. Detta är också ett bidrag till stabilitet i elsystemet, då det produceras vätgas när det finns mycket el från till exempel vindkraft men man använder lagrad vätgas när elsystemet är ansträngt.³⁵

Förutom lagring av vätgas eller e-bränslen kan elektrisk energi också lagras i stora batterilager, som kan finnas både i eller i anslutning till en vindpark eller på andra nivåer i elsystemet. Utveckling av batteritekniken går snabbt och kommer troligtvis att

³² Nätverket Vindkraftens Klimatnytta, Svensk vindkraft kan minska klimatutsläppen med 50 procent <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/04/N%C3%A4tverket-Vindkraftens-klimatnytta-2019-04-16.pdf>

³³ Ibid.

³⁴ Fossilfritt Sverige, Vätgasstrategi för fossilfri konkurrenskraft <https://fossilfritt Sverige.se/wp-content/uploads/2021/01/Vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf>

³⁵ Hybrit, Nu börjar bygget av vätgaslagret i Luleå <https://www.hybritdevelopment.se/nu-borjar-bygget-av-vatgaslagret-i-lulea/>

ha en nyckelroll inom framtidens elsystem, då den förutom att möjliggöra lagring också erbjuder viktiga andra elnätstjänster såsom frekvensreglering.

Utvecklingen av dessa tekniska lösningar för energiomvandling och lagring har bland annat genom den stora efterfrågan från industrin tagit fart i Sverige och i världen, och möjliggör en stabilare och säkrare elförsörjning. Med dessa kan förnybara elproduktionsanläggningar dessutom nå en högre nyttjandegrad och en ökad flexibilitet vad gäller kraftproduktion till marknaden.

2.6. Vindkraftens klimatpåverkan

2.6.1. Vindkraftverk ur ett livscykelperspektiv

Vid elproduktionen från ett vindkraftverk uppstår i princip inga växthusgasutsläpp då inga bränslen behöver tillföras. I livscykelanalyser har det konstaterats att de utsläpp som förekommer är en följd av tillverkning, råmaterial, montering, underhåll, nedmontering och materialåtervinning. Vindkraften är sammantaget bland de kraftslagen med lägst växthusgasutsläpp.³⁶ Se stycke 2.6.2 för jämförelse med andra kraftslag.

Energi

Energi används när vindkraftverk tillverkas, vid utvinning av metaller och material, installation, transport, nedmontering och avfallshantering/återvinning. Den mängd energi som används vid dessa processer brukar jämföras med hur mycket elektricitet som produceras under vindkraftens livslängd.

När det gäller landbaserad vindkraft tar det runt ett halvår för vindkraftverket att producera den mängd elektricitet som motsvarar energianvändningen vid tillverkning, uppförande, drift och nedmontering av verket. För havsbaserad vindkraft är motsvarande siffra cirka 8 månader enligt Energimyndighetens strategi för hållbar vindkraftsutbyggnad.³⁷ I en studie från Tyskland underbyggs denna skattning men där nyanseras energiåterbetalningstiden för havsbaserad vindkraft beroende på den specifika lokaliseringen och andra variabler till mellan 4,5-10,7 månader.³⁸

Större vindkraftverk (med större installerad effekt) är mer effektiva ur detta perspektiv, då det tar kortare tid för dem att producera lika mycket elektricitet som motsvarar insatsenergin. Vindkraftverken som byggs idag är i stor utsträckning på över 4 MW,

³⁶ Energimyndigheten, Vindkraftens resursanvändning http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fomybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

³⁷ Ibid.

³⁸ Hengstler et al., Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf

vilket innebär att de producerar sin insatsenergi på 3 månader.³⁹ Vindkraftverken som byggs till havs i världen idag har i stor utsträckning en effekt på över 8 MW⁴⁰.

