

# Elektrificering af Fødevareindustrien

Vurdering af potentiale for  
elektrificering af dansk fødevareindustri

Brian Elmegaard, Maria Mondejar Montagud,  
Nasrin Arjomand Kermani, Jonas Kjær Jensen,  
Fridolin Müller Holm, Jette Ellegaard Vejen



Februar 2021



## Forord

I den danske fødevareindustri er over halvdelen af energiforbruget i dag baseret på fossilt brændsel. Mange industrielle processer vil kunne omlægges fra fossilt brændsel til elektricitet og derigennem både reducere energiforbruget og fortrænge en stor mængde CO<sub>2</sub>. Elektrificering af Fødevareindustrien vil derfor være en afgørende brik til at sikre, at fødevarerprodukterne reelt bliver grønne og derigennem sikre dansk fødevareindustri konkurrenceevne på kort og lang sigt. Desuden vil fødevareindustrien med elektrificering af produktionen aktivt bidrage til at indfri Danmarks ambitiøse klimamålsætning.

Projektet **Elektrificering af Fødevareindustrien** har til formål at demonstrere, gennem 20 konkrete cases på udvalgte danske fødevarevirksomheder, hvordan elektrificering af produktionsprocesser kan understøtte den grønne omstilling af fødevareindustrien og derved styrke dansk industri konkurrenceevne og fremme eksporten af danske grønne produkter, teknologier og løsninger.

Virksomhederne i industrien påvirkes i høj grad af hinandens erfaringer, og projektets formål er derfor også at få casene synlige for resten af fødevareindustrien.

Denne rapport er udarbejdet som grundlag for projektet. Den giver et bud på, hvor stort potentialet for elektrificering af den danske fødevareindustri helt konkret er. Desuden har rapportens resultater bidraget til at konkretisere de temaer, som projektet er bygget op omkring. Fokus for projektet ligger således på de produktionsprocesser, hvor potentialet for elektrificering og reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen er størst.

Projektet **Elektrificering af Fødevareindustrien** støttes økonomisk af Industriens Fond og gennemføres i samarbejde mellem Dansk Industri, Landbrug & Fødevarer, Dansk Energi, DTU og Viegand Maagøe A/S.





## Resumé

### Rapporten præsenterer en analyse af potentialet for at omstille den danske fødevarerindustri til at anvende el som energikilde til opvarmning i processer.

Analysen i rapporten viser, at den danske fødevarerindustri vil kunne opnå produktion uden CO<sub>2</sub>-udledning fra branchens energianvendelse under forudsætning af, at det danske el system bliver fuldt omstillet til vedvarende energikilder.

Rapporten konkluderer, at den nuværende anvendelse af energi i fremstillingsprocesser i fødevarerindustrien omfatter 23 PJ årligt. Af dette er omkring 1/3 allerede el, som anvendes til at drive pumper, køleanlæg, ventilation, elmotorer mm. De resterende 2/3 anvendes til opvarmningsformål i stor udstrækning til diverse varme- og kogeprocesser ved temperaturer fra 60 °C til 100 °C og til tørreprocesser helt op til 200 °C.

Ved at elektrificere vil bare 0,5 PJ fortsat kræve anvendelse af fossilt brændsel, hvilket f.eks. vil kunne forsynes med en grøn gas i stedet. De resterende knapt 15 PJ vil kunne elektrificeres. Dette kan i stort omfang ske med varmepumper, hvorved det endelige energibehov kan sænkes til 6 PJ - 8 PJ afhængig af den anvendte varmepumpeteknologi og udviklingen i denne i de kommende år. Derfor kræver fødevarerindustriens elektrificering ikke en tilsvarende udbygning af kapaciteten i el systemet, som den kapacitetsudbygning, der erstattes i et gasbaseret system.

Analysen i rapporten er baseret på en opdatering af tidligere udviklede modeller for energianvendelsen på brancheniveau for den samlede fremstillingsindustri. Denne model er baseret på data fra Danmarks Statistik bearbejdet af Viegand Maagøe. Modellen er tidligere udviklet til at omfatte temperaturmæssige behov og fordelinger og overskudvarmefordeling for de 22 væsentligste industribrancher. Dette har tillige været anvendt til en kortlægning af elektrificeringspotentialet for hele industrien.

I dette projekt er modellen blevet udvidet med fokus på fødevarerindustrien. Den er udvidet til at omfatte alle ni fødevarerbrancher og data for disse er opdateret til 2017. Desuden er de eksisterende tal for 2012 og data fra 2018 anvendt for sammenligning. I modelleringen er der anvendt estimater og vurderinger for at definere energianvendelsen på det ønskede detaljeringniveau. Dette er en kilde til usikkerhed i analysen og skal tages med i betragtning for vurdering af resultaterne. Desuden er analyserne foretaget på brancheniveau, hvilket ikke vil kunne relateres direkte til en given industriproduktion. Modellen er anvendt til at kortlægge energianvendelse på branche-, temperatur-, og anvendelsesniveau.

Modellen er anvendt til at vurdere potentialet for at omstille fødevarerindustriens energianvendelse til opvarmningsformål ud fra en teknisk betragtning, idet det forudsættes, at det danske elsystem omstilles til at anvende vedvarende energikilder uden udledning af CO<sub>2</sub>. I analysen er potentialet for varmepumpeanvendelse analyseret ud fra en vurdering af potentiale for genvinding af overskudsvarme som varmekilde, og ved at antage en Lorenzvirkningsgrad på 45 %. Modellen tager hensyn til tilfælde, hvor omgivelser må anvendes som varmekilde, og hvor temperaturniveauet er for højt for anvendelse af varmepumper, således at direkte el opvarmning anvendes i stedet. Der er ikke set på konvertering til andre typer af processer, hvor en tilsvarende produktion vil kunne udføres uden opvarmning.



## Vurdering af potentiale for elektrificering af dansk fødevareindustri

Rapport  
2021

### Af

Brian Elmegaard, Maria Mondejar Montagud, Nasrin Arjomand Kermani, Jonas Kjær Jensen (DTU Mekanik)  
Fridolin Müller Holm, Jette Ellegaard Vejen (Viegand Maagøe A/S)

Maria E. Mondejar Montagud afgang ved døden 14. februar 2021. Efter de øvrige forfatteres opfattelse har Maria bidraget til rapportens tilblivelse i et væsentligt omfang, hvilket begrundes at hun indgår som forfatter, uanset at hun ikke har haft mulighed for at se den endelige udgave af rapporten.

