



# Optimal elektrificering af boligopvarmning

Sammenligning af  
fjernvarme og  
individuelle løsninger



*Grøn Energi er fjernvarmens tænketank. Vi omsætter innovation og analyser til konkret handling til gavn for den grønne omstilling, vækst og beskæftigelse i fjernvarmebranchen. Grøn Energi bygger på et dynamisk fællesskab mellem Dansk Fjernvarme, de toneangivende danske eksportvirksomheder, rådgivere, interesseorganisationer samt universiteter.*

**Dato:** 31.03.2020

**Udarbejdet af:** Hanne Kortegaard Støchkel

**Kontrolleret af:** Christian Holmstedt Hansen og Alexander Boye Boes

**Beskrivelse:** Denne analyse undersøger elektrificering af boligopvarmning ved henholdsvis fjernvarme, individuelle varmepumper og elvarme. Analysen har fokus på sæsonvariation og synergi med et elsystem karakteriseret ved elproduktion fra vindmøller og solceller. Desuden beskrives konsekvenser for den grønne omstilling.

*Grøn Energi udgiver løbende rapporter og analyser. Konklusioner, anbefalinger og evt. synspunkter i det udgivne materiale er ikke nødvendigvis udtryk for holdningerne hos Grøn Energi's medlemmer.*

**Grøn Energis medlemmer:**



## Opsummering

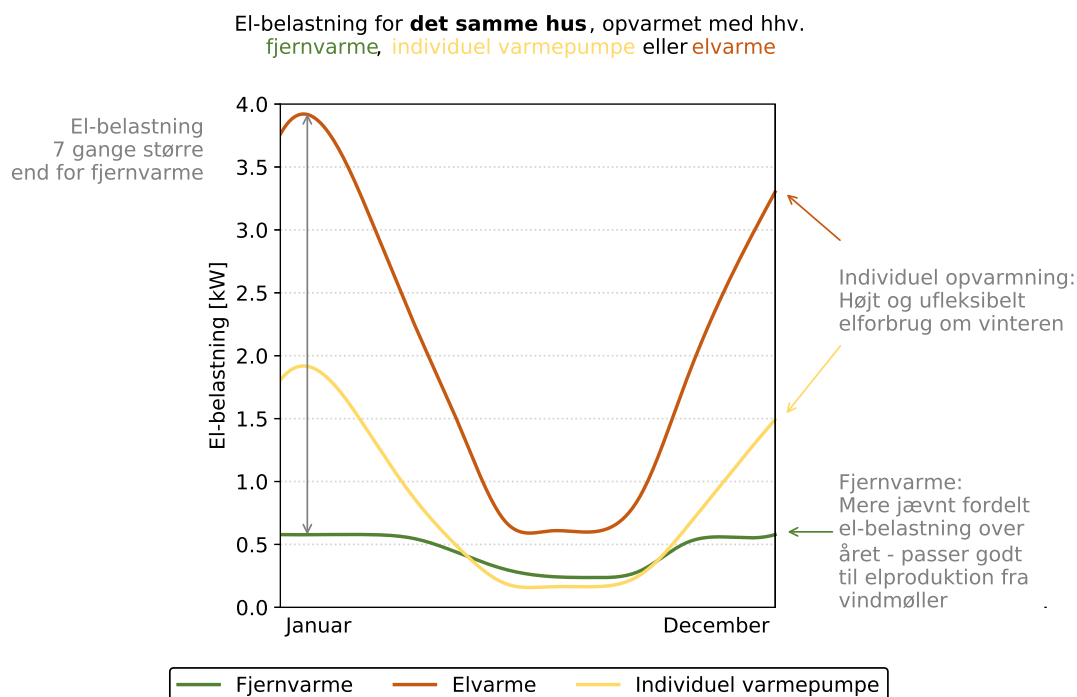
Opvarmningen af Danmarks boliger skal være 100 % CO<sub>2</sub>-neutral, og energien fra det stigende antal af vindmøller og solceller skal udnyttes og integreres bedst muligt. Det er dog langt fra lige meget, om elektrificeringen af boligerne kommer til at ske med individuel el-opvarmning eller som en del af et grønt fjernvarmesystem.

Analysen undersøger elektrificering af boligopvarmning med elvarme, individuelle varmepumper og fjernvarme.

### Sæsonvariation og elforbrug for tre typer af elektrificering

I vinterhalvåret producerer vindmøller ca. 56% af deres årsproduktion. Elforbruget af elektrificering fra boligopvarmning har en mere skæv sæsonvariation. For elvarme og individuelle varmepumper ligger henholdsvis 74% og 80% af elforbruget i vinterhalvåret. Det tilsvarende tal for fjernvarme-casen er 62%. Jo større forskel der er i sæsonvariationen, jo større behov vil der fx være for investeringer i elnet og sæsonlagring.

