

TRAFIK-, BYGGE- OG BOLIGSTYRELSEN

# OPDATEREDE EMISSIONSFAKTORER FOR EL OG FJERNVARME

KORTFATTET BAGGRUNDSNOTAT

ADRESSE COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW [cowi.dk](http://cowi.dk)

PROJEKTNR. A202174-001  
DOKUMENTNR. 1  
VERSION 2.1  
UDGIVELSESDATO 13.7.2020  
UDARBEJDET MIRM+JURT  
KONTROLLERET LAN  
GODKENDT LAN



## INDHOLD

1	Baggrund	2
2	Formål	3
3	Grundlag for beregningerne	3
4	Forbehold og begrænsning i brugen af data	5
5	LCA-metode	6
6	Omfang	6
6.1	Effektkategorier	6
6.2	Temporal afgrænsning	7
6.3	Geografisk afgrænsning	7
7	Antagelser	7
7.1	Varmepumper og elpatroner	7
7.2	Biomasse	8
7.3	Affald	9
7.4	Biogas	10
7.5	Geotermi	10
7.6	Vindenergi	11
7.7	Solenergi	11
7.8	Kul	12
7.9	Olie	12
7.10	Industri	12
8	Data	13
9	Beregnete emissionsfaktorer	13
10	Anbefaling	16

### 1 Baggrund

I 2016 blev der udviklet emissionsfaktorer for el- og fjernvarme på basis af den daværende energisammensætning og -fremskrivning til brug i forbindelse med beregninger i LCA-værktøjet, LCAByg.

Qua energisystemets udvikling ønsker Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen at opdatere emissionsfaktorerne for el og fjernvarme. Emissionsfaktorerne skal afspejle dagens energiforsyning og samtidig fremskrive energiforsyningen ud fra den forventede udvikling i energisammensætningen. Emissionsfaktorerne fremskrives til 2040.

Effektkategorierne fra EN15804 fra 2013 er vist i resultaterne.

Ved anvendelse af LCAByg skal brugeren kunne beregne en bygnings miljøprofil og ressourceforbrug for både nye og renoverede bygninger. Til beskrivelse af potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug i forbindelse med de anvendte byggevarer anvendes der generiske LCA-data fra den europæiske database ESUCO samt den tyske database Ökobau.dat 2013.

Da energiforbrug under drift har en forholdsvis stor betydning for en bygnings samlede potentielle miljøpåvirkninger, er det vigtigt, at LCAByg indeholder opdaterede emissionsfaktorer for dansk el og fjernvarme.

Dette notat beskriver de overordnede forudsætninger, der er anvendt i forbindelse med opdatering af emissionsfaktorerne for el og fjernvarme. Derudover angives resultaterne i form af emissionsfaktorer for el og fjernvarme for 2020, 2025, 2030, 2035 samt 2040.

## 2 Formål

Formålet med notatet og de udarbejdede emissionsfaktorer er, at emissionsfaktorerne skal kunne anvendes til følgende:

- › Sammenligning af én bygnings potentielle miljøpåvirkninger med en referencebygnings potentielle miljøpåvirkninger gennem bygningernes levetid

Der tages således forbehold for resultater ved brug af emissionsfaktorerne til andre anvendelser end den ovenfor angivne.

## 3 Grundlag for beregningerne

I forbindelse med opstart af projektet har Energistyrelsen fremsendt grundlaget for beregningerne, som præsenteres i det følgende.

Data stammer fra "Danmarks Energifremskrivning 2018".

Generelt bygger opgørelsen på de teknologier, som benyttes i dag. Det antages således, at en potentiel produktionsudvidelse vil kunne gennemføres med det eksisterende produktionsudstyr eller udstyr, der svarer hertil. Derudover ændrer virkningsgraderne for de enkelte typer af anlæg sig ikke over tid fra 2020 til 2040 ifølge oplysninger fra Energistyrelsen. Såfremt der sker en teknologiudvikling, der kan have stor indflydelse på emissionsfaktorerne, bør emissionsfaktorerne revideres.

Kraftvarme og kondens er udtryk for forskellige driftsmønstre. Ved kondens-drift produceres der udelukkende el (med en forholdsvis høj virkningsgrad). Ved kraftvarme-drift produceres der både el og fjernvarme (hvor elvirkningsgraden er lidt lavere, mens man til gengæld udnytter mere af brændslet ved samtidigt at producere fjernvarme). Virkningsgraderne for anlæggene i projektet er oplyst af Energistyrelsen.

