

## Lägg om växeln, Bilaga 1

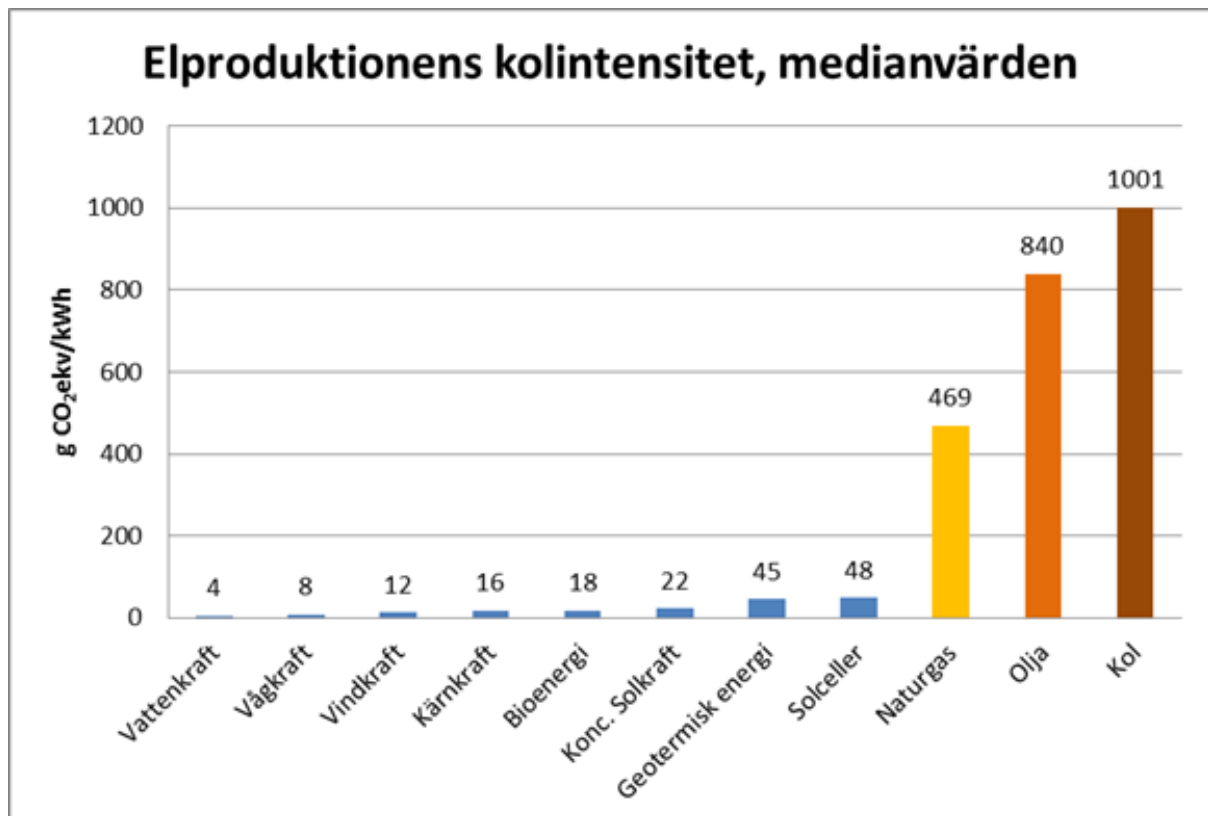
### – Utsläppsnivåer från olika energislag

**Förnybar energi** kommer från ”energikällor som direkt eller indirekt baseras på solinstrålning och därigenom fortlöpande förnyas i samma takt som de används” [15]. I Sverige brukar sol- och vindenergi, våg- och tidvattenkraft, geotermisk energi, vattenkraft och bioenergi räknas som förnybara. Internationellt kan dock bioenergi och vattenkraft ofta ifrågasättas ur klimatsynpunkt på grund av alltför höga utsläpp av växthusgaser ur ett livscykelperspektiv.

Även förnybara energikällor förbrukar fossil energi för att tillverka exempelvis metaller som ingår i energianläggningarna eller för bränsle till transporter etc. FNs klimatpanel, IPCC, har i sin specialrapport om förnybar energi [16] från 2012 listat livscykelutsläpp från olika energikällor. I typiska fall ligger medianutsläppen för förnybara energikällor under 50 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. Detta värde har också valts som gräns för hållbar energi i denna rapport.