Synergi med elsystemet afhænger fx af fleksibilitet og samtidighed af elproduktion og -forbrug. Analysen sammenligner hvor meget de tre former for opvarmning bruger af el for at opvarme samme slags hus (se figuren nedenfor). Der skal flyttes og lagres markant mere el, hvis elforbruget ligger i boligerne fremfor i store varmepumper i fjernvarmesystemet.



Elforbrug til opvarmning af et standardhus med et varmekonsum på 18,1 MWh/år ved opvarmning med henholdsvis elvarme, individuel varmepumpe og fjernvarme delvist baseret på en stor, eldrevet varmepumpe. De viste kurver er baseret på månedsgennemsnit.

## Individuel el-opvarmning udfordrer elsystemet

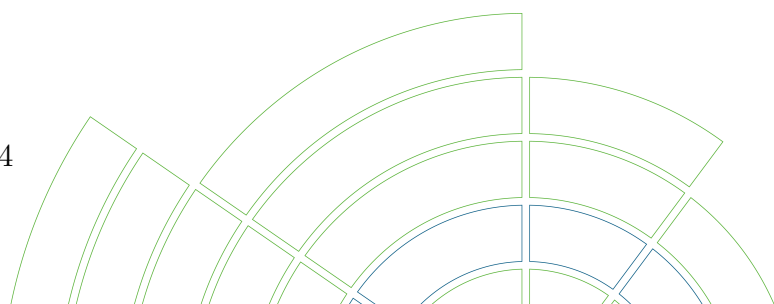
Tre eksempler på udfordringer med elforbruget fra de individuelle løsninger.

- Den lave energieffektivitet øger behovet for yderligere udbygning af grøn elproduktion. Elektrificering via elvarme øger behovet, mens fjernvarme giver det laveste behov for ny, grøn elproduktion, som fx nye havvindmølleparker.
- Belastningen af elsystemet er høj, specielt om vinteren. Elvarme har en markant højere belastning af elnettet end fjernvarme med store, eldrevne varmepumper.
- Elforbruget er ufleksibelt og passer ikke med elproduktion fra vind og sol, og både sæsonvariation og hurtigere variation på time-/døgnniveau er en udfordring. De individuelle løsninger presser i særlig grad elsystemet, når det er koldt og elproduktionen fra vind og sol er lav (fx i vindstille vintervejr).

## Konsekvenser af typen af elektrificering

Elvarme, individuelle varmepumper og fjernvarme er tre forskellige måder at elektrificere opvarmningen af Danmarks boliger. Forskellene i el-belastning og sæsonvariation har betydning for den grønne omstilling. Omstillingshastigheden, behovet for udbygning af elnettet, energilagring og grøn elproduktion samt diversitet af energiforsyningen og god sektorintegration er nogle af de parametre, som påvirkes af, hvordan vi vælger at elektrificere boligopvarmningen (se beskrivelser i afsnittet [Sammenligning af konsekvenser - typer af elektrificering](#)).

Grøn omstilling af el og varme handler om at skabe omkostningseffektive og robuste systemer. Konklusionen er, at fjernvarme er den optimale måde at elektrificere boligopvarmning på. Derfor har det også betydning, hvordan vi indretter rammerne for elektrificering af boligopvarmning. Et eksempel på dette er elvarmeafgiften, hvor en sænkelse af afgiften vil flytte elektrificeringen fra fjernvarme i retning af individuelle varmepumper og elvarme.



## Indledning

Elektrificering er blevet et af nøgleordene, når man snakker om grøn omstilling. Elektrificeringen af boligopvarmningen har taget fart med et stigende antal store varmepumper og elkedler i fjernvarmen. Samtidig ses en udvikling i installering af individuelle løsninger som små varmepumper og elvarme. Elektrificeringen af boligopvarmningen forventes at tage til i de kommende år, og det er derfor relevant at undersøge konsekvenserne af forskellige typer af elektrificering af boligopvarmningen.

Elektrificering af persontransport kan også have store konsekvenser for el-distributionsnettet. Effektbehovet til elbiler kan blive op til syv gange større i villaområder med et samlet investeringsbehov i elnettet frem mod 2050 på op mod 194 mia. kr. ([Dansk Energi, 2019](#)). Elektrificering med elbiler og eldrevne varmepumper til individuel opvarmning kan føre til tredobling af elforbruget. Samtidig af nyt elforbrug vil udfordre elnettet og uden hensyn til netbelastning kan spidsbelastningen potentielt tidobles i forhold til i dag ([Energinet.dk, 2019](#)).