**Copyright:** Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

**Forsidefoto:** Photo by Artem Beliaikin on Unsplash, <https://unsplash.com/@belart84>

**Udgivet af:** DTU, Institut for Mekanisk Teknologi,  
Nils Koppels Allé, Bygning 403,  
2800 Kgs. Lyngby  
[www.mek.dtu.dk](http://www.mek.dtu.dk)

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Metode</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Konklusion</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Referencer</b>	<b>16</b>



## 1 Introduktion

**Med Folketingets vedtagelse af Klimaaftale for energi og industri mv. 2020 [Anonym (2020)] i juni 2020 er det besluttet, at det danske samfund i 2030 skal have reduceret drivhusgasudledningen med 70 % i forhold til 1990-niveauet, og at klimaneutralitet skal opnås senest i 2050.**

Energianvendelse i danske produktionserhverv var i 2019 på 127 PJ, hvilket var årsag til 4,7 mio. tons eller 21 % af udledningen af CO<sub>2</sub> relateret til energianvendelse. Af dette var langt størstedelen 89 PJ og 4,0 mio. tons CO<sub>2</sub>-udledning relateret til industriens energianvendelse [Energistyrelsen (2020)]. Der er dermed et væsentligt behov for, at industriens udledning af CO<sub>2</sub> sænkes drastisk inden for en kort årrække.

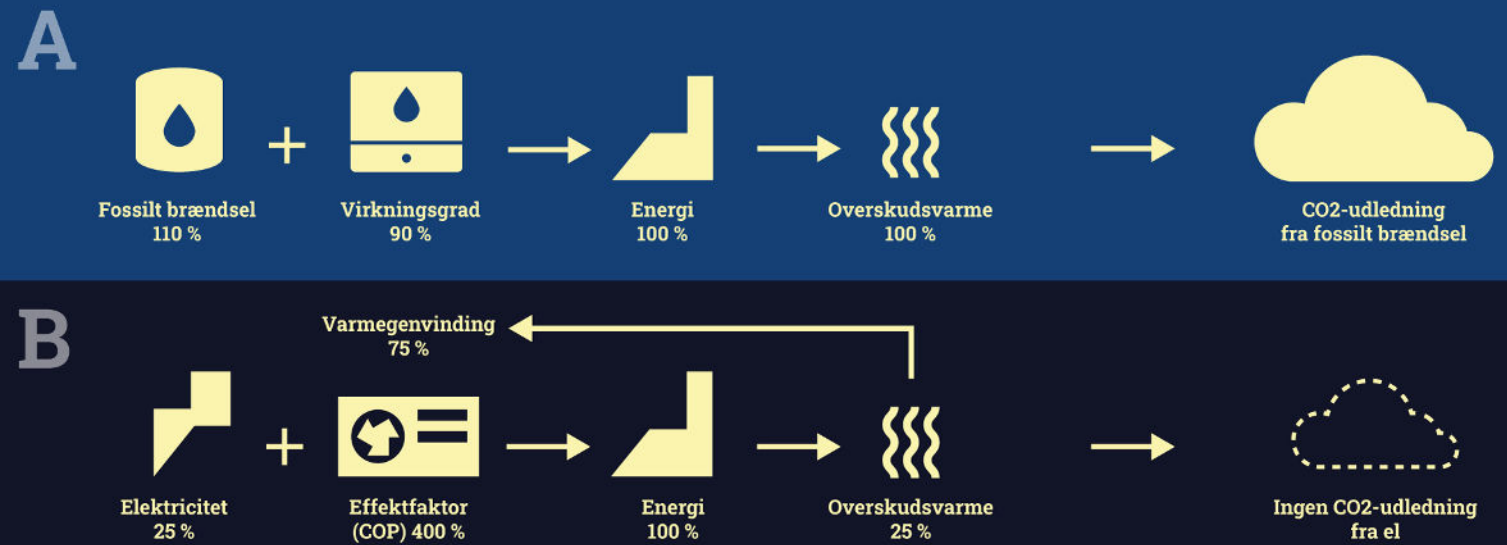
I det arbejdet er det forudsat at der vil være en konstant produktion i dansk fødevareindustri fremover.

Et væsentligt element af denne omstilling vil være at udnytte den forventede ekspansion af vedvarende energi i elsystemet ved udbygning med både vindkraft, solceller og øget anvendelse af biomasse og biogas – og dermed elektrificere industriens energianvendelse mest muligt.

Projektet Elektrificering af Fødevareindustrien demonstrerer helt konkret gennem 20 cases på udvalgte danske fødevarevirksomheder, hvordan elektrificering af produktionsprocesser kan gennemføres i praksis, og dermed hvordan potentialet for elektrificering kan udmøntes. Sammen med denne rapport om potentialet for elektrificering, er der i projektet Elektrificering af Fødevareindustrien udarbejdet en rapport, som beskriver de teknologiske løsninger, herunder både dem der allerede er tilgængelige på markedet og dem der endnu er i en udviklingsfase.

Ved at anvende el opnås ikke bare konvertering væk fra fossilt brændsel til energikilder uden CO<sub>2</sub>-udledning, men også mulighed for høj virkningsgrad i energianvendelsen, f.eks. ved at anvende varmepumper. Disse karakteriseres med effektfaktoren (Coefficient of Performance COP), som angiver varmeydelse i forhold til elforbrug, hvilket oftest er i størrelsesordenen 3 til 6, men kan være væsentligt højere. Der kan dermed også opnås energibesparelser og økonomiske gevinster ved elektrificering.