Den første tabel - Tabel 3-1 – viser data for elproduktionen fra 2020 til 2040:

Tabel 3-1: Fordeling af elproduktion

		2020	2025	2030	2035	2040
<b>Kondens (dampturbine)</b>	Kul	8,7 %	3,6 %	0 %	0 %	0 %
	Biomasse	0,1 %	0 %	0 %	0 %	0,2 %
	Biogas	0,2 %	0,2 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
	Fuel- og gas-olie	0,2 %	0,1 %	0 %	0 %	0 %
<b>Kraftvarme (dampturbine)</b>	Kul	5,6 %	3,0 %	1,5 %	1,3 %	1,1 %
	Naturgas	3,1 %	1,8 %	0,8 %	0,6 %	0,7 %
	Fuel- og gas-olie	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
	Biomasse	18,7 %	14,5 %	10,5 %	9,1 %	8,4 %
	Biogas	1,3 %	1,1 %	0,8 %	0,8 %	0,8 %
	Affald	4,0 %	3,2 %	2,4 %	2,3 %	2,2 %
<b>Industri<sup>1</sup></b>		0,8 %	0,6 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %
<b>Vindkraft</b>		53,6 %	62,5 %	71,6 %	70,9 %	68,5 %
<b>PV</b>		3,6 %	9,3 %	11,6 %	14,4 %	17,4 %
<b>Sum</b>		100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Af denne tabel ses det, at der produceres el på en række måder. Når el produceres ved anvendelse af en dampturbine (enten ved kondensdrift eller kraftvarmedrift), kan dampturbiner betragtes ud fra en LCA-betragtning som værende samme type anlæg – blot med forskellig virkningsgrad.

Der tages således udgangspunkt i en betragtning om, at forskellen i de potentielle miljøpåvirkninger fra disse anlæg udelukkende vises via brændselstypen og virkningsgraden. Virkningsgraden er inkluderet i beregningerne, men ikke vist særskilt i dette dokument.

Den næste tabel - Tabel 3-2 – viser data for fjernvarmeproduktionen fra 2020 til 2040.

Tabel 3-2: Fordeling af fjernvarmeproduktion

		2020	2025	2030	2035	2040
<b>Kraftvarme (dampturbine)</b>	Kul	6,1 %	4,0 %	2,6 %	2,4 %	2,3 %
	Naturgas	3,7 %	2,2 %	1,3 %	1,1 %	1,4 %
	Fuel- og gasolie	0,4 %	0,4 %	0,4 %	0,4 %	0,4 %
	Biomasse	37,6 %	36,3 %	34,9 %	35,0 %	34,6 %
	Biogas	1,4 %	1,4 %	1,4 %	1,4 %	1,4 %
	Affald	18,8 %	18,3 %	18,0 %	18,3 %	18,5 %
<b>Industri<sup>2</sup></b>		3,4 %	4,0 %	4,1 %	4,2 %	4,3 %
<b>Kedel</b>	Olie	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %

<sup>1</sup> Overskudsenergi fra andre virksomheder

<sup>2</sup> Det oplyses af Energistyrelsen den 17.3.2020, at generering af fjernvarme fra industri kan antages at bestå af overskudsvarme. Derfor kan det antages, at denne overskudsvarme er 'gratis' i LCA-beregningen af emissionsfaktorer, da metoden gennemsnits-LCA anvendes.

	Naturgas	7,0 %	2,1 %	2,8 %	2,4 %	1,9 %
	Biogas	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
	Biomasse	15,4 %	16,1 %	16,6 %	16,6 %	15,8 %
	Affald	1,6 %	1,6 %	1,6 %	1,7 %	1,7 %
	<b>Varmepumper<sup>3</sup></b>	<b>1,0 %</b>	<b>7,6 %</b>	<b>7,9 %</b>	<b>8,0 %</b>	<b>7,9 %</b>
	<b>Overskudsvarme fra varmpumper<sup>4</sup></b>	<b>0,6 %</b>	<b>1,8 %</b>	<b>3,6 %</b>	<b>3,5 %</b>	<b>3,4 %</b>
	<b>Elpatroner<sup>5</sup></b>	<b>0,5 %</b>	<b>0,3 %</b>	<b>0,5 %</b>	<b>0,7 %</b>	<b>0,9 %</b>
	<b>Geotermi</b>	<b>0,3 %</b>	<b>0,3 %</b>	<b>0,4 %</b>	<b>0,4 %</b>	<b>0,4 %</b>
	<b>Solvarme</b>	<b>1,6 %</b>	<b>3,1 %</b>	<b>3,4 %</b>	<b>3,5 %</b>	<b>4,7 %</b>
	<b>Sum</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>	<b>100 %</b>

Det er valgt af Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, at der skal udvikles gennemsnitlige emissionsfaktorer for fjernvarme. Dermed vil der ikke blive taget højde for de forskelle, der måtte være imellem de enkelte fjernvarmeanlæg.

Energistyrelsen har oplyst om nettab og tab på forbrugssiden. Disse tab er i størrelsesordenen 7 % tab for elnettet og 20% for fjernvarmenettet og er indregnet i emissionsfaktorerne.

## 4 Forbehold og begrænsning i brugen af data

Med den generelle usikkerhed, der er på LCA-databaseværdier i forhold til den aktuelle situation, er det valgt at anføre begrænsninger i brugen af data, som beskrives i dette kapitel og udmøntes i formål (se kapitel 2).