För bioenergi varierar uppskattningarna av klimatpåverkan stort i livscykelanalyserna. Specialrapporten från FNs klimatpanel anger dock 18 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh som medianvärde för olika LCA-studier. I panelens femte huvudrapport, arbetsgrupp III, anges ett medianvärde från livscykelanalyser på 230 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. En svensk fallstudie [17] anger livscykelvärden kring 50 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. Värdet är starkt beroende av tidsperspektivet på utsläppen, vilken ”återbetalningstid” man räknar med för att den uppväxande biomassan ska binda lika mycket kol som släpptes ut vid avverkning och förbränning.

För vattenkraft varierar livscykelvärdena också kraftigt beroende på vattenkraftsdammarnas ålder, takten och omfattningen av nedbrytning av organiskt material i dammarna. [18] FNs klimatpanels femte rapport, arbetsgrupp III, redovisar livscykelvärden som varierar mellan 1 och 2200 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. [19] De högsta värdena avser dammar som dränker tropisk regnskog. För svensk vattenkraft, med gamla dammar, blir utsläppen låga. Vattenfall uppger från en egen LCA-studie ett medelvärde på 9 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh för sina svenska vattenkraftverk. [20] FNs klimatpanels specialrapport om förnybara bränslen anger ett medianvärde för vattenkraft på 4 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh från olika LCA-studier.



Källa: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation.3 Siffrorna baseras på medianvärden från en metastudie av över 50 LCA-studier.

### Livscykelutsläpp av växthusgaser från elproduktion med olika tekniker (inklusive albedoeffekter), gram CO<sub>2</sub>eq/kWh

Energikällor för elproduktion	Minimum	Median	Maximum
Kolpulver	740	820	910
Gaskombicycle	410	490	650
Bioenergi – sameldning med fossilt	620	740	890
Bioenergi – renodlad	130	230	420
Geotermisk energi	6	38	79
Vattenkraft	1	24	2,200
Kärnkraft	3.7	12	110
Koncentrerad termisk solkraft	8.8	27	63
Solceller – småskaliga anl.	26	41	60

Solceller – storskaliga anl.	18	48	180
Vindkraft på land	7	11	56
Vindkraft till havs	8	12	35

Källa: Intergovernmental Panel on Climate Change (2015, Februari), *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.

## Urvalsgrunder för företag verksamma inom olika energislag

### Kolkraft

Kolkraft stod 2015 internationellt för en tredjedel av energisektorns utsläpp av växthusgaser och 26 procent av de totala globala utsläppen. Kol används också som insatsråvara inom framförallt stålindustrin. Kolkraft har enligt uppgifter i IPCCs femte rapport, arbetsgrupp III, ett medianutsläpp på 820 gram koldioxidekvivalenter per kilowattimme producerad el. Enligt IPCCs specialrapport om förnybara energikällor ligger medianutsläppet på kring 1000 gram per kWh.

Urvalet av bolag i denna rapport bygger på rankingar av de största bolagen inom kolbrytning och kolkraft enligt Bloomberg, Thomson Reuters Eikon och Platts Top 250 Global Energy Companies.

### Olja och naturgas

Olja och naturgas används dels i transportsektorn och dels för kraftproduktion. Dessa två stod 2015 för 57 procent av växthusgasutsläppen inom energisektorn, respektive 47 procent av de totala globala utsläppen.

Gaskraft har enligt uppgifter i IPCCs femte rapport, arbetsgrupp III, ett medianutsläpp på 490 gram koldioxidekvivalenter per kilowattimme producerad el. Enligt IPCCs specialrapport om förnybara energikällor ligger medianutsläppet på kring 470 gram per kWh. För olja anger samma rapport 840 gram per kWh.

Urvalet av bolag i denna rapport bygger på rankingar av de största bolagen aktiva inom olje- och gasutvinning enligt Bloomberg, Thomson Reuters Eikon och Platts Top 250 Global Energy Companies.

### Solkraft

Solkraft kan skapas direkt från solceller eller via koncentrerad solvärme som driver en ångturbin. Båda sätten att generera el från solen kan anses vara hållbara. Livscykelutsläppen för termisk solkraft ligger på 27 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh som medianvärde enligt IPCC WGIII och 22 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh enligt IPCCs specialrapport om förnybar energi. Solceller uppges enligt samma källor ha ett livscykelutsläpp på 48 gram för storskaliga solcellsanläggningar och 41 gram för småskaliga.

Ledande solcellstillverkare och leverantörer av utrustning till termiska solkraftsanläggningar har valts ut för denna rapport utifrån rankingar i REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) och Thomson Reuters Eikon.

### Vindkraft

Vindkraftverk på land uppges av IPCC, WG III ha ett genomsnittligt livscykelutsläpp på 11 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh och havsbaserad vindkraft ett utsläpp på 12 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. Vindkraft anses därför vara en hållbar energikälla.