Figur 1 illustrerer en traditionel proces, der anvender fossilt brændsel i en kedel med 90 % virkningsgrad, hvilket leder til, at al den tilførte energi afgives som overskudsvarme og CO<sub>2</sub>-udledning. Hvis industrien i stedet anvender en varmepumpe, som vist nedenunder, udnyttes overskudsvarmen fra processen til kilde for varmepumpen – i dette tilfælde eksemplificeret med en COP på 4. På denne måde reduceres overskudsvarmen med 75 %, og CO<sub>2</sub>-udledningen elimineres helt under forudsætning af, at den tilførte el er produceret med vedvarende energikilder.



Figur 1 Illustration af potentialet for varmepumper i industriprocesser. Øverst proces med traditionel kedel som anvender fossilt brændsel med 90 % virkningsgrad. Nederst proces med varmepumpe som anvender el baseret på vedvarende energi.

Elektrificering af industriprocesser udføres på flere måder. Følgende fire klassificeringer anvendes:

1. Indirekte elektrificering i form af Power-2-fuel: Ved produktion af alternative brændsler ud fra el kan den industrielle proces fortsætte som hidtil, men elektrificering er indirekte og effektiviteten vil være lav.
2. Central Power-2-heat: Industriprocessens varmeinstallation kan udskiftes med varmepumper eller en elkedel, hvorved selve industriprocessen ikke påvirkes nævneværdigt.
3. Decentral Power-2-heat: Enkelte dele af processen kan omstilles eksempelvis med varmepumper, hvorved potentialet for at finde velegnede kilder fra overskudsvarme vil være større. Dette vil potentielt bidrage til at begrænse tab fra varmesystemet.
4. Enhedsoperation Power-2-X: Enkelte enhedsoperationer vil kunne konverteres til eldrevne processer og hermed helt undlade opvarmning og afkøling, hvorved der potentielt kan opnås endnu højere effektivitet end med varmepumper. Et stort antal processer baseret på membranteknologi, højt tryk, UV-bestråling, elektromagnetiske felter, ohmsk opvarmning findes tilgængelige på forskelligt niveau. Disse er opgjort i en anden del af forarbejdet i projektet [Mondejar, M. E., Jensen, J. K., Elmegaard, B. (2020)].

Den samlede energianvendelse i industrien er kortlagt ud fra tal fra Danmarks Statistik ved anvendelse af metoder udviklet af Viegand Maagøe for Energistyrelsen [Sørensen, L. H., & Petersen, P. M., (2015)].

Ud fra erfaringer, interviews og analyser er energianvendelsen i fremstillingsvirksomheder fordelt på 40 brancher. Af disse ligger ni brancher inden for fødevarerindustrien, nemlig: Slagterier, Fiskeindustri, Mejerier, Bagerier, brødfabrikker mv., Fremstilling af færdige foderblandinger, Fremstilling af sukker, Øvrig anden fødevarerindustri, Drikkevarerindustri, Tobaksindustri.

Samlet set udgjorde disse ni branchers energibehov 26 PJ/år, svarende til 27 % af hele den danske industris energianvendelse. I denne sammenhæng ses på den endelige energianvendelse, hvilket er den energi som tilføres til industrien udefra. Noget af denne er f.eks. el, brændsel til rumvarme og brændstof til køretøjer, men den største del er brændsel som anvendes til opvarmningsformål i fremstillingsprocesser.



Kortlægningen er også fordelt på energiens anvendelse inden for hver branche. For procesvarme er der defineret otte forskellige slutanvendelser:

1. Opvarmning/kogning (inklusive pasteurisering, blanchering, ekstraktion, sterilisering, rengøringsvand til produktionsanlæg, vask af råvarer, varme tanke og rør)
2. Tørring (inklusive bagning og tørring/hærdning af lak)
3. Inddampning
4. Destillation (inklusive deodorisering)
5. Brænding/sintring
6. Smeltning/støbning (inklusive varme af smeltede materialer, plaststøbmaskiner og varmelegemer i ekstrudere)
7. Anden procesvarme op til 150 °C (inklusive hærdning af stål, hærdning af betonelementer, afspændingsovne, svideovne)
8. Anden procesvarme over 150 °C (inklusive hærdning af stål, hærdning af betonelementer, afspændingsovne, svideovne).

Desuden er tab ved konvertering og transport af energi opgjort separat.

Procesvarme anvendes i fødevareproduktion i stor udstrækning ved temperaturniveauer, som er egnede til varmepumpeanvendelse, hvilket understøttes af den videre bearbejdning af datagrundlaget i to publikationer fra tidligere arbejde. I [Bühler, F. et al. (2015), Bühler, F. et al. (2016), Bühler, F. (2018)] er de 22 brancher med de højeste energianvendelser analyseret mere detaljeret. Ud fra branchens energianvendelse og dens fordeling på anvendelser er både energibehov og overskudsvarme fra processerne fordelt. Ved også at modellere COP for varmepumper afhængig af temperaturløftet [Bühler et al. (2019)] og at analysere den tekniske status i form af markedsmodenhed og udbredelse for varmepumper er muligheden for anvendelse af disse analyseret.

Den samlede opgørelse af potentialet for elektrificering af dansk industris anvendelse af brændsel til procesvarme viser, at det nuværende niveau på 62 PJ/år kan konverteres til 8 PJ/år brændsel ved samtidig at elektrificere og anvende 32 PJ/år el med en konservativ teknologivurdering, eller helt ned til 6 PJ/år brændsel og 28 PJ/år el med en bedre teknologivurdering. Med teknologivurdering menes vurderingen af udviklingen af den specifikke teknologi i de kommende år.

For fødevareindustrien er nogle brancher inkluderet i kortlægningen. For disse er potentialet endnu højere, således at 12 PJ/år kan omstilles til under 1 PJ/år brændsel og mellem 5 PJ/år og 6 PJ/år el. Forskellen mellem den nuværende energianvendelse og den der anvendes efter elektrificering skyldes udnyttelse af varmepumpe-teknologi.

Disse analyser har dannet grundlag for nærværende potentialekortlægning for hele fødevareindustrien inklusiv alle ni fødevarebrancher.

## 1.1 Problemformulering

Formålet med denne del af projektet har været at besvare: Hvad er potentialet for elektrificering af den danske fødevareindustri?