Timing er en afgørende faktor i, hvor stor synergi der er mellem grøn elproduktion og varmebehovet i Danmarks boliger. Der er døgn- og sæsonvariationer i både grøn elproduktion og varmebehovet, og fokus ligger ofte på, at elproduktionen fra vindmøller og solceller varierer fra time til time og dag til dag. Disse variationer udjævnes fx via udlandsforbindelser, samspil med Nordens vandkraft og fjernvarmens fleksibilitet og lagerfunktion. Denne analyse fokuserer på *sæson*variationer i grøn elproduktion i forhold til tre alternativer til at elektrificere boligopvarmningen.

Målet for 2030 om CO<sub>2</sub>-neutrale el- og varmesystemer betyder, at en god sektorintegration er en nødvendighed. Her er elektrificering af varmebehovet en del af løsningen, men det er nødvendigt at se på, hvor godt elproduktion fra vindmøller og solceller passer med varmebehovet hen over året.

## Metode

Denne analyse sammenligner boligopvarmning for elvarme, individuelle luft/vand varmepumper og fjernvarme. Fjernvarmesystemer kan sammensættes på mange forskellige måder. I denne analyse indgår et fjernvarmesystem, som primært består af en stor eldrevet varmepumpe, som dækker 70% af varmebehovet. Dertil kommer anlæg baseret på klimabæredygtig biomasse og gas.

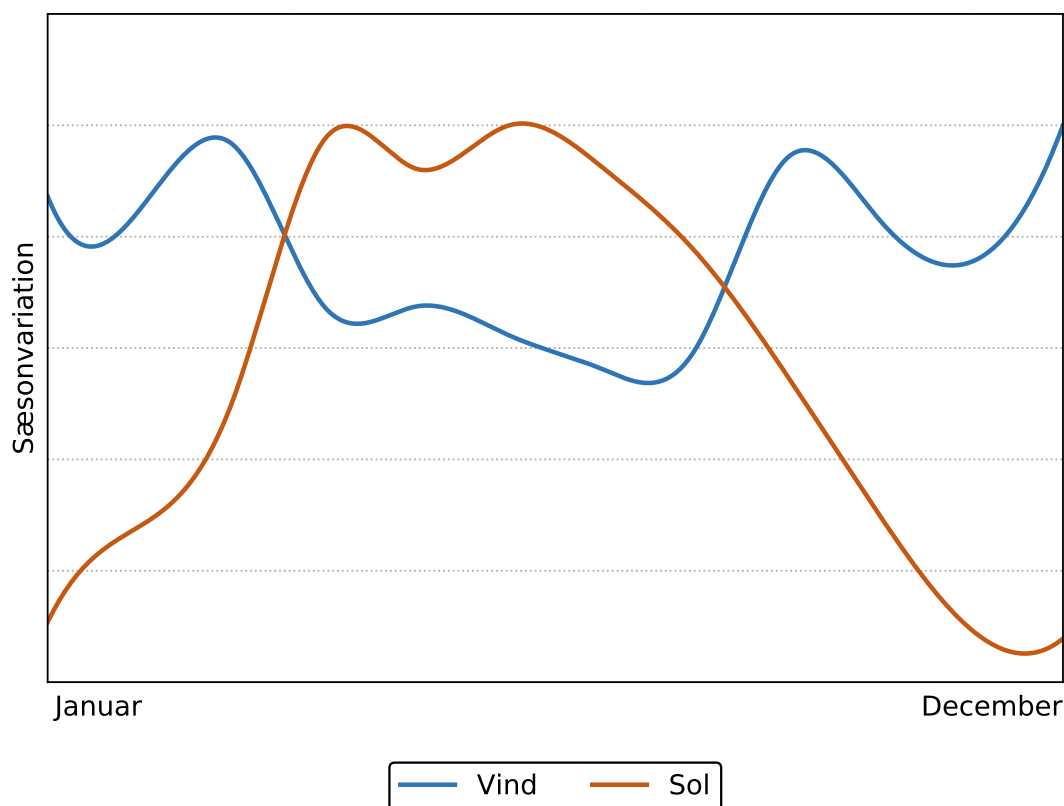
Bag tabeller og figurer ligger der timebaserede dataserier. Da denne analyse fokuserer på de langsomme variationer (sæsonvariation) er timeværdierne brugt til at udregne månedsgennemsnit, hvilket er datagrundlaget for de udjævnede grafer. Dette er gjort for at tydeliggøre sæsonvariationer fremfor de store udsving, som kan ligge fra time til time.

## Resultater

Analysen sammenfatter statistik for elproduktion fra vindmøller og solceller. Tallene sammenlignes med elforbruget for tre typer af elektrificeret boligopvarmning for at undersøge sæsonvariation og belastning af elsystemet.

### Sæsonvariation af vedvarende elproduktion

Figur 2 illustrerer, hvordan vindmøller og solceller i gennemsnit har produceret el hen over årene 2018 og 2019. Tallene bekræfter, hvad de fleste ved, nemlig at det blæser lidt mere efterår og vinter, og at solceller primært producerer el i sommerhalvåret.