Ledande vindkraftsproducenter har valts ut med hjälp av REN21.

## Geotermisk energi

Elproduktion från geotermisk energi uppges av IPCC WGIII ha ett medianlivscykelutsläpp på 38 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. IPCCs specialrapport om förnybar energi uppger 45 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh om medianlivscykelutsläpp. Geotermisk energi kan därför anses vara en förnybar energikälla.

Ledande producenter av utrustning för geotermisk energi och ägare av geotermiska kraftverk har valts ut med hjälp av REN21.

## Vågkraft och tidvattenkraft

Tidvattenkraftverk finns av två slag, dels generatorer som sänks ned i tidvattenströmmar, och dels tidvattendammar med generatorer. Till större delen är båda typerna teknik under utveckling. Livscykelutsläppen ligger någonstans mellan 8 och 17 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. Tidvattenkraft kan därmed sägas vara en förnybar energikälla. Renodlade vågkraftverk befinner sig ännu för tidigt i utvecklingen för att deras livscykelutsläpp ska kunna bedömas.

Ledande ingenjörsfirmor och liknande engagerade i utveckling av tidvattenkraft har valts ut med hjälp av REN21-databasen.

## Energiprojekt inom förnybar energi

I många länder är det inte de stora elleverantörerna som står för vidareutvecklingen av förnybara energikällor. Istället är det små och medelstora företag med särskilt fokus på förnybart som driver marknadsutvecklingen. Finansiering av sådana energiprojekt har tagit med i rapporten utifrån information i Bloomberg New Energy Finance (BNEF) och LJ Global. De tio största projekten av detta slag i de berörda länderna under 2016 och 2017 har tagits med, liksom de internationellt sett största projekten kring dessa tre slag av förnybar energi.

## Undantagna delsektorer i den internationella studien

Tre delar av energisektorn har undantagits i den internationella delen av studien, kärnkraft, vattenkraft och bioenergi, även om vattenkraft och bioenergi räknats in som förnybart i den svenska delen av studien..

## Kärnkraft

Kärnkraften ses av vissa som en hållbar och ren energikälla. Den ger relativt obetydliga utsläpp av växthusgaser, är relativt billigt i drift och är en stabil energikälla. Det finns dock många kontroverser kring kärnkraften. För det första är säkerheten hos kärnreaktorer en källa till oro. Även om många länder har en relativt bra olycksstatistik, med få rapporterade händelser, så har det också inträffat incidenter, även i en skala som har potential att vara katastrofala. Dessutom finns det olösta problem kring vad man ska göra med det radioaktiva avfallet.

Nyare studier tyder på man i framtiden kommer att vara hänvisad till allt låggradigare uranmalmer för att få fram bränsle till kärnkraftverken. Det innebär att insatserna av fossila bränslen i framtiden kommer att öka i kärnbränslecykeln. Inom några decennier kan växthusgasutsläppen i kärnbränslecykeln vara i nivå med dem för koleldade eller gaseldade kraftverk.

Ytterligare risker inkluderar radioaktivt läckage och miljöskador från uranbrytning, bearbetning och transport, risken för spridning av kärnavapen, det olösta problemet med kärnavfallet och den potentiella risken för en allvarlig olycka.

IPCCs uppskattningar visar att kärnkraft har ett medianlivscykel utsläpp på 12 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh kilowattimme. På grund av de övriga potentiella negativa effekterna har investeringar i kärnkraft inte inkluderats i denna rapport.

## Vattenkraft

Vattenkraft anses vara en förnybar energikälla. Vattenkraftsprojekt är dock ofta kontroversiella, såväl storskaliga som småskaliga anläggningar har en betydande miljöpåverkan, bland annat förändringar av akvatiska livsmiljöer, samt potentiellt stor inverkan på samhällen och ekosystem nedströms dammarna.

Vattenkraften har enligt IPCC WG III-rapporten ett medianlivscykelutsläpp på 24 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. Den skulle därmed kunna anses vara förnybar. Det maximala livscykelutsläppet är dock enligt samma studie 2200 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. Detta är mer än dubbelt så mycket som det maximala livscykelutsläppet från kolkraft. Detta är det främsta skälet till att vattenkraft generellt undantagits i den internationella rapporten. I den svenska delrapporten har vi dock valt att räkna med vattenkraften som förnybar för nordiska kraftproducenter.