Arbejdet er baseret på en opdatering af modeller for tidligere år og udvidelse af disse til at omfatte alle relevante brancher i erhvervskortlægningen. Analyserne er begrænset til varmepumper og direkte el opvarmning på proces- og enhedsniveau. Der er altså ikke set på indirekte konvertering ud fra el baserede brændsler. Der er heller ikke set på alternative processer, hvor opvarmningsprocesser erstattes af andre metoder.



## 2 Metode

Analyserne er baseret på modeller implementeret som regneark i Microsoft Excel.

Udgangspunktet er en model som implementeret i [Sørensen, L. H., & Petersen, P. M., (2015)] baseret på data fra Danmarks Statistik. For dette projekt er modellen blevet opdateret til at benytte data for de ni fødevarerbrancher for 2017 frem for de oprindelige tal for 2012. Desuden er tal for 2018 medtaget for sammenligning. Analysen er tillige udvidet til også at omfatte biogasanvendelse.

Modellen angiver energianvendelse for hele erhvervslivet på brancheniveau og fordelt efter både anvendelse og energikilder. I analyserne er anvendelse til fremstillingsprocesser blevet udtaget fra kortlægningen.

Resultater fra kortlægningsmodellen er i arbejdet fra [Bühler, F. et al. (2015), Bühler, F. et al. (2016), Bühler, F. (2018)] blevet fordelt på temperaturniveau – både relateret til anvendelse og til overskudsvarme afgivet fra processen efter anvendelse. Dermed er der opnået en detaljeret model for energianvendelsen i de enkelte brancher. Denne har været anvendt til at analysere 22 brancher med et højt energibehov. Det er brancherne Slagterier, Mejerier, Fremstilling af færdige foderblandinger, Fremstilling af sukker og Øvrig anden fødevarerindustri, I denne analyse er de resterende fødevarerbrancher Fiskeindustri, Bagerier, brødfabrikker mv., Drikkevarerindustri samt Tobaksindustri tilføjet til modellen.

Både for de tilføjede og for de eksisterende brancher er estimater for temperaturniveauer og fordelinger mellem disse angivet og vurderet for at sikre resultaternes kvalitet.

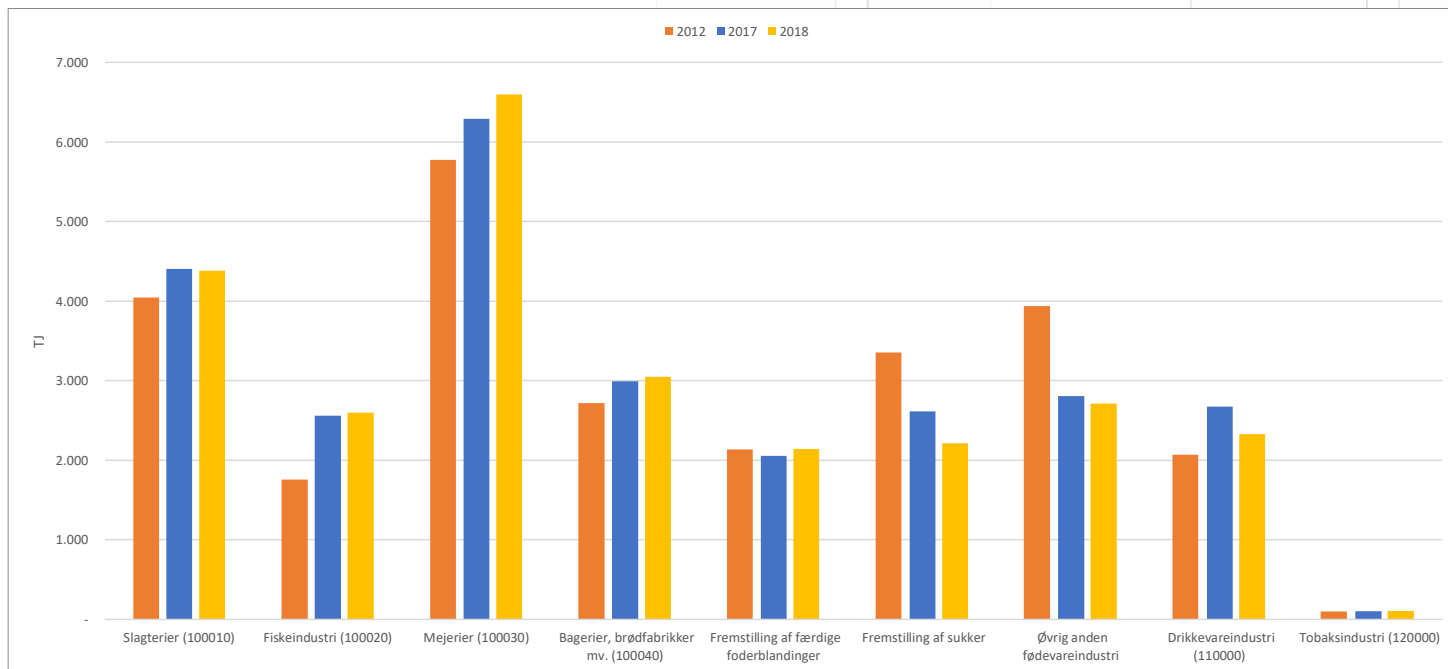
For beregninger baseret på varmepumper er potentialet for udnyttelse af overskudsvarme analyseret ud fra hvilken energibærer, der anvendes og hvilke temperaturniveauer, som er tilgængelige [Bühler, F. et al. (2019)]. Der er antaget en temperaturforskel mellem kilde og behov og varmepumpens medie. Effektfaktor (COP) for varmepumper er estimeret ud fra en Lorenzvirkninggrad på 45 % mellem kilde og behov. Denne er givet ved:

$$COP = \eta_{\text{Lorenz}} \frac{\bar{T}_{\text{behov}}}{\bar{T}_{\text{behov}} - \bar{T}_{\text{kilde}}}$$

For anvendelser hvor overskudsvarme ikke er tilgængeligt, er omgivelser anvendt som varmekilde. For processer – primært tørring – hvor damp kan anvendes som varmebærer, er der analyseret om Mekanisk damprekompresion (ofte benævnt MVR for Mechanical Vapor Recompression) kan anvendes med fordel. For øvrige processer er der set på direkte el opvarmning. Konvertering til andre typer af processer, hvor opvarmning potentielt kan erstattes med andre processer med samme produktionsmæssige resultat, ikke er analyseret.