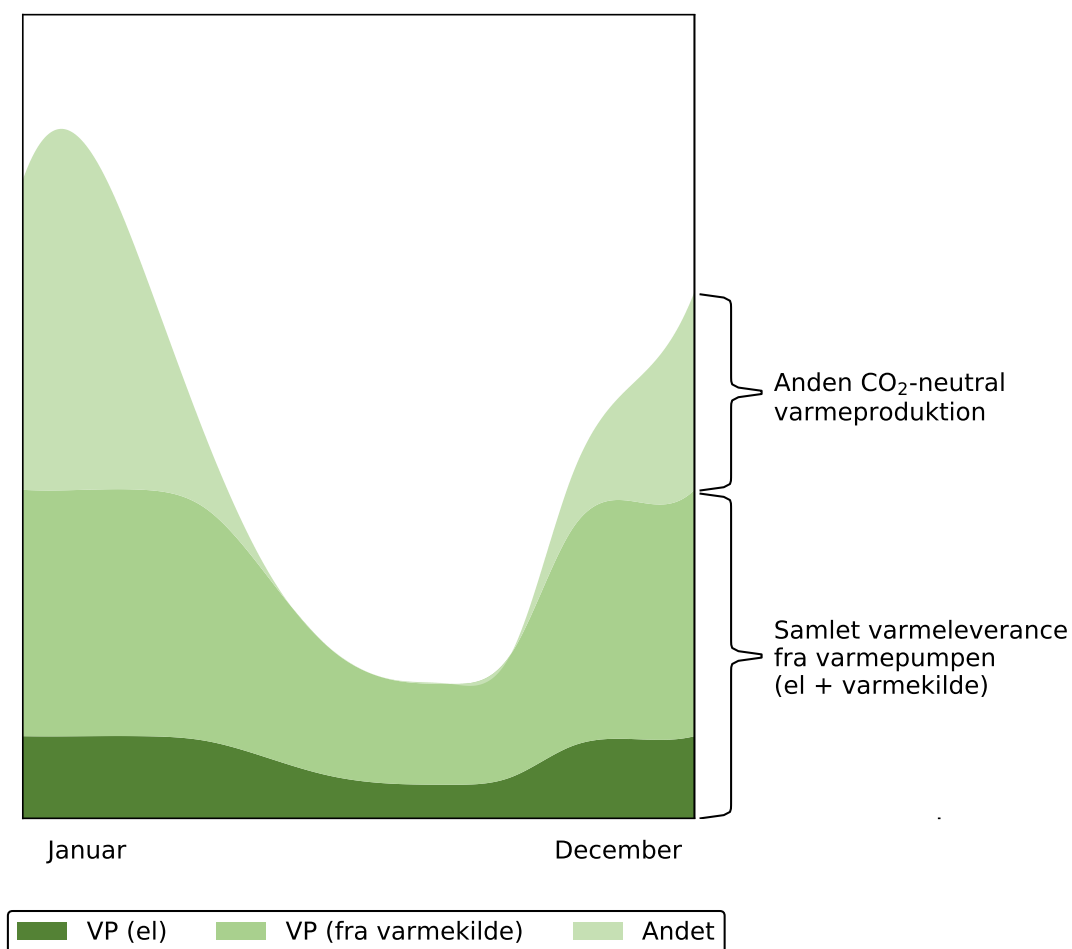


**Figur 2:** Årsvariation i elproduktion fra vindmøller og solceller baseret på udjævnet data for 2018 og 2019 ([Energinet.dk](https://www.energinet.dk), 2020).

### Sæsonvariation og elforbrug i fjernvarmen

Der findes mange måder at sammensætte en CO<sub>2</sub>-neutral fjernvarme på. I eksemplet i Figur 3 består fjernvarmesystemet af en stor, eldrevet varmepumpe som henter energi fra en varmekilde, som fx kunne være grundvand eller overskudsvarme. Tilsammen leverer varmekilden og varmepumpen 70 % af årets varmebehov. De store varmepumper er effektive, men dyre i etablering. Derfor er det ikke økonomisk at dække hele varmekonsumet med varmepumper. De store varmepumper i fjernvarmen dimensioneres, så de er i drift og leverer varme i mange timer om året. Den resterende varme stammer fra klimabæredygtig biomasse og ca. 5 %

gas til spidslast. Fjernvarmesystemet er CO<sub>2</sub>-neutralt, hvis el er CO<sub>2</sub>-neutralt og hvis der anvendes grøn gas til spidslast.