Tidigare uppförda vindkraftverk på land har en livslängd på mellan 20–25 år vilket betyder att verken producerar el motsvarande 20 till 100 gånger mer än den elektricitet som krävs för tillverkning, uppförande, drift och nedmontering.⁴¹ Den tekniska livslängden för havsbaserade vindkraftverk är nuförtiden cirka 40–45 år. En känslighetsanalys skapad av Hengstler et. al. (2021) visar att drifttiden på ett vindkraftverk har stor inverkan på den klimatpåverkan som orsakas av vindkraftverket. Ju kortare drifttid vindkraftverket har, desto större utsläpp per producerad kilowattimme.⁴²

Växthusgasutsläpp

Utsläppen av växthusgaser från vindkraftverken uppkommer vid tillverkning där råmaterialen bryts och förädlas, i fabriken där vindkraftverket produceras, när de sätts upp, vid underhåll och reparationer samt vid nedmontering och materialåtervinning. Genom livscykelanalys kan den samlade påverkan per kWh producerad el beräknas och jämföras med andra kraftslag. IPCC har i deras syntesrapport (AR5) sammanställt livscykelutsläpp för olika elproduktionsslag, vilket bygger på studier genomförda över hela världen. Växthusgasutsläppen räknas i form av gram koldioxidekvivalenter per kilowattimme (g CO₂e/kWh). När det gäller vindkraft är utsläppen, enligt deras studie, ca 11 g CO₂e/kWh.⁴³ Det finns även livscykelanalyser som resulterar i utsläpp av växthusgaser på mellan 7 och 56 g CO₂e/kWh för vindkraft, beroende på typ av vindkraftverk och andra förhållanden. Det är små vindkraftverk som står för det högre intervallet.⁴⁴

En tysk studies livscykelanalyser från 2021 har resulterat i växthusgasutsläpp på 7,3 g CO₂e/kWh, för ett genomsnittligt vindkraftverk till havs.⁴⁵ Även Vattenfall AB har genomfört livscykelanalyser för nyare (landbaserade) vindkraftverk, som resulterat i

³⁹ Energimyndigheten, Vindkraftens resursanvändning http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

⁴⁰ NS Energy, Yunlin Offshore Wind Farm <https://www.nsenergybusiness.com/projects/yunlin-offshore-wind-farm/>

⁴¹ Energimyndigheten, Vindkraftens resursanvändning http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

⁴² Hengstler et al., Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf

⁴³ Energimyndigheten, Vindkraftens resursanvändning http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

⁴⁴ Ibid.

⁴⁵ Hengstler et al., Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf

lägre växthusgasutsläpp, på 6–7 g CO₂e/kWh⁴⁶. Enligt IPCC genererar havsbaserad vindkraft 1 gCO₂e/kWh mer än landbaserad⁴⁷.

2.6.2. Vindkraft jämfört med andra energikällor

Jämfört med fossil elproduktion har förnybar el och kärnkraftsel runt hundra gånger lägre utsläpp per kilowattimme. När det gäller solceller, vindkraftverk och kärnkraftverk sker i princip inga utsläpp vid elproduktionen, utan utsläppen orsakas framför allt vid uppförande av anläggningarna. Det spelar därmed stor roll vilka energikällor som används vid produktion. Ett exempel är solceller som produceras i Kina där kolkraft används vid framställning och därmed orsakar dessa högre utsläpp. IPCC har genom en sammanställning påvisat att elproduktion från solceller genererar utsläpp på runt 41 g CO₂e/kWh. Utsläppen för kärnkraft och vindkraft är ca 12 g CO₂e/kWh respektive 11 g CO₂e/kWh.⁴⁸

2.6.3. Återanvändning och återvinning av vindkraftverk

I de fall då vindkraftverk monteras ned innan komponenternas tekniska livslängd är slut kan de säljas vidare i sitt fullständiga skick eller säljas komponentvis (återanvändning). Det finns en fungerande andrahandsmarknad där vindkraftverk kan renoveras för att sedan monteras upp på andra platser. Det är svårare att förutse marknaden för större vindkraftverk, men även dessa har flyttats till andra platser och detta kan vara en möjlighet för större vindkraftverk i Sverige framöver.⁴⁹

Även komponenterna som återfinns i vindkraftverken kan renoveras och säljas vidare. Andrahandsmarknad för komponenterna finns och företag erbjuder också ombyggnadsservice av komponenterna. Om det inte finns möjlighet till återanvändning är de flesta delarna i ett vindkraftverk återvinningsbara. Materialet består främst av stål och järn, även mindre delar koppar och aluminium, vilka kan återvinnas i välbeprövade processer.