Grundet rammerne i projektet har det ikke været muligt at gennemføre beregninger af de faktiske forhold i Danmark i forbindelse med denne opdatering af emissionsfaktorer. Som beskrevet i kapitel 3 er det i stedet valgt at anvende data fra LCA-databaser samt Energistyrelsens fremskrivning igennem hele den analyserede periode fra 2020 til 2040. Det vil sige, at der er tale om el- og fjernvarmeproduktion i Danmark – og dermed eksklusive import af el og fjernvarme. Dermed kan emissionsfaktorerne, der er angivet i dette dokument ikke sammenlignes med de emissionsfaktorer, der eksempelvis er udarbejdet for energinet.dk, hvor der er taget højde for import og eksport af el og fjernvarme.

Det må også understreges, at emissionsfaktorerne angivet i denne rapport ikke kan sammenlignes med de tidligere udarbejdede emissionsfaktorer for el og fjernvarme for Trafik- og Byggestyrelsen i 2016, da datagrundlaget er opdateret, hvilket vil medføre ændrede emissionsfaktorer. Særligt fremhæves det, at emissionsfaktorer for kul og træ er betydeligt ændrede. Derudover er de anførte virkningsgrader i

<sup>3</sup> Ifølge Energistyrelsen kan det antages, at luft-til-vand varmpumper anvendes med en COP på 3,4 (= virkningsgrad på 340%)

<sup>4</sup> Ifølge Energistyrelsen (mail dateret den 17.3.2020) kan det antages, at vand-til-vand varmpumper anvendes med en COP på 5 (= virkningsgrad på 500%. Energien er overskudsenergi fra anden industri.

<sup>5</sup> Energistyrelsen oplyser, at der her må antages at blive anvendt gennemsnitsel i det pågældende år. Til inkludering af de potentielle miljøpåvirkninger for gennemsnitsel det pågældende år anvendes de resultater, der er fremkommet i dette projekt for elproduktion.

de bagvedliggende emissionsfaktorer fra LCA-databasen GaBi også betydeligt ændrede.

## 5 LCA-metode

I praksis er der anvendt historiske LCA-data fra eksisterende databaser – herunder GaBi Professional version 6. Dette bevirker, at metodegrundlaget for LCA-beregningerne af emissionsfaktorer for el og fjernvarme er den, der i Danmark kendes under betegnelsen gennemsnits-LCA.

Allokering af potentielle miljøpåvirkninger mellem el og fjernvarme er inkluderet i de data, som Energistyrelsen har fremsendt inden igangsættelse af emissionsfaktorerne. Denne allokering udtrykkes bl.a. via virkningsgraderne.

## 6 Omfang

Omfanget af projektet er drøftet på møder mellem Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, SBI og COWI inden beregning af emissionsfaktorer.

Beskrivelse af omfanget er i dette kapitel afgrænset til at omhandle de valgte effektkategorier, tidsperioder (temporal afgrænsning) samt den geografiske afgrænsning.

### 6.1 Effektkategorier

Følgende effektkategorier er valgt:

- › Global opvarmning (GWP) kg CO<sub>2</sub>-ækv.
- › Nedbrydning af ozonlaget (ODP) kg R11-ækv.
- › Forsuring (AP) kg SO<sub>2</sub>-ækv.
- › Næringssaltsbelastning (EP) kg fosfat-ækv.
- › Fotokemisk ozondannelse (POCP) kg ethene-ækv.
- › Udtynding af abiotiske ressourcer, grundstoffer (ADPe) kg Sb-ækv.
- › Udtynding af abiotiske ressourcer, fossil (ADPf) MJ
- › Forbrug af vedvarende primær energi (PERE) MJ
- › Forbrug af vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer (PERM) MJ
- › Samlet forbrug af vedvarende primære energiresourcer (PERT) MJ
- › Forbrug af ikke-vedvarende primær energi (PENRE) MJ
- › Forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer (PENRM) MJ
- › Samlet forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer (PENRT) MJ
- › Forbrug af vedvarende sekundært brændsel (RFS) MJ
- › Forbrug af ikke-vedvarende sekundært brændsel (NRSF) MJ

Der tages udgangspunkt i de effektkategorier, der vises i LCAByg. Disse effektkategorier stemmer overens med kravene i EN 15804 fra 2013.

Det understreges, at ikke alle af disse effektkategorier er sammenlignelige med de tidligere udviklede emissionsfaktorer. Et eksempel herpå er sekundære brændsler,

som ikke tager udgangspunkt i de samme data og betragtninger – og som derfor ikke kan sammenlignes. Metode til kvantificering af forbrug af sekundære ressourcer er oplyst og beskrevet af Sphera, som er leverandør af GaBi (se mere side 14).

## 6.2 Temporal afgrænsning

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen har udtrykt ønske om, at emissionsfaktorerne beregnes for 2020, 2025, 2035 og 2040.