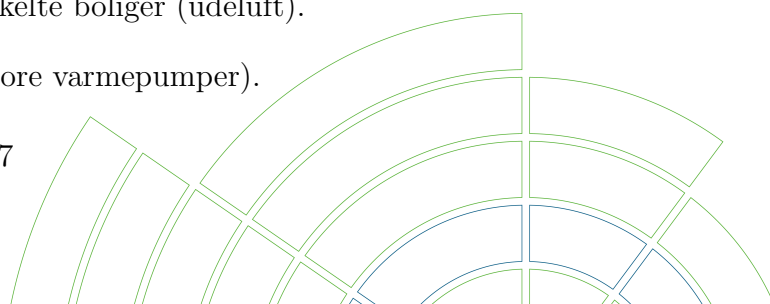
**Figur 3:** Eksempel på varmekonsumet i en typisk dansk bolig hen over året. Boligen er opvarmet med fjernvarme, som leveres delvist fra en stor varmepumpe (VP) og delvist fra andrefjernvarmeanlæg. Data er udjævnet og forenklet (månedsgennemsnit).

Figur 2 illustrerer, hvordan vindmøller og solceller producerer el hen over året, mens Figur 3 illustrerer varmebehovet hen over året. Konklusionen af de to figurer er, at det er svært at dække varmebehovet direkte med solceller og vindmøller. Jo større forskel der er i sæsonvariationen, jo større behov vil der fx være for investeringer i elnet og sæsonlagring.

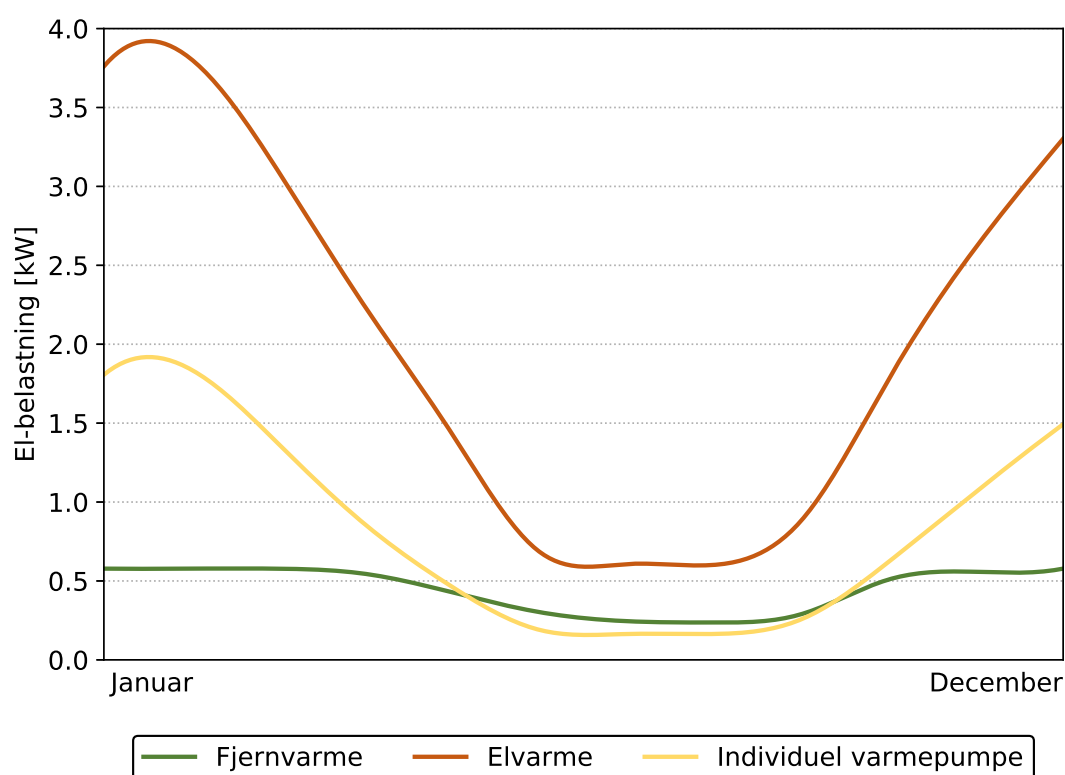
## Det samme hus - elforbrug fra tre alternativer

Figur 4 sammenligner tre forskellige måder at bruge el til boligopvarmning:

- Elvarme, fx el-gulvvarme og el-radiatorer.
- Individuelle varmepumper i de enkelte boliger (udeluft).
- Elektrificering via fjernvarmen (store varmepumper).



Analysen tager udgangspunkt i det samme hus, hvorefter det beregnes hvor meget el, der går til at opvarme huset og forsyne det med varmt vand. Elforbruget er højt for elvarme, fordi al energien skal komme fra el. De individuelle varmepumper har et mindre elforbrug, da en del af energien hentes fra udeluften. Udeluften er dog kold om vinteren, hvor varmebehovet er størst, og det betyder at varmepumpen er mindre effektiv om vinteren. De store varmepumper i fjernvarmen kan anvende en lang række af forskellige varmekilder, som ikke er tilgængelige for individuelle varmepumper. Herunder varmekilder med en højere effektivitet, og som leverer stabil temperatur året rundt – fx grundvand eller overskudsvarme fra industrien. Det betyder, at effektiviteten af fjernvarmens varmepumper også kan være høj om vinteren. Energieffektivitet er relevant for behovet for udbygning af grøn elproduktion, fx i form af nye havvindmølleparker.