Återvinning av rotorblad (som består av huvudsakligen glasfiberkomposit) är svårare då incitamenten för återvinning varit låga eftersom kostnaden för jungfruligt material är relativt låg. Redan idag används komposit för så kallad återvinning t.ex. i cementindustrin. Det finns ett flertal olika kemiska återvinningsprocesser som är under utveckling där också materialströmmar från andra användningsområden för glasfiberkomposit kan tas omhand. Specifikt för rotorblad finns det olika initiativ för att återanvända hela eller delar av rotorblad som delar i andra strukturer, t.ex. broar.^{50 51} Den europeiska branschorganisationen Wind Europe gick 2021 ut med att de vill verkställa ett branschöverskridande deponiförbud för nedmonterade rotorblad från år

⁴⁶ Vattenfall, Nya vindkraftverk ger lägre klimatavtryck <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2019/nya-vindkraftverk-ger-lagre-klimatavtryck>

⁴⁷ IPCC, AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

⁴⁸ Energimyndigheten, Vindkraftens resursanvändning http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Composites World, Amnet installs first recycled wind turbine blade-based pedestrian bridge <https://www.compositesworld.com/news/amnet-installs-first-recycled-wind-turbine-blade-based-pedestrian-bridge>

2025, vilket väntas öka investeringarna i forskning och utveckling av teknologier för återvinning.⁵²

3. VINDKRAFTSPROJEKTET TRITON

Vindpark Triton utvecklas av OX2 AB och är belägen i Östersjön utanför Skånes kust. Vindparken består av 68–129 vindkraftverk med en förväntad årsproduktion på ca 7,5 TWh.

3.1. Mål och strategier på regional nivå

Vindpark Triton ligger utanför den skånska kusten, knappt 30 km söder om Ystad i Sveriges ekonomiska zon. Enligt Skåne läns klimat- och energistrategi kan den förnybara elproduktionen i Skåne främst öka genom utbyggnad av havsbaserad vindkraft. Enligt strategin är målet att 80 procent av den totala elanvändningen i Skåne är förnybar år 2030. Strategin nämner att marknaden för havsbaserad vindkraft har utvecklats snabbt under de senaste åren och att vindkraft år 2030 kan utgöra en betydligt större del av Skånes energisystem. Enligt strategin ska Länsstyrelsen och kommunerna i Skåne förbättra förutsättningarna för vindkraft och verka för att länet är rustat för utbyggnad av havsbaserad kraftproduktion.⁵³

Elproduktionen i Skåne var år 2017 cirka 3 TWh, med vindpark Triton kan produktionen öka med 7,5 TWh.

3.2. Beräkningar av klimatpåverkan

Som nämns ovan, i avsnitt 2.3.1., så visar genomförda livscykelanalyser utsläpp av växthusgaser på mellan cirka 6 – 11 g CO₂e/kWh för vindkraft.

En havsbaserad vindpark som Triton kan antas generera 7,3 g CO₂e/kWh (baserat på en studie för ett genomsnittligt vindkraftverk till havs⁵⁴).

3.3. Beräkningar av klimatnytta

Jämförelse med nordisk och europeisk energimix

Klimatpåverkan har beräknats för elproduktionen i Norden respektive Europa, nordisk respektive europeisk mix. Dessa värden används för att jämföra klimatpåverkan från olika kraftslag, med hur elproduktionen i stort ser ut idag.

⁵² Wind Europe, Wind industry calls for Europe-wide ban on landfilling turbine blades <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/wind-industry-calls-for-europe-wide-ban-on-landfilling-turbine-blades/>

⁵³ Länsstyrelsen Skåne, Klimat- och energistrategi för Skåne <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2e0f9f621636c84402734c0d/1582108728580/Klimat-%20och%20energistrategi%20f%C3%B6r%20Sk%C3%A5ne.pdf>

⁵⁴ Hengstler et al., Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-06_cc_35-2021_oekobilanzen_windenergie_photovoltaik.pdf

Vindpark Tritons klimatpåverkan innebär utsläpp på ca 7,3 gCO₂e/kWh, vilket kan jämföras med nordisk mix (residualmix) som genererar ca 365 gCO₂/kWh⁵⁵ samt europeisk mix på 486 gCO₂/kWh.⁵⁶

CO₂-utsläppen från vindpark Tritons förväntade årsproduktion på 7,5 TWh skulle vara runt 45 gånger mindre, jämfört med att producera samma energi med nordisk mix. Jämfört med europeisk mix skulle produktionen från vindpark Triton innebära cirka 60 gånger mindre koldioxidutsläpp.