Fra 2040 og fremadrettet ønsker Energistyrelsen ikke at forudsige det danske energiscenarie og dermed udvikles emissionsfaktorerne ikke for 2040+. Dog oplyser Energistyrelsen, at deres bedste vurdering er, at man efter 2040 kan holde emissionsfaktorerne konstante, da der ikke findes forudsætninger og data, der kan anvendes til beskrivelse heraf.

Der er ikke taget højde for ændringer i den anvendte teknologi til fremstilling af el og fjernvarme. Der er således ikke taget højde for, at der i fremtiden kunne tænkes udviklet og indført nye metoder til fjernelse af SO<sub>x</sub> mv. fra røggassen.

## 6.3 Geografisk afgrænsning

Det er valgt udelukkende at beregne emissionsfaktorerne på basis af de energikilder, der anvendes i produktionen af el og fjernvarme i Danmark.

Der er således ikke indregnet potentielle miljøpåvirkninger ved eksport og import af el og fjernvarme.

Derudover er det valgt, at der udelukkende beregnes gennemsnitlige danske værdier for henholdsvis el- og fjernvarmeproduktion. Der tages således ikke hensyn til lokalspecifikke forhold og de forskelle, der måtte være mellem de enkelte energiforsyninger.

## 7 Antagelser

I forbindelse med beregningen af emissionsfaktorerne er der foretaget en række antagelser, som beskrives i dette kapitel.

### 7.1 Varmepumper og elpatroner

Der anvendes store varmpumper til fjernvarmeproduktion.

De mest anvendte typer er baseret på luft som varmekilde og har en gennemsnitlig COP<sup>6</sup> på 3,4. Varmepumper der udnytter overskudsvarme som varmekilde er mere effektive og har en COP på ca. 5,0 (anvendt som gennemsnit).

For varmpumper og elpatroner anvendes der el som input, og energioutputtet fra varmekilden anses som "gratis varme", dvs. uden miljøeffekter allokeret til selve

---

<sup>6</sup> Coefficient Of Performance

varmeproduktionen. De potentielle miljøpåvirkninger fra forbruget af el er medregnet og allokeret til varmen.

I LCA-beregningen for varmepumper er der taget højde for anlægget. Der er anvendt et 70 kW stort anlæg og antaget en levetid på 20 år. For at fordele emissionerne for varmepumpen pr. kWh, er der gjort en antagelse for brugstiden af varmepumpen, som forløber over hele opvarmingsperioden fra midt september til midt i maj. Det er antaget, at varmepumpen yder maksimal effekt i hele denne periode.

## 7.2 Biomasse

Energistyrelsen har ikke oplyst om specifikke trætyper, og derfor er der anvendt generelle data for træ til beskrivelse af træ til generering af el og fjernvarme.

Når der i en gennemsnits-LCA ses på træ, må der anlægges en betragtning om hvorvidt der er en positiv eller negativ tilvækst i træmassen.

For træpiller er størstedelen af forbruget baseret på importerede træpiller fra Estland og Letland<sup>7</sup>. I disse lande er den "stående vedmasse" stigende i en længere årrække<sup>8</sup>.

Der er usikkerheder omkring oprindelsesland for skovflis. Det oplyses af Energistyrelsen, at størstedelen er fra Danmark<sup>9</sup>.

I Danmark forsynes hjemmemarkedet med ca. 20% af det samlede behov for træ. Også her er der en markant tilvækst på 7 m<sup>3</sup>/ha<sup>10</sup>.

Der er således grundlag for at videreføre antagelsen om, at træmasse er CO<sub>2</sub> neutralt mht. den iboende carbon. Ved behandling, transport mv. opstår der miljøpåvirkninger, som indregnes i emissionsfaktorerne for el og fjernvarme. Denne grundlæggende antagelse omkring træ stemmer overens med de antagelser og valg af LCA-metode, der anvendes i DGNB-regi (ESUCO og Ökobau.dat 2013) og dermed i de øvrige emissionsfaktorer for byggevarer, der skal anvendes i LCAByg.

Jf. GaBi er emissionen af drivhusgasser fra elektricitetsproduktion ved anvendelse af biomasse på 0,025 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kWh.

Der er ikke specifikke og verificerede LCA-data om emissioner ved afbrænding af træ i LCA-databasen GaBi, hvorfor der er anvendt LCA-data fra GaBi for afbrænding af biomasse med følgende fordeling af biomassetyper:

21 procent halm, 28 procent træ, 3 procent træpiller, 12 procent træaffald, 7 procent trærester, 10 procent organisk affald, 2 procent biolie samt 17 procent kommunalt, organisk affald.

---

<sup>7</sup> <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/energistatistik-metoder-mm>

<sup>8</sup> <http://www.skovdyrkerne.dk/om-os/laes-artikler-fra-skovdyrkeren/singlevisningartikler-fraskovdyrkeren/artikel/med-skovfogeden-i-baltikum/>

<sup>9</sup> Mail fra Morten Egestrand fra Energistyrelsen til Linda Høbye fra COWI den 13.5.2020.