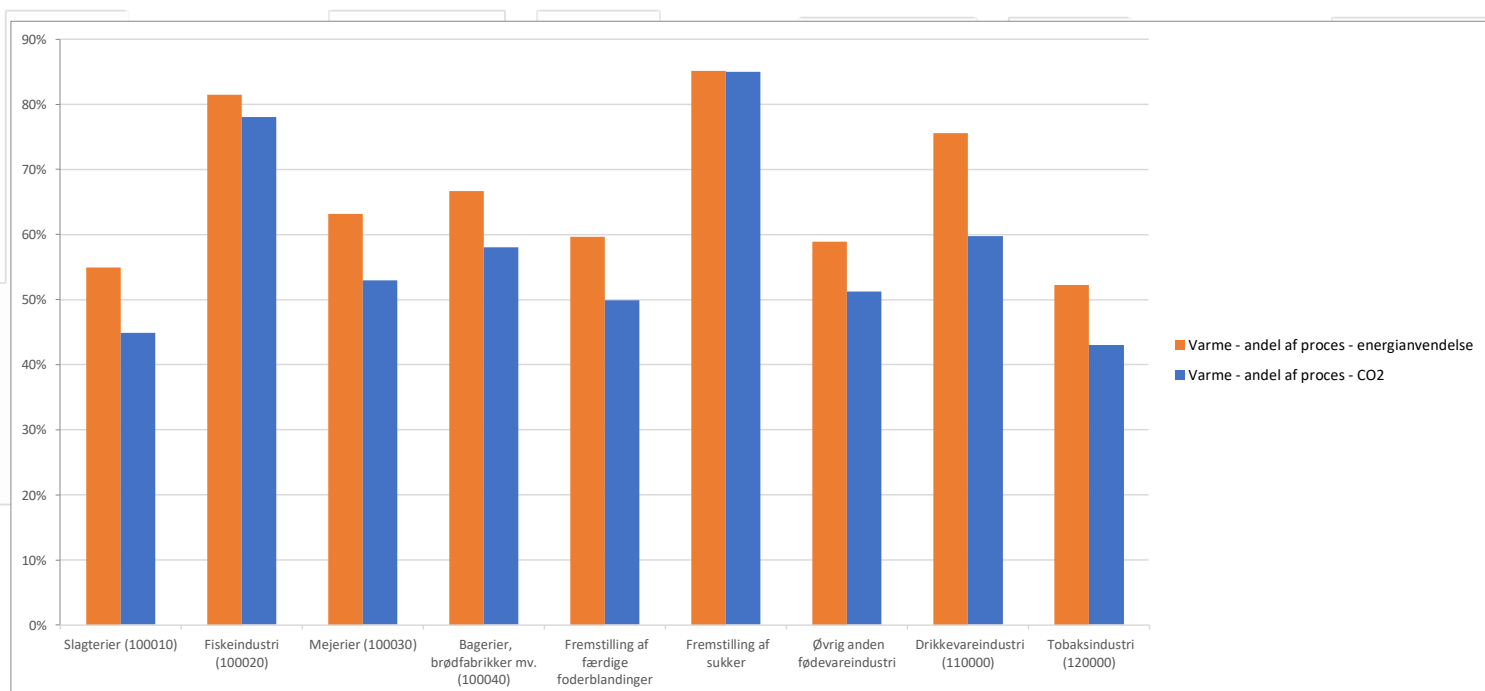
## 3 Resultater



Figur 2 Energianvendelse til opvarmning i fødevareindustriens brancher

Det samlede behov for energi til procesformål i fødevareindustrien var i 2017 23 PJ. Heraf udgjorde el anvendelse 7,8 PJ. Dermed er en tredjedel af energianvendelsen allerede elektrificeret. El anvendes primært til pumpning, elmotorer og køl/frys. Foruden el anvendes altså 15 PJ i form af brændsler hvilket udgør det samlede potentiale for elektrificering.

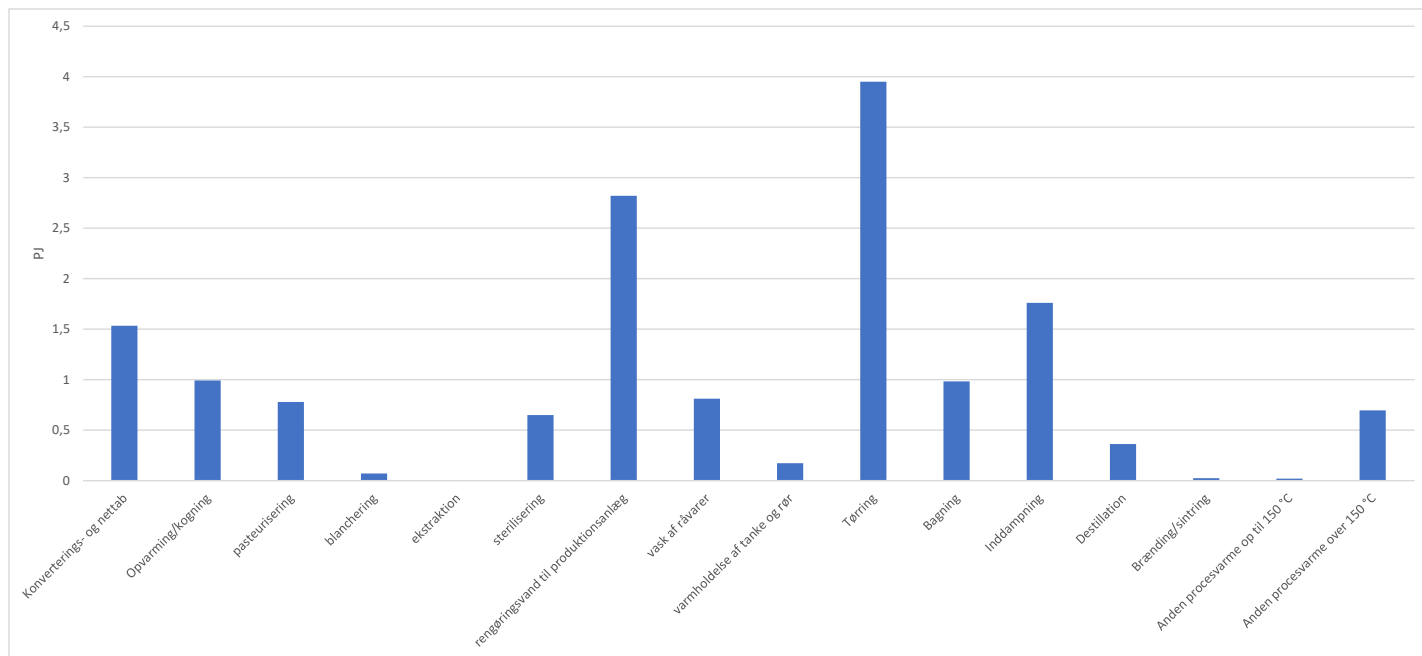
Grafen i Figur 2 viser anvendelse af procesvarme i de ni fødevarebrancher for tre forskellige år. Mejeri og slagteri har de største behov og dækker tilsammen 2/3 af den samlede procesvarme, mens tobaksindustri ligger væsentligt lavere end de øvrige brancher. Der ses en ret konstant anvendelse for Slagteri, Bageri, Foderblandinger, Drikkevarer og Tobak. For fiskeindustri vises en væsentligt øget anvendelse i 2017 og 2018, mens mejerier også viser en øgning. Sukker og Øvrig anden fødevareindustri har et fald i energi til procesvarme.