Rimlig ersättningsmix/elektrifiering

Den förväntade årsproduktionen för vindpark Triton är cirka 7,5 TWh. Med rimlig ersättningsmix kan vindpark Triton minska utsläppen av koldioxid med 4,5 miljoner ton/år. En mängd som motsvarar nästan tio gånger samtliga koldioxidutsläpp från inrikesflyget i Sverige år 2019 (477 000 ton/år).⁵⁷

Med antagandet att elförbrukningen för ett hushåll är 5000 kWh/år^{58 59}, kan vindkraftverken förse 1,5 miljoner hushåll med el, eller räcka för att driva cirka 3 miljoner elbilar (baserat på att en bil i snitt kör 1200 mil per år och att elbilen använder 2 kWh/mil).⁶⁰

Beräkningarna för rimlig ersättningsmix grundar sig på bedömningen från Nätverket vindkraftens klimatnytta (2019), av att den samlade klimatnyttan med vindkraft är i storleksordningen 600 g/kWh. Detta är en samlad bedömning utifrån flera olika studier. Läs mer under avsnitt 2.5 Vindkraftens klimatnytta.

Förklaring:

Rimlig ersättningsmix/elektrifiering = 600 g/kWh = 600 ton/GWh

7500 GWh (vindkraftens produktion) * 600 ton/GWh (klimatnytta) = 4 500 000 ton CO₂ besparing per år

Befolkningsmängden i Skåne län är ca 1 389 000 invånare⁶¹. Förutsatt att den genomsnittliga invånaren i kommunen orsakar 10 ton konsumtionsbaserade utsläpp per person och år, blir de sammanlagda koldioxidutsläppen för invånarna i Skåne län cirka 13 890 000 ton per år.⁶² Vindkraftverken i vindpark Triton kan bidra till att minska

⁵⁵ Energimarknadsinspektionen, Residualmix <https://ei.se/branch/ursprungsmarkning-av-el/residualmix> (Baserat på år 2020)

⁵⁶ AIB, Residual Mix Results https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2018/AIB_2018_Residual_Mix_Results_v1_1.pdf (Baserat på år 2019)

⁵⁷ Naturvårdsverket, Växthusgasutsläpp från inrikestransporter <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

⁵⁸ Energimarknadsbyrån, Normal förbrukning och elkostnad för villa <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/>

⁵⁹ Energimarknadsbyrån, Normal förbrukning och elkostnad för lägenhet <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-lagenhet/>

⁶⁰ Vattenfall, Räcker elen till bilarna <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/racker-elen-till-elbilarna/>

⁶¹ Regionfakta, Folkmängd <https://www.regionfakta.com/skane-lan/befolkning-och-hushall/befolkning/folkmangd-31-december-alder/>

utsläppen med cirka 4 500 000 ton CO₂ per år, vilket är cirka 32 procent av de konsumtionsbaserade utsläppen i länet.

Självförsörjningsgraden för den totala elproduktionen i Skåne län är idag 23 procent. Vindpark Triton ökar självförsörjningsgraden till cirka 81 procent.

3.4. Samlad bedömning

Etablering av vindpark Triton kommer att innebära begränsad klimatpåverkan, i form av bl.a. utsläpp som genereras under framställningen av vindkraftverkens komponenter och anläggandet av vindparken. Baserat på de beräkningar som presenterats i aktuellt underlag genererar vindkraften utsläpp av växthusgaser motsvarande cirka 8 gCO₂e/kWh.

En vindpark som Triton kan bidra till att Sverige kan uppnå sina klimatmål, det nationella behovet av havsbaserad vindkraft och riksdagens mål om helt förnybar elproduktion år 2040. Vindpark Triton kan även bidra till Skånes utbyggnadsbehov och förse länet med totalt omkring 7,5 TWh förnybar el om året, samt minska utsläppen av koldioxid med ca 4,5 miljoner ton om året.