Inkluderet i beregningerne er produktionen, bearbejdningen og transporten af biomassen. Transporten er som udgangspunkt kun af stor påvirkning for biomassens miljøpåvirkninger pr. kWh, hvis biomassen transporteres over længere afstande, såsom hvis produktionen er oversøisk fra eksempelvis USA eller Canada.

Anlæg til afbrænding af biomasse er ikke inkluderet i beregning af emissionerne fra energi for biomasse.

### 7.3 Affald

Ifølge Energistyrelsens input til denne opgave anvendes der 2-4 procent affald til elproduktion i årene fra 2020 til 2040. Til varmeproduktion anvendes der ca. 20 procent i årene 2020-2040.

Det er normal praksis i LCA at udelade den potentielle miljøpåvirkning fra affaldsforbrænding (sættes lig 0) ud fra den LCA-baserede metodemæssige betragtning af, at belastningen ved at bortskaffe et produkt skal tilskrives produktet snarere end den proces, der anvendes til at løse affaldsproblemet.

I beregningen af emissionsfaktorer er det dog valgt at medtage emissioner på kraftvarmeværkerne som følge af affaldsforbrændingen i tråd med den metode, som energinet.dk anvender til miljødeklaration af el<sup>10</sup>.

Afbrænding af forskellige typer af affald kan give anledning til varierende potentielle miljøpåvirkninger alt afhængig af affaldssammensætningen og den fossile andel i affaldet. Udover at affaldssammensætningen kan variere betydeligt fra sted til sted og fra dag til dag, forventes det også, at sammensætningen vil variere på længere sigt. Det skyldes bl.a. at graden af sortering øges, hvorved f.eks. organisk materiale, plast samt andre fraktioner vil blive behandlet separat. Dermed reduceres mængden af bl.a. disse materialetyper i affaldsstrømmen, der sendes til forbrænding.

Da affaldssammensætning mv. ikke kendes og kan variere betydeligt<sup>11</sup> er det ikke muligt at gennemføre detaljerede beregninger af potentielle miljøpåvirkninger inden for rammerne af dette projekt.

Der forefindes udelukkende historiske LCA-data om affalds potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug ved el- og varmeproduktion. Derfor må det i dette projekt antages, at affaldssammensætningen er uændret gennem perioden fra 2020 til 2040.

Det vurderes, at de bedst egnede data stammer fra gennemsnitligt dansk husholdningsaffald. Det er endvidere valgt at anvende data fra Aarhus-anlægget for bl.a. forbrug af hjælpestoffer samt energivirkningsgrader som repræsentant for et typisk dansk anlæg.

---

<sup>10</sup> <http://www.energinet.dk/DA/KLIMA-OG-MILJØE/Livscyklusvurdering/Sider/LCA-baseret-varedeklaration-for-el.aspx>

<sup>11</sup> PSO-0213 Biogenic Carbon in Danish Combustible Waste forfattet af DTU, Force Technology m.fl.

Der angives et forbrug af el på 65,7 kWh el pr. ton afbrændt affald (svarende til 0,24 GJ). Affaldet indeholder 9,2 GJ energi pr. ton affald. Med disse to inputparametre genereres der 1,9 GJ el pr. ton affald samt 6,8 GJ fjernvarme pr. ton affald. Deraf følger potentielle miljøpåvirkninger, som skal fordeles på henholdsvis el og fjernvarme. Ifølge Energistyrelsen skal 125% metoden anvendes. Dette metodevalg medfører følgende beregninger, der danner grundlag for allokering af de potentielle, beregnede emissioner:

Brændselsforbruget fordeler sig således:

- > Andel til varmeproduktion:  $6,8 \text{ GJ} / 1,25 = 5,4 \text{ GJ}$
- > Andel til elproduktion:  $(9,2 \text{ GJ} + 0,24 \text{ GJ}) - 5,4 \text{ GJ} = 4,0 \text{ GJ}$

Fordelingen af de potentielle miljøpåvirkninger bliver da:

- > 57,6 % til varmeproduktionen
- > 42,4 % til elproduktionen

På basis af ovenstående antagelser og beregningsresultater allokeres de potentielle miljøpåvirkninger.

Anlægget er ikke inkluderet i beregningerne af emissioner fra energi ved anvendelse af affald som brændsel.

Transport af affald til forbrændingsanlæg er ikke inkluderet i beregningerne.

## 7.4 Biogas

Sammensætningen af biomasse til produktion af biogas kendes ikke af Energistyrelsen. Der er derfor anvendt en proces, som benytter et gennemsnit af den danske sammensætning af organisk materiale til bioforgasning.

Det antages, at sammensætningen biomasse, der anvendes til produktion af biogas, som igen anvendes til produktion af el og fjernvarme ikke ændres i perioden fra 2020 til 2040.