Figur 3 Procesvarmeandel af energianvendelse

Andelen af procesenergi, som anvendes til opvarmning, varierer mellem brancherne. Dette er vist i Figur 3. Samtidig vises andelen af CO<sub>2</sub>-udledning fra procesenergi som stammer fra opvarmning, hvilket er tæt korreleret med energianvendelsen.

For fremtidige scenarier, hvor el produktionen er omstillet til vedvarende energi, vil dette billede ændres drastisk, således at varme baseret på fossile brændsler vil være årsag til den største andel.

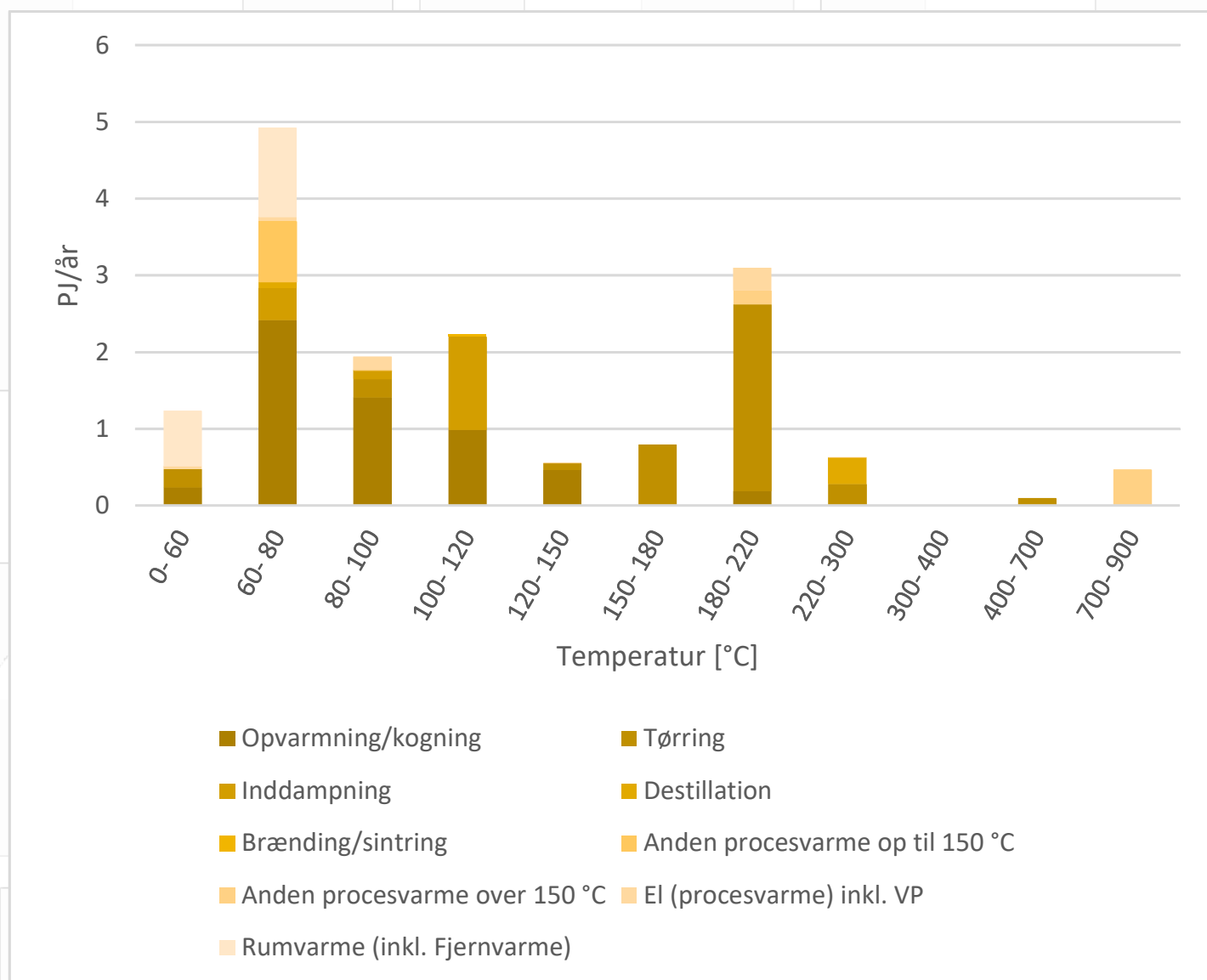


Figur 4 Fordeling af energi til procesvarme fordelt på slutanvendelse

For hver branche er fordelingen af energianvendelsen fordelt på kategorier i [Sørensen, L. H., & Petersen, P. M., (2015)]. Flere af disse kategorier dækker forskellige processer. For at opnå et mere detaljeret indblik i anvendelsen er fordelingen for underkategorier estimeret og anvendt som grundlag for en kortlægning af anvendelsen af procesvarme på anvendelsesniveau.