**Figur 4:** Elforbrug til opvarmning af et standardhus med et varmekonsum på 18,1 MWh/år ved opvarmning med henholdsvis elvarme, individuel varmepumpe og fjernvarme delvist (70 %) baseret på en stor, eldrevet varmepumpe. De viste kurver er baseret på månedsgennemsnit.

Der er forskel på, hvor meget de forskellige alternativer belaster elnettet om vinteren. Elvarme og individuelle varmepumper har henholdsvis 7 og 3 gange højere elforbrug sammenlignet med fjernvarmen, når man sammenligner månedsgennemsnittet for februar.

Derudover er de individuelle løsninger mindre fleksible, da elforbruget direkte følger den aktuelle udetemperatur og ikke har fjernvarmens muligheder for lagring og alternativ varmeproduktion, der ikke er baseret på el. Derfor kan de individuelle løsninger i særlig grad presse elsystemet, når det er koldt og elproduktionen fra vind og sol er lav (fx vindstille vintervejre).



Hvis man opgør elforbruget fra Figur 4 i sommer- og vinterforbrug, så fordeler det sig som vist i Tabel 1 og 2. Der skal altså flyttes og lagres markant mere el, hvis elforbruget ligger i boligerne fremfor i store varmepumper i fjernvarmesystemet.

Elforbrug MWh/år	Elvarme	Individuel varmepumpe	Fjernvarme
Sommer (april-september)	4,7	1,5	1,5
Vinter (oktober-marts)	13,4	6,0	2,5

**Tabel 1:** Elforbrug i sommer- og vinterhalvåret til opvarmning af et standard hus med et varmekonsum på 18,1 MWh/år ved opvarmning med henholdsvis elvarme (fx el-gulvvarme eller el-radiatorer), individuel varmepumpe og fjernvarme delvist baseret på en stor, eldrevet varmepumpe.

Sæsonfordeling af elforbrug	Elvarme	Individuel varmepumpe	Fjernvarme
Sommer (april-september)	26 %	20 %	38 %
Vinter (oktober-marts)	74 %	80 %	62 %

**Tabel 2:** Procentvis fordeling sommer-vinter af elforbrug til opvarmning (baseret på tallene fra Tabel 1).

Fjernvarmens elforbrug har mindre sæsonudsving end individuel opvarmning med elvarme eller individuelle varmepumper og passer dermed bedre med elproduktionen fra vindmøller (se Tabel 3).

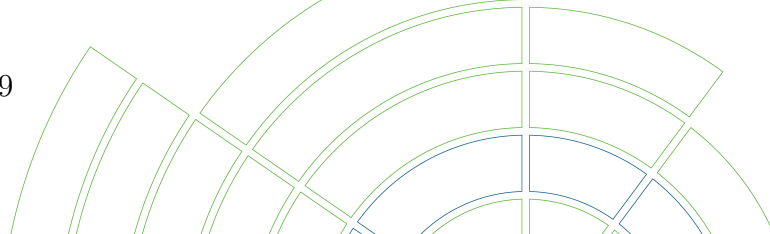
Boligopvarmning passer generelt ikke godt med el fra solceller, men fjernvarme passer dog bedre end individuel opvarmning. Desuden giver fjernvarmen muligheden for at levere køling om sommeren og varme om vinteren, fx ved at kombinere de store varmepumper med sæsonlagring med ATES (sæsonlagring af energi i vand i undergrunden).

Elproduktion	Vind	Sol
Sommer (april-september)	44 %	79 %
Vinter (oktober-marts)	56 %	21 %