Anlægget er ikke inkluderet i beregning af emissioner fra energi genereret ved anvendelse af biogas.

## 7.5 Geotermi

Der findes p.t. kun 3 geotermianlæg i Danmark, som har vidt forskellig effektivitet – hermed forstået som forholdet mellem den mængde el-energi, der anvendes til at producere varme fra geotermi og den mængde varmeenergi, der produceres.

Det fremgår fra geotermi.dk, at der produceres mellem 10 og 20 gange så meget energi, som der anvendes til at hente varmen op af jorden. For at anlægge en konservativ betragtning, er det valgt at anvende en antagelse om, at der produceres 10 gange så meget energi, som der anvendes til at hente energien op.

Det antages, at udnyttelsesgraden af geotermi er den samme i hele tidsperioden 2020-2040.

Anlægget er ikke inkluderet i beregning af emissioner fra energi for geotermi.

For at beskrive effektiviteten af geotermi, er der anvendt oplysninger fra geotermi.dk.

## 7.6 Vindenergi

Vindenergien produceres af både land- og havvindmøller.

LCA-beregningen for landvindmøller er modelleret som en 300 MW vindpark med 182 vindmøller med en effekt på 1,65 MW hver. Vindmøllerne har en rotor diameter på 82 m og en kapacitetsfaktor på 40,8<sup>12</sup>.

Landvindmøllerne har en estimeret levetid på 20 år.

LCA-beregningen for havvindmøller er modelleret som en 300 MW vindpark med 100 vindmøller med en effekt på 3,0 MW hver. Vindmøllerne har en rotor diameter på 90 m og en kapacitetsfaktor på 54,2.

Havvindmøllerne har en estimeret levetid på 20 år.

Anlæg af vindmøllerne er inkluderet i beregning af emissioner fra energi ved anvendelse af vind som energikilde.

## 7.7 Solenergi

Solcellerne, som genererer elektricitet, er baseret på følgende teknologier:

- > 42% Mono-Silicon
- > 47% Multi-Silicon
- > 7% Cadmium-Telluride (CdTe)
- > 4% Copper-Indium-Gallium-Diselenide.

De enkelte solcelleteknologier antages at have følgende effektivitet, som er inkluderet i beregningerne:

- > Mono-Silicon: 18%
- > Multi-Silicon: 16%
- > Cadmium-Telluride (CdTe): 17%
- > Copper-Indium-Gallium-Diselenide: 15%

For at beregne hvor meget af solcelleanlæggenes miljøpåvirkning, som skal tilskrives el pr. kWh, er der taget højde for solcellernes effektivitet og det årlige

---

<sup>12</sup> Kapacitetsfaktoren er en faktor, som angiver forholdet imellem den reelle produktion af el imod den teoretiske produktion af el.

bestrålingsniveau i Danmark. Bestrålingsniveauet angiver hvor mange kWh solenergi, der rammer 1 m<sup>2</sup> overflade.

Produktion af solcelleanlæggene er inkluderet i beregning af emissioner og resourceforbrug fra solenergi.

For el er de baseret på ovenstående fordeling mellem anvendte solceller. For varme er anlægget baseret på flade solpaneler med en årlig effektivitet på 450 kWh/m<sup>2</sup><sup>13</sup>.

Der er i beregningerne antaget en levetid for solcellerne på 20 år.

## 7.8 Kul

Kul benyttes i kraftvarmeværker og kedler. Transport af kul til anlæg er inkluderet i beregningerne. Anlægget er ikke inkluderet i beregning af emissioner fra energi for kul.

## 7.9 Olie

Olie er anvendt som brændsel på kraftvarmeværker og på kedler. Der anvendes både fuelolie og gasolie. Til beregning af emissioner fra olie er der anvendt LCA-data for tung og let brændselsolie.

Transport af olie til anlæg er inkluderet i beregningerne.

Anlægget er ikke inkluderet i beregning af emissioner fra anvendelsen af olie til produktion af varme og el.

## 7.10 Industri

Den energikilde, der anvendes ved produktion af energi fra industri kendes ikke og varierer fra produktionssted til produktionssted. Denne varme betragtes som overskudsenergi, og de potentielle miljøpåvirkninger herfra er 100% allokert til den proces, hvor varmen skabes.

Overskudsenergien betragtes således som et spildprodukt, der ikke medfører potentielle miljøpåvirkninger for el- og fjernvarmeproduktionen. Det samme er gældende for tab af denne overskudsenergi i nettet.

Derudover betragtes de potentielle miljøpåvirkninger knyttet til anlæg og vedligeholdelse af transportledninger som marginale og er derfor ikke medregnet<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup> [https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/162350380/Orbit\\_394.pdf](https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/162350380/Orbit_394.pdf)

<sup>14</sup> Jf. hovedrapporten "Livscyklusvurdering af dansk el og kraftvarme" fra oktober 2000 er de potentielle miljøpåvirkninger fra anlæg marginale.