Dette er vist i Figur 4, hvoraf det fremgår at tørring er en af de mest væsentlige processer hvad angår energibehov. Rengøring udgør det næststørste behov, mens andre processer såsom, bagning, kogning, inddampning og også konverteringstab er blandt de største behov.



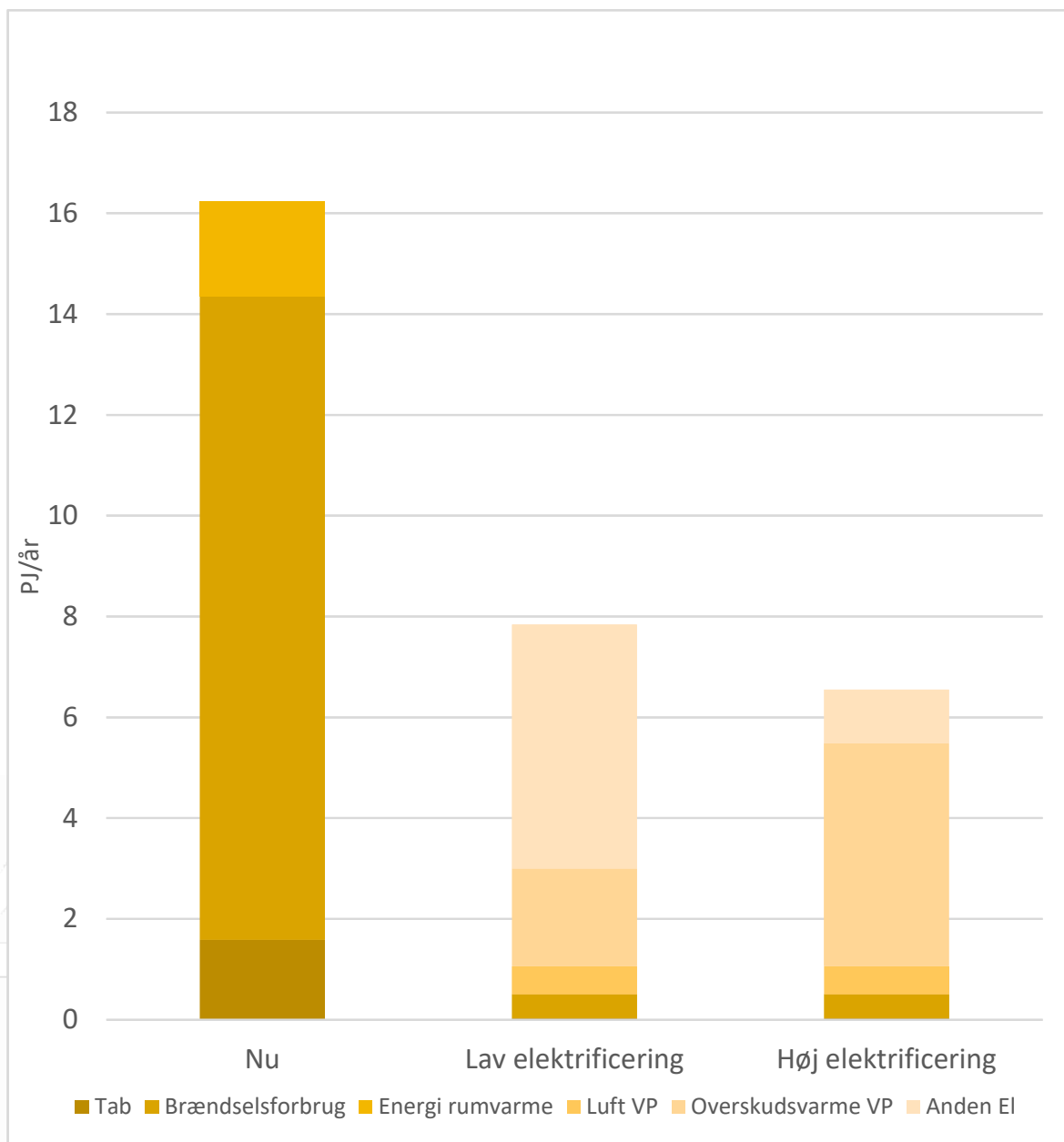


Figur 5 Fordeling af procesvarme efter temperaturniveau og anvendelse  
temperaturniveau.

De opdaterede tal for procesenergi er lagt ind i modellen for fordeling i forhold til temperaturniveau og anvendelse fra Bühler, F. et al. (2019). Dette er vist i Figur 5, som viser at en stor del af energien – op mod 10 PJ – anvendes ved temperaturer op til 120 °C, heraf 5 PJ i intervallet 60 °C til 80 °C. 3 PJ anvendes ved højere temperaturer op mod 200 °C. En mindre andel anvendes ved langt højere



# Elektrificering af Fødevareindustrien



Figur 6 Elektrificeringspotentiale

Ud fra disse opgørelser af energianvendelsen er potentialet for at elektrificere analyseret. For hver enkelt branche er der for anvendelse og temperaturniveau indlagt forudsætninger for elektrificering med varmepumper, MVR eller direkte elvarme. Varmepumper kan anvende overskudsvarme eller omgivelser som medium- eller lavtemperaturkilde. Denne analyse har ledt til resultaterne vist i Figur 5, som illustrerer, at den samlede energianvendelse i meget høj grad kan omstilles til elektrisk baserede teknologier.

Bare 0,5 PJ vil fortsat kræve et fossilt brændsel. De øvrige vil ved elektrificering til anvendelse af hhv. 7,5 PJ eller 6 PJ el afhængig af teknologisk niveau og udvikling. Der opnås dermed ikke bare elektrificering og den heraf følgende reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning, men også en reduktion af energibehovet til omkring halvdelen af det nuværende.