Som nämnts ovan i varierar livscykelvärdena kraftigt beroende på vattenkraftsdammarnas ålder, takten och omfattningen av nedbrytning av organiskt material i dammarna.[21] De allra högsta värdena avser dammar som dränker tropisk regnskog. För svensk vattenkraft, med gamla dammar, blir utsläppen låga. Vattenfall uppger från en egen LCA-studie ett medelvärde på 9 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh för sina svenska vattenkraftverk.[22] FN:s klimatpanels specialrapport om förnybara bränslen anger ett medianvärde för vattenkraft på 4 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh från ett stort antal olika LCA-studier.

## Bioenergi

Bioenergi brukar betraktas som en förnybar energikälla eftersom kolet i biomassan anses vara en del av den naturliga kolcykeln. Detta beror på att träd tar in koldioxid från atmosfären och omvandlar den till biomassa och när de dör det släpps tillbaka i atmosfären. Oavsett om träden bränns upp eller om de dör och förmultnar frigörs samma mängd koldioxid, om än med olika tidsskala. Tankegången är att om nya träd planteras istället för de som skördas för bioenergiändamål, så tar de nya träden upp kolet som produceras vid förbränningen, kolcykeln är teoretiskt i balans och inget extra kol släpps ut i atmosfären. Därför betraktas bioenergi som "koldioxidneutral".

Huruvida biomassa verkligen är koldioxidneutral beror dock på ett antal faktorer:

- vilken typ av biomassa används,
- förbränningstekniken,
- vilket fossilt bränsle som ersätts, och
- vilka skogsförvaltningsmetoder som används när biomassan skördas.

Förbränning av biomassa och fossila bränslen ger båda koldioxid. När ettåriga grödor och annan kortsiktig biomassa bränns kan det genererade koldioxiden generellt sett snabbt absorberas av växande nya växter. Men när biomassan kommer från träd, med mycket långsammare tillväxt, tar återupptaget av kol år eller årtionden, och koljämförelsen skulle därtill behöva ta hänsyn till det kol som träden skulle ha lagrat om de lämnades orörda.

En annan form av bioenergi är biodrivmedel, exempelvis etanol och biodiesel. Råvarorna kan vara sockerbetor, sockerrör, soja, palmolja, vete, majs och jatropha bland annat. Även här finns många kontroverser, bland annat frågor om livsmedelssäkerhet, avskogning, illegala avverkningsmetoder, mänskliga rättigheter och arbetsmiljöfrågor, monokulturers inverkan på ekosystem och markförstöring med mera.

På grund av dessa kontroversiella frågor kring bioenergi och biodrivmedel har bioenergin exkluderats i den internationella studien. I den svenska delstudien har vi dock valt att tagit med bioenergin för nordiska energibolag.

För bioenergi varierar uppskattningarna av klimatpåverkan stort i LCA-analyserna. Specialrapporten om förnybar energi från FNs klimatpanel anger 18 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh som medianvärde för olika LCA-studier. I panelens femte huvudrapport, arbetsgrupp III, anges ett medianvärde från livscykelanalyser på 230 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh. En svensk fallstudie[23] anger livscykelvärden kring 50 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh beroende på tidsperspektiv.

[15] <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/f%C3%B6rnybara-energi%C3%A4llor>

[16] [http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_Full_Report.pdf)

[17] [https://pub.epsilon.slu.se/2292/1/lindholm\\_e\\_100517.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/2292/1/lindholm_e_100517.pdf)

[18]

[https://www.researchgate.net/publication/316360665\\_Greenhouse\\_Gas\\_Emissions\\_From\\_Hydroelectric\\_Dams\\_in\\_Tropical\\_Forests](https://www.researchgate.net/publication/316360665_Greenhouse_Gas_Emissions_From_Hydroelectric_Dams_in_Tropical_Forests)

[19] [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, sid. 1335](#)

[20] [https://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/sustainability/reports/life\\_cycle\\_assessment.pdf](https://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/sustainability/reports/life_cycle_assessment.pdf)

[21]

[https://www.researchgate.net/publication/316360665\\_Greenhouse\\_Gas\\_Emissions\\_From\\_Hydroelectric\\_Dams\\_in\\_Tropical\\_Forests](https://www.researchgate.net/publication/316360665_Greenhouse_Gas_Emissions_From_Hydroelectric_Dams_in_Tropical_Forests)

[22] [https://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/sustainability/reports/life\\_cycle\\_assessment.pdf](https://corporate.vattenfall.com/globalassets/corporate/sustainability/reports/life_cycle_assessment.pdf)

[23] [https://pub.epsilon.slu.se/2292/1/lindholm\\_e\\_100517.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/2292/1/lindholm_e_100517.pdf)