## 8 Data

I forbindelse med udvikling af emissionsfaktorerne for el og fjernvarme er data fra GaBi Professional version 6 anvendt.

Disse data fra GaBi indeholder antagelser om anlæggenes effektivitet samt nettab fra anlæg til forbruger. Da disse antagelser er inkorporerede i data, er der først regnet tilbage, hvorved tab og anlæggenes virkningsgrad er trukket ud. Dernæst er data fra Energistyrelsen indsat, hvormed de potentielle miljøpåvirkninger og ressourceforbrug repræsenterer den situation, som vi har i Danmark.

GaBi indeholder generiske data for elproduktion ved anvendelse af affald som energikilde. Der findes dog ikke LCA data for varmeproduktionen ved anvendelse af affald. Derimod er disse data fundet i EASEWASTE<sup>15</sup> i forbindelse med udvikling af emissionsfaktorer i 2016 for Trafik- og Byggestyrelsen<sup>16</sup>. Disse data tager udgangspunkt i den danske affaldssammensætning samt øvrige danske forhold. Det er derfor valgt at anvende LCA-data fra EASEWASTE til beskrivelse af de potentielle miljøpåvirkninger fra el- og varmeproduktion ved anvendelse af affald.

## 9 Beregnede emissionsfaktorer

De beregnede emissionsfaktorer for el og fjernvarme listes i dette kapitel.

Tabel 9-1: Beregnede emissionsfaktorer for el pr. kWh jf. kravene i EN 15804 fra 2013

Effektkategori	Enhed	2020	2025	2030	2035	2040
<b>Global opvarmning (GWP)</b>	kg CO <sub>2</sub> -ækv./kWh	2,64E-01	1,35E-01	4,70E-02	4,14E-02	4,03E-02
<b>Nedbrydning af ozonlaget (ODP)</b>	kg R11-ækv./kWh	4,89E-14	4,32E-14	3,65E-14	3,63E-14	3,74E-14
<b>Forsuring (AP)</b>	kg SO <sub>2</sub> -ækv./kWh	6,60E-04	4,75E-04	3,20E-04	2,83E-04	2,68E-04
<b>Nærings saltsbelastning (EP)</b>	kg fosfat-ækv./kWh	1,41E-04	1,04E-04	7,17E-05	6,34E-05	6,03E-05
<b>Fotokemisk ozondannelse (POCP)</b>	kg ethene-ækv./kWh	7,02E-05	5,01E-05	3,33E-05	2,90E-05	2,73E-05
<b>Udtynding af abiotiske, grundstoffer (ADPe)</b>	kg Sb-ækv./kWh	9,24E-08	1,13E-07	1,21E-07	1,28E-07	1,37E-07
<b>Udtynding af abiotiske, fossile ressourcer (ADPf)</b>	MJ/kWh	2,75E+00	1,40E+00	4,72E-01	4,10E-01	4,06E-01
<b>Forbrug af vedvarende primære energiresourcer (PERE)</b>	MJ/kWh	6,69E+00	6,33E+00	5,91E+00	5,68E+00	5,56E+00
<b>Forbrug af vedvarende primær energi anvendt som råmaterialer (PERM)</b>	MJ/kWh	2,76E-01	2,17E-01	1,64E-01	1,52E-01	1,49E-01
<b>Samlet forbrug af vedvarende primære energiresourcer (PERT)</b>	MJ/kWh	6,92E+00	6,52E+00	6,05E+00	5,81E+00	5,69E+00

<sup>15</sup> Den nuværende version af værktøjet hedder EASETECH. Den tidligere version var navngivet EASEWASTE. Se mere på: <http://www.easetech.dk/>

<sup>16</sup> Anvendt beregningsmetode: Ecolndicator

Forbrug af ikke-vedvarende primær energi (PENRE)	MJ/kWh	2,78E+00	1,42E+00	4,84E-01	4,22E-01	4,17E-01
Forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer (PENRM)	MJ/kWh	7,94E-02	6,29E-02	4,81E-02	4,49E-02	4,40E-02
Samlet forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer (PENRT)	MJ/kWh	2,85E+00	1,48E+00	5,31E-01	4,66E-01	4,61E-01
Forbrug af sekundære materialer (SM)	kg/kWh	6,16E-04	4,88E-04	3,73E-04	3,49E-04	3,41E-04
Forbrug af vedvarende sekundært brændsel (RFS) <sup>17</sup>	MJ/kWh	6,58E-04	5,14E-04	3,88E-04	3,61E-04	3,53E-04
Forbrug af ikke-vedvarende sekundært brændsel (NRSF) <sup>18</sup>	MJ/kWh	3,61E-08	2,09E-08	1,10E-08	9,63E-09	9,28E-09

Tabel 9-2: Beregnede emissionsfaktorer for fjernvarme pr. MJ jf. EN15804 fra 2013