4. REFERENSER

AIB (2019) European Residual Mixes -Results of the calculation of Residual Mixes for the calendar year 2018 https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2018/AIB_2018_Residual_Mix_Results_v1_1.pdf

Boverket (2021) Produktions- och konsumtionsbaserade utsläpp https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmannaintressen/hansyn/miljo_klimat/klimatpaverkan/positiv_negativ/produktion_konsum/

Composites World (2021) Anmet installs first recycled wind turbine blade-based pedestrian bridge. Materials. <https://www.compositesworld.com/news/anmet-installs-first-recycled-wind-turbine-blade-based-pedestrian-bridge>

Energimarknadsbyrån (2021) Normal elförbrukning och elkostnad för villa <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-villa/>

Energimarknadsbyrån (2021) Normal elförbrukning och elkostnad för lägenhet <https://www.energimarknadsbyran.se/el/dina-avtal-och-kostnader/elkostnader/elforbrukning/normal-elforbrukning-och-elkostnad-for-lagenhet/>

Energimarknadsinspektionen (2020) Residualmix <https://ei.se/bransch/ursprungsmarkning-av-el/residualmix>

Energimyndigheten (2021) Vindkraftens resursanvändning – underlag till Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Ett livscykelperspektiv på vindkraftens resursanvändning och växthusgasutsläpp

http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/vindkraftens-resursanvandning_slutversion-20210127.pdf

Energimyndigheten (2021) Kortsiktsprognos: Elexporten ökar kraftigt till 2023

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/kortsiktsprognos-elexporten-okar-kraftigt-till-2023/>

Energimyndigheten (2021) Scenarier över Sveriges energisystem 2020

<https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=185971>

Energimyndigheten (2020) En studie av elanvändningens utveckling per län till år 2030

<https://www.energimyndigheten.se/contentassets/ad60a337c1a74547b0a9438c50dccc4c/en-studie-av-elanvandningens-utveckling-per-lan-till-ar-2030.pdf>

Energimyndigheten (2019) Så kan 100 procent förnybar elproduktion se ut

<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/sa-kan-100-procent-fornybar-elproduktion-se-ut/>

Energimyndigheten & Naturvårdsverket (2021) Nationell strategi för en hållbar

vindkraft http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

EPD (2019) Certified Environmental Product Declaration EPD of Electricity from

Vattenfalls Wind Farms. <https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/15230/S-P-01435%20EPD%20Electricity%20from%20Vattenfall%20wind%20farms.pdf>

Europeiska kommissionen (2020) Quarterly Report on European Electricity Markets

https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/quarterly_report_on_european_electricity_markets_q4_2020.pdf

Europeiska kommissionen (2020) En EU-strategi för utnyttja potentialen i havsbaserad

förnybar energi för en klimatneutral framtid <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0741>

Fossilfritt Sverige (2021) Strategi för fossilfri konkurrenskraft

<https://fossilfrittssverige.se/wp-content/uploads/2021/01/Vatgasstrategi-for-fossilfri-konkurrenskraft-1.pdf>

Havs- och vattenmyndigheten (2015) Havsplaneringsdirektivet

<https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/lagstiftning-direktiv-och-forordningar/havsplaneringsdirektivet.html>

Havs-och vattenmyndigheten (2019) Förslag till havsplaner
<https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1b184/1604327609565/forslag-till-havsplaner.pdf>

Hengstler, J. et. al. (2021) Aktualisierung und Bewertung der Ökobilanzen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen unter Berücksichtigung aktueller Technologieentwicklungen. *Climate Change* | 35/2021

Hybrit (2021) Nu börjar bygget av vätgaslagret i Luleå
<https://www.hybritdevelopment.se/nu-borjar-bygget-av-vatgaslagret-i-lulea/>

IPCC (2021) AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

IPCC (2015) AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, New York: Cambridge University Press, p. 1,335.