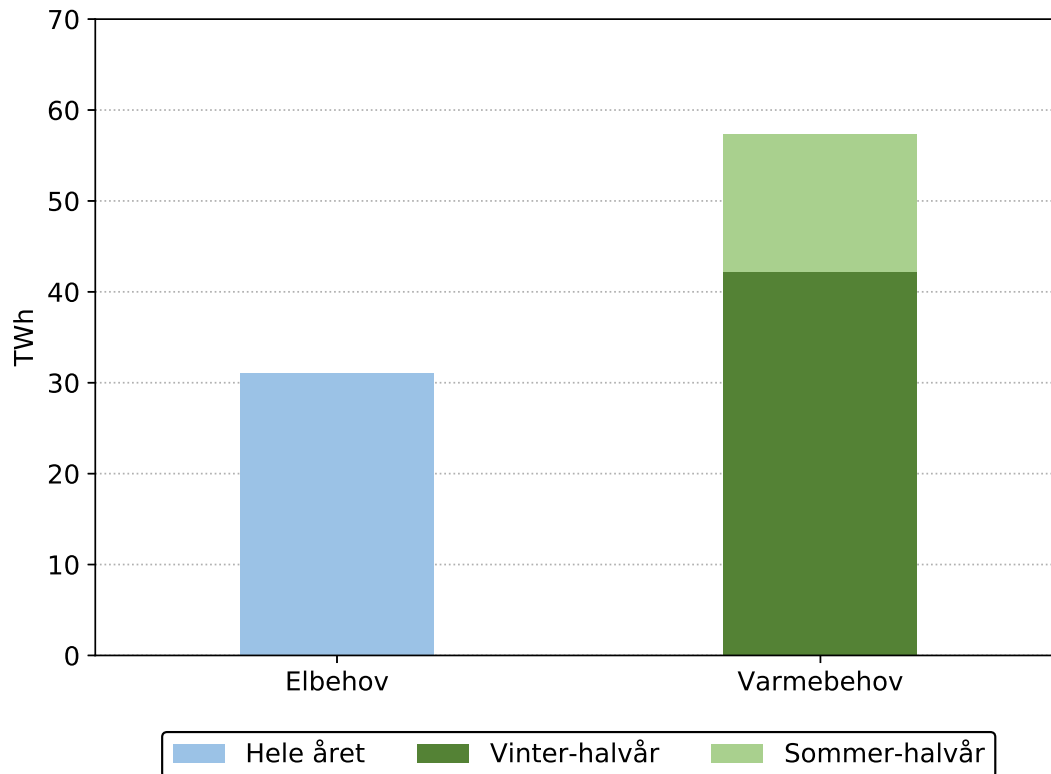
**Tabel 3:** Procentvis fordeling sommer-vinter af elforbrug til opvarmning (baseret på tallene fra Figur 2).

## Sammenligning af konsekvenser - typer af elektrificering

Man møder en gang i mellem ideen om, at al opvarmning i Danmark skal elektrificeres. Dette vil dog langt fra være den mest effektive løsning, hverken teknisk eller økonomisk. Som analysen ovenfor og argumenterne nedenfor illustrerer, vil en delvis elektrificering via fjernvarmen faktisk give en bedre synergi. Grøn omstilling af el og varme handler om at skabe omkostningseffektive og robuste systemer. Her er grøn el fra vindmøller og solceller ikke et mål i sig selv, men et middel på lige vilkår med andre VE-kilder, energieffektiviseringer, fjernvarmeinfrastruktur, teknologiudvikling og digitalisering.



Hvor stort er Danmarks varmebehov egentligt? Allerede svaret på det spørgsmål understreger, at en fuldstændig konvertering til elbaseret varme, ikke er realistisk med det elsystem, vi har i dag. Figur 5 sammenligner størrelsen på det samlede el- og varmeforbrug i 2018.



Figur 5: Danmarks energiforbrug for henholdsvis el og varme i 2018 (Energistyrelsen, 2019).

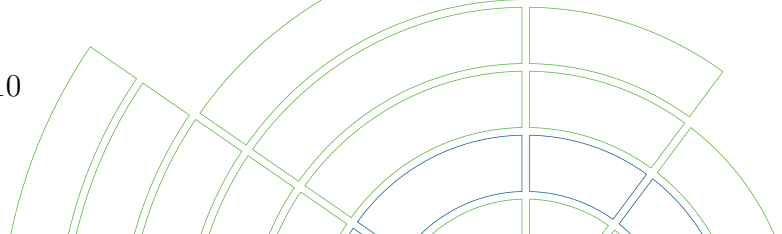
### Hvilken opvarmning passer bedst med grøn strøm?

Elektrificering af opvarmning handler *ikke* bare om at bruge så meget strøm som muligt. Af de tre måder at bruge el til opvarmning, bruger fjernvarmeløsningen mindst el – og alligevel er den løsning mest kompatibel med en grøn omstilling, hvor elproduktion fra sol og vind spiller en stor rolle. Her følger en oversigt over, hvorfor elektrificering af boligopvarmning bedst sker via fjernvarme, hvis man ønsker en effektiv grøn omstilling.

Elektrificering via fjernvarmen (sammenlignet med individuel el-opvarmning):

- Fjernvarme sikrer hurtigere grøn omstilling. Fjernvarme driver allerede den grønne omstilling af boligopvarmningen.

Når et fjernvarmeselskab omlægger til en grønnere varmeproduktion, så har det effekt for alle fjernvarmekundernes varmeforbrug med det samme. Det sker fx ved en løbende udskiftning til grønnere og mere effektive anlæg og brændsler. Det kræver ikke en investering eller ombygning hos den enkelte varmeforbruger, hvilket også er en grund til, at omstillingen kan gå hurtigere via fjernvarmen.