## 4 Diskussion

De anvendte modeller fra [Sørensen, L. H., & Petersen, P. M., (2015)] og [Bühler, F. et al. (2015), Bühler, F. et al. (2016), Bühler, F. (2018), Bühler, F. et al. (2019)] er baseret på estimater og vurderinger ud fra den bedst tilgængelige viden, men på et overordnet niveau for meget bredt definerede brancher. Desuden er der i bagvedliggende statistiske data en vis usikkerhed. Fx er der en væsentlig variation i energianvendelsen for flere brancher for de undersøgte år. Dette leder samlet set til, at resultaterne er belagt med usikkerhed. Dette bør vurderes nøjere med en omfattende følsomhedsanalyse relateret til energianvendelser, temperaturniveauer, effektivitet for varmepumper mv. Desuden bør temperaturændringer for sensibel energi vurderes.

Der ligger et potentiale for yderligere udnyttelse af overskudsvarme ved at inddrage energioptag fra processer i køleanlæg. Varmepumper kan i nogen grad ses som en udvidelse af de eksisterende køleanlæg, som anvender tilsvarende teknologi.

En helt grundlæggende forudsætning for analyserne er at el omsættes til at være baseret på vedvarende energi og dermed være klimaneutral senest i 2030. Der er allerede sket en meget væsentlig reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning fra el produktion. I 2019 var denne 262 g/kWh, mens den i 1990 var 929 g/kWh [Energistyrelsen (2020)].

Analyserne har været baseret på en vurdering af det tekniske potentiale for elektrificering af opvarmningsprocesserne, men økonomi ikke er vurderet. Elektrificering vil kræve en væsentlig investering, men med den øgede effektivitet i energiforsyning vil der være et mindsket energibehov, og dermed potentielt også lavere driftsomkostning til energitilførsel, dog afhængigt af el- og brændselspriser. Med en forudsætning om at CO<sub>2</sub>-udledning skal begrænset i meget høj grad, må det forventes at elektrificering vil være fordelagtig på længere sigt.

En vigtig observation er, at der vil kræves mindre energitilførsel ved konvertering til el anvendelse,

da højere effektivitet opnås ved at anvende varmepumper. Der ses en halvering af det samlede behov, og der vil ikke kræves en en-til-en udveksling af kapacitet for at levere den samme produktion. Det må forventes at udbygning af elnettet er krævet – hvilket ligeledes vil kræve investeringer – men kapacitetsbehovet vil ikke være så stort som for tilsvarende forsyning med gas.

Der er set bort fra alternativer til opvarmningsprocesser i fremstillingen. En nøjere analyse kan formentlig afgøre, hvilke muligheder der ligger for at anvende alternativer, men det vil kræve væsentlige ændringer i produktion, og der vil skulle vurderes hvorvidt disse influerer – positivt såvel som negativt – på produktion, driftsøkonomi, fødevarer sikkerhed mv. Dette bliver behandlet gennem de konkrete eksempler for elektrificering af produktionen i fødevarer virksomheder, som er omdrejningspunktet for projektet Elektrificering af Fødevarerindustrien.



## 4 Konklusion

Rapporten præsenterer resultatet af en analyse af potentialet for at omstille den danske fødevareindustri til at anvende el som energikilde til opvarmning i processer. Analysen er baseret på en opdatering af modeller for energianvendelsen på brancheniveau for den samlede fremstillingsindustri. En eksisterende model er blevet udvidet til at omfatte alle relevante fødevarebrancher og data for denne er opdateret til 2017.

Ud fra disse modeller er det fundet, at den nuværende anvendelse af energi i fremstillingsprocesser omfatter 23 PJ årligt. Af dette er omkring 1/3 allerede el. De resterende 2/3 anvendes til opvarmningsformål. Det er fundet, at ved at elektrificere vil bare 0,5 PJ fortsat kræve anvendelse af brændsel, hvilket vil kunne forsynes med en grøn gas. De resterende knapt 15 PJ vil kunne elektrificeres. Dette kan i stort omfang ske med varmepumper, hvorved det endelige energibehov kan sænkes til 6 PJ til 8 PJ afhængig af den anvendte varmepumpeteknologi og udviklingen i denne i de kommende år.

Med en forudsætning om at elsystemet vil blive fuldt omstillet til anvendelse af vedvarede energi, vil fødevareindustrien dermed kunne opnå produktion uden CO<sub>2</sub>-udledning fra energianvendelse.



## 6 Referencer

Anonym (2020), Klimaaf tale for energi og industri mv. 2020

<https://www.regeringen.dk/media/9863/aftaletekst-klimaaf tale-energi-og-industri-1.pdf>

Bühler, F., Holm, F. M., Huang, B., Andreasen, J. G., & Elmegaard, B. (2015). Mapping of low temperature heat sources in Denmark. In Proceedings of ECOS 2015: 28th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems,

<https://orbit.dtu.dk/en/publications/mapping-of-low-temperature-heat-sources-in-denmark>

Bühler, F., Nguyen, T-V., & Elmegaard, B. (2016). Energy and Exergy Analyses of the Danish Industry Sector. Applied Energy, 184, 1447–1459.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.072>

Bühler, F. (2018). Energy efficiency in the industry: A study of the methods, potentials and interactions with the energy system. Technical University of Denmark. PhD thesis, DCAMM Special Report, No. S235

<https://orbit.dtu.dk/en/publications/energy-efficiency-in-the-industry-a-study-of-the-methods-potentia>

Bühler, F., Müller Holm, F., & Elmegaard, B. (2019). Potentials for the electrification of industrial processes in Denmark. I Proceedings of ECOS 2019: 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems,

<https://orbit.dtu.dk/en/publications/potentials-for-the-electrification-of-industrial-processes-in-den>

Energistyrelsen (2020). Energistatistik 2019, Teknisk rapport,

[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik2019\\_dk.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik2019_dk.pdf)

Mondejar, M. E., Jensen, J. K., Elmegaard, B. (2020) Electrification of the food industry, Technology catalogue, Teknisk rapport.

Sørensen, L. H., & Petersen, P. M., (2015). Kortlægning af energiforbrug i virksomheder, Teknisk rapport,

[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/kortlaegning\\_af\\_energiforbrug\\_i\\_virksomheder.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/kortlaegning_af_energiforbrug_i_virksomheder.pdf)