		2020	2025	2030	2035	2040
Effektkategori	Enhed					
Global opvarmning (GWP)	kg CO <sub>2</sub> -ækv./MJ	3,65E-02	2,44E-02	1,98E-02	1,91E-02	1,89E-02
Nedbrydning af ozonlaget (ODP)	kg R11-ækv./MJ	2,75E-14	2,90E-14	2,88E-14	2,93E-14	2,96E-14
Forsuring (AP)	kg SO <sub>2</sub> -ækv./MJ	1,42E-04	1,33E-04	1,28E-04	1,28E-04	1,27E-04
Næringssaltsbelastning (EP)	kg fosfat-ækv./MJ	2,97E-05	2,80E-05	2,71E-05	2,72E-05	2,69E-05
Fotokemisk ozondannelse (POCP)	kg ethene-ækv./MJ	1,45E-05	1,34E-05	1,29E-05	1,29E-05	1,27E-05
Udtynding af abiotiske, grundstoffer (ADPe)	kg Sb-ækv./MJ	6,92E-09	6,97E-09	6,96E-09	7,07E-09	7,09E-09
Udtynding af abiotiske, fossile ressourcer (ADPf)	MJ/MJ	4,00E-01	2,39E-01	1,86E-01	1,75E-01	1,72E-01
Forbrug af vedvarende primær energi (PERE)	MJ/MJ	9,38E-01	9,15E-01	9,01E-01	9,07E-01	8,96E-01
Forbrug af vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer (PERM)	MJ/MJ	1,61E-01	1,56E-01	1,53E-01	1,56E-01	1,57E-01
Samlet forbrug af vedvarende primære energiresourcer (PERT)	MJ/MJ	1,08E+00	1,06E+00	1,04E+00	1,05E+00	1,04E+00
Forbrug af ikke-vedvarende primær energi (PENRE)	MJ/MJ	4,02E-01	2,41E-01	1,88E-01	1,76E-01	1,74E-01
Forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer anvendt som råmaterialer (PENRM)	MJ/MJ	4,78E-02	4,64E-02	4,58E-02	4,67E-02	4,72E-02

<sup>17</sup> RFS er baseret på brændværdier for halm, træpiller, træflis, træaffald og affald.

<sup>18</sup> Måden man beregner forbrug af sekundære brændsler på, er at man kun ser på mængden af sekundære brændsler i forgrundssystemet, og altså ikke baggrundssystemet jf. samtale med Sphera den 14.5 2020, som har udviklet de anvendte LCA-data. Mængden af sekundære ikke fornybare ressourcer er af den årsag sat til 0, da den ikke beregnes i baggrundsprocessen som er anvendt.

<b>Samlet forbrug af ikke-vedvarende primære energiresourcer (PENRT)</b>	MJ/MJ	4,46E-01	2,85E-01	2,33E-01	2,22E-01	2,21E-01
<b>Forbrug af sekundært materiale (SM)</b>	kg/MJ	1,02E-05	9,46E-06	9,75E-06	1,04E-05	1,10E-05
<b>Forbrug af vedvarende sekundært brændsel (RFS)</b>	MJ/MJ	2,62E-05	1,96E-05	1,50E-05	1,46E-05	1,48E-05
<b>Forbrug af ikke-vedvarende sekundært brændsel (NRSF)</b>	MJ/MJ	3,70E-04	3,59E-04	3,55E-04	3,61E-04	3,64E-04

## 10 Anbefaling

Det er af COWI valgt at inkludere en anbefaling fordi rammerne for projektet ikke har muliggjort en lidt dybere afdækning af nogle forhold såsom:

- › Vurdering af de potentielle miljøpåvirkninger fra affaldsforbrænding. Hvordan ændres affaldssammensætningen fra 2020 til 2040? Hvordan ændres de potentielle miljøpåvirkninger som følge af ændret affaldssammensætning?  
Det er af stor betydning, at de potentielle miljøpåvirkninger fra affald er korrekt beskrevet, da affald udgør en stor andel af den samlede mængde energi, der anvendes til produktion af fjernvarme. Hvis emissionerne skal beskrives mere præcist, er det af stor betydning, at affaldssammensætningen er beskrevet og at der er tilstrækkelige LCA-data i GaBi til at modellere emissionerne ved afbrænding af affaldet.
- › Tredjepartsverificering af data
- › Beregning af specifikke potentielle miljøpåvirkninger fra forskellige typer af biomasse såsom halm, træflis mv. I beregningerne af emissionsfaktorer er der anvendt generelle data for anvendelse af biomasse, da der ikke forefindes generiske data for el- og fjernvarmeproduktion ved anvendelse af specifikke biomassetyper i GaBi. Da andelen af biomasse øges i årene fremover, bliver det stadig mere vigtigt at de potentielle miljøpåvirkninger fra denne energikilde beskrives mere detaljeret og dermed med større nøjagtighed.

Det anbefales desuden at opdatere alle emissionsfaktorer med et interval på 5 år som minimum. Denne anbefaling er i tråd med anbefalingerne i de relevante ISO- og europæiske standarder indenfor LCA-området.