Der ligger en vigtig CO<sub>2</sub>-udfordring i at omstille de ca. 400.000 boliger, som er opvarmet med naturgasfyr. En stor del af disse boliger vil blive opvarmet med enten elvarme, individuelle varmepumper eller fjernvarme. Fjernvarme har potentiale for at gennemføre denne omstilling hurtigt og som en del af en samlet, integreret løsning.

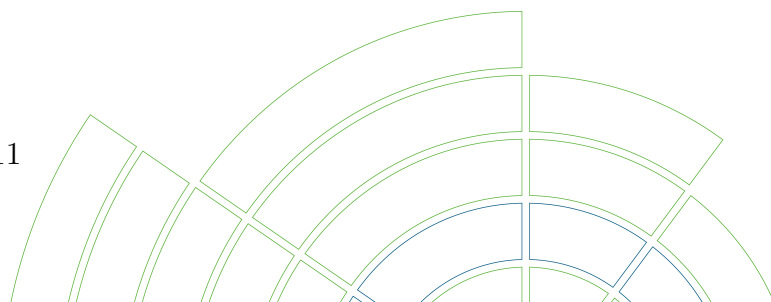
- Fjernvarme har et bedre sæsonmatch med elproduktionen fra vind og sol og belaster elsystemet mindre. Det betyder et mindre behov for netudbygninger og sæsonlagring af energi. Der er et mindre behov for udbygning af elnettene på både transmissions- og distributionsniveau. Her bidrager det også positivt, at fjernvarmens varmepumper ofte kan tilsluttes ét, stærkt punkt i elnettet. Også de hurtigere fluktuationer på døgnniveau håndteres bedre ved en elektrificering via fjernvarmen sammenlignet med individuelle varmepumper og elvarme.
- Høj energieffektivitet i fjernvarmen og lavere elforbrug om vinteren sparer investeringer til etablering af yderligere grøn energiproduktion.
- Kun fjernvarmens store varmepumper kan udnytte varmekilder som overskudsvarme, spildevand, grundvand, geotermi og havvand ([Grøn Energi, 2017](#)). Det giver diversitet i Danmarks energiforsyning og supplerer grøn energi fra specielt vindkraft. Disse energikilder findes i Danmark og fluktuerer ikke som vind- og solenergi.
- Fjernvarme har synergi med vindkraft og leverer god sektorintegration. Fjernvarme giver adgang til fleksibilitet og lagring på både sæson- og time-/døgnniveau, hvilket gavner både el- og varmesystemer. Det er ikke fjernvarmens varmepumpe eller elkedel, der i sig selv leverer dette. Den gode sektorintegration kommer fra den samlede kombination af fjernvarmens infrastruktur, store varmepumper, gode varmekilder, elkedler, anden varmeproduktion, lagre og intelligent styring.

### Hvilken vej kommer elektrificeringen til at gå?

Rammerne for boligopvarmning har betydning for, hvordan elektrificeringen kommer til at fordele sig på elvarme, individuelle varmepumper og fjernvarme.

En sænkelse af elvarmeafgiften skubber elektrificering af boligopvarmning fra fjernvarme til individuelle varmepumper, og fra individuelle varmepumper til elvarme ([Grøn Energi, 2020](#)) ([Grøn Energi, 2018](#)). Som beskrevet i dette analysenotat, vil et sådant skifte øge presset på elsystemet samt modvirke en effektiv og hurtig grøn omstilling.

Konverteringen af de ca. 400.000 naturgas-boliger er på vej, og hvordan vi vælger at elektrificere disse boliger har betydning for Danmarks grønne omstilling mange år frem.



## Litteratur

Dansk Energi. Er elnettet klar til elbilerne? - Analyse af effekt og investeringsbehov i eldistributionsnettet, 2019. URL <https://www.danskeenergi.dk/udgivelser/gor-elnettet-klart-til-elbilerne>.

Energinet.dk. Små prosumere i fremtidens elnet, 2019. URL <https://energinet.dk/Analyse-og-Forskning/Analyser/Smaa-prosumere-i-fremtidens-elnet>.

Energinet.dk. Energi Data Service, 2020. URL <https://www.energidataservice.dk/>.

Energistyrelsen. Månedlig energistatistik, 2019. URL <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/maanedlig-og-aarlig-energistatistik>.

Grøn Energi. Drejebog for store varmepumper i fjernvarmesystemet, 2017. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/projekter/drejebog-om-store-varmepumper-2017>.

Grøn Energi. Fjernvarmens konkurrenceforhold overfor individuel opvarmning, 2018. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/analyser/17012018-fjernvarmens-konkurrenceforhold-overfor-individuel-opvarmning>.

Grøn Energi. Konsekvenser ved yderligere nedsættelse af elvarmeafgiften, 2020. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/groen-energi/analyser/090320-konsekvenser-ved-yderligere-neds\0T1\aettelse-af-elvarmeafgiften>.