Länsstyrelsen Skåne län (2018) Klimat- och energistrategi
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2e0f9f621636c84402734c0d/1582108728580/Klimat-%20och%20energistrategi%20f%C3%B6r%20Sk%C3%A5ne.pdf>

Ministry of Environment (2020) Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Sweden.pdf

Naturvårdsverket (u.å.) Fossila bränslen
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/omraden/klimatet-och-energin/fossila-branslen/>

Naturvårdsverket (u.å.) Vad är genomförandestöd?
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-genomforandestod/>

Naturvårdsverket (u.å.) Växthusgaser – territoriella utsläpp och upptag
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag>

Naturvårdsverket (u.å.) Växthusgasutsläpp från inrikestransporter
<https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>

NS Energy (2021) Yunlin Offshore Wind Farm
<https://www.nsenergybusiness.com/projects/yunlin-offshore-wind-farm/>

Nätverket Vindkraftens klimatnytta (2019) Svensk vindkraft kan minska klimatutsläppen med 50 procent <https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/04/N%C3%A4tverket-Vindkraftens-klimatnytta-2019-04-16.pdf>

Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axén Mårtensson, J. Nylén, L., Persson, H. och Sjökvist, E., 2015. Framtidsklimat i Skånes län – enligt RCP-scenarier. SMHI Klimatologi nr 29.

Regeringskansliet (u.å.) Parisavtalet <https://www.regeringen.se/regeringspolitik/parisavtalet/>

Regeringskansliet (2019) Regeringens proposition 2019/20:65 En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan
<https://www.regeringen.se/4a9c81/contentassets/61f93d2abb184289a0c81c75395207b6/en-samlad-politik-for-klimatet--klimatpolitisk-handlingsplan-prop.-20192065>

Regeringskansliet (2021) FN:s klimattoppmöte COP26 i Glasgow
<https://www.regeringen.se/artiklar/2021/11/fns-klimattoppmote-cop26-i-glasgow/>

Regeringskansliet (2021) Svenska kraftnät ska bygga för framtidens havsbaserade elproduktion <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2021/10/svenska-kraftnat-ska-bygga-for-framtidens-havsbaserade-elproduktion/>

Regionfakta (2021) Folkmängd <https://www.regionfakta.com/skane-lan/befolkning-och-hushall/befolkning/folkmangd-31-december-alder/>

SCB (2019) Genomförandet av Agenda 2030 i Sverige Statistisk lägesbild 2019
<https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/miljoekonomi-och-hallbar-utveckling/indikatorer-for-hallbar-utveckling/pong/publikationer/uppfoljning-av-agenda-2030/>

SMHI (2020) Framtida medelvattenstånd <https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>

SMHI (2021) Klimatförändringen är tydlig redan idag
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatet-forandras/klimatforandringarna-marks-redan-idag-1.1510>

Svensk Vindenergi (2019) 100 procent förnybart 2040 - Vindkraft för klimatnytta och konkurrenskraft https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2019/10/Svensk_Vindenergi_F%C3%84RDPLAN_2040_rev-1.pdf

Svensk vindenergi (2021) Havsbaserad vindkraft – en nyckel till industrins omställning
<https://svenskvindenergi.org/wp-content/uploads/2021/12/Policyrapport-Havsbaserad-vindkraft-en-nyckel-till-industrins-omstallning.pdf>

Svenska Kraftnät (2019) Långsiktig marknadsanalys 2021 Executive summary - Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050 https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/langsiktig-marknadsanalys-2021_executive-summary.pdf

Svenskt Näringsliv (2021) Vad innebär en elanvändning om 240 TWh år 2045 för det svenska elsystemet?

https://www.svensktnaringsliv.se/bilder_och_dokument/4zb3wy_sn-21050-240-twh-rapportpdf_1172030.html/SN+21050+240+TWh+Rapport.pdf

Vattenfall (u.å.) Räcker elen till elbilarna? <https://www.vattenfall.se/fokus/eldrivna-transporter/racker-elen-till-elbilarna/>

Vattenfall (2019) Nya vindkraftverk ger lägre klimatavtryck

<https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter/2019/nya-vindkraftverk-ger-lagre-klimatavtryck>

Vestas (2017) Life Cycle Assessment of Electricity Production from an onshore V112-3.45 MW Wind Plant

https://www.vestas.com/~media/vestas/about/sustainability/pdfs/v1123%2045mw_mk3a_iso_lca_final_31072017.pdf

Wind Europe (2021) Wind industry calls for Europe-wide ban on landfilling turbine blades <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/wind-industry-calls-for-europe-wide-ban-on-landfilling-turbine-blades/>