

RA620

November 2019

# Analyseforudsætninger for distributionsnettet

DEL 1: Metodebeskrivelse for fordeling af elbiler,  
varmepumper og solcelleanlæg mellem netområder



**Rapporten er udarbejdet af:**

Tilman Weckesser, Dansk Energi  
Mikkel Vesterbæk, Dansk Energi  
Jasmin Mehmedalic, Dansk Energi  
Philip Douglass, Dansk Energi  
Jan Rasmussen, Dansk Energi

---

<b>DEFU rapport:</b>	RA620
<b>Klasse:</b>	1
<b>Rekvirent:</b>	Dansk Energis Net- og Teknikudvalg
<b>Dato for udgivelse:</b>	22 november 2019
<b>Sag:</b>	s2019-364



**RESUME**

Nationale fremskrivninger for elforbrug og -produktion kan ikke direkte anvendes for distributionsnettet, da fremskrivningerne ikke bare kan fordeles jævnt ud over distributionsnettet. Fx vil fordelingen af elbiler ikke ske jævnt fordelt mellem by og land.

Der er derfor behov for at få skabt en transparent metode for at regne på, hvordan de nationale fremskrivninger vil påvirke distributionsnettet.

I denne rapport beskrives fælles analyseforudsætninger for det samlede danske distributionsnet med henblik på at udarbejde en national baseline for det investeringsbehov, der kan ventes i distributionsnettet som følge af øget elektrificering og integration af VE-anlæg.

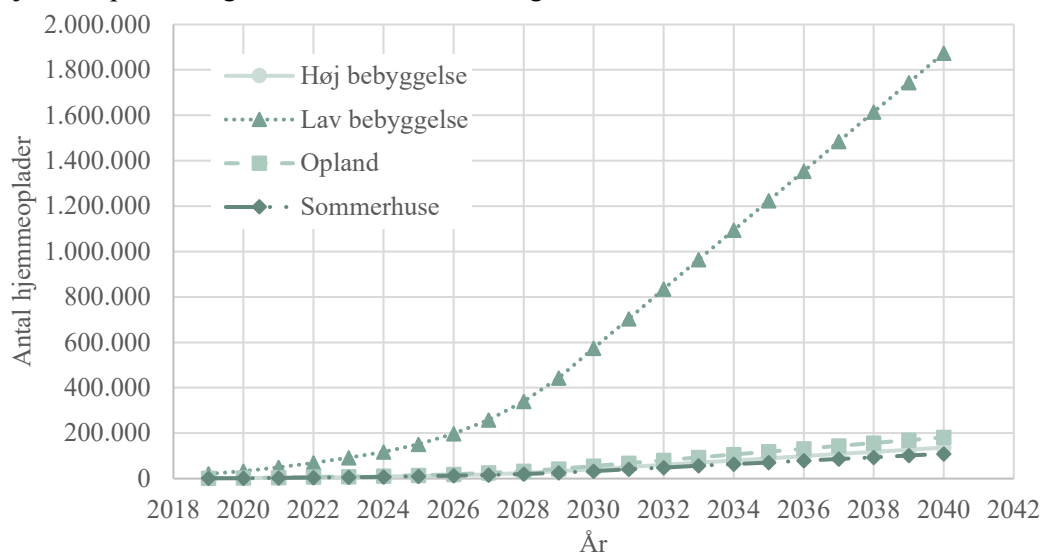
Analyseforudsætningerne tager udgangspunkt i, at distributionsnettet kan opdeles i forskellige netområder, ‘Høj bebyggelse’, ‘Lav bebyggelse’, ‘Opland’, ‘Sommerhuse’ og ‘Industri’, som beskrevet i [Ref. 1].

En grundlæggende antagelse er, at fordelingen af elbiler, solcelleanlæg og varmepumper afhænger af boligtyperne i netområderne og parametre som fx den nuværende opvarmingskilde af boligerne.

I det følgende vises resultaterne af metoden med udgangspunkt i Energistyrelsens analyseforudsætninger for 2019.

**ELBILER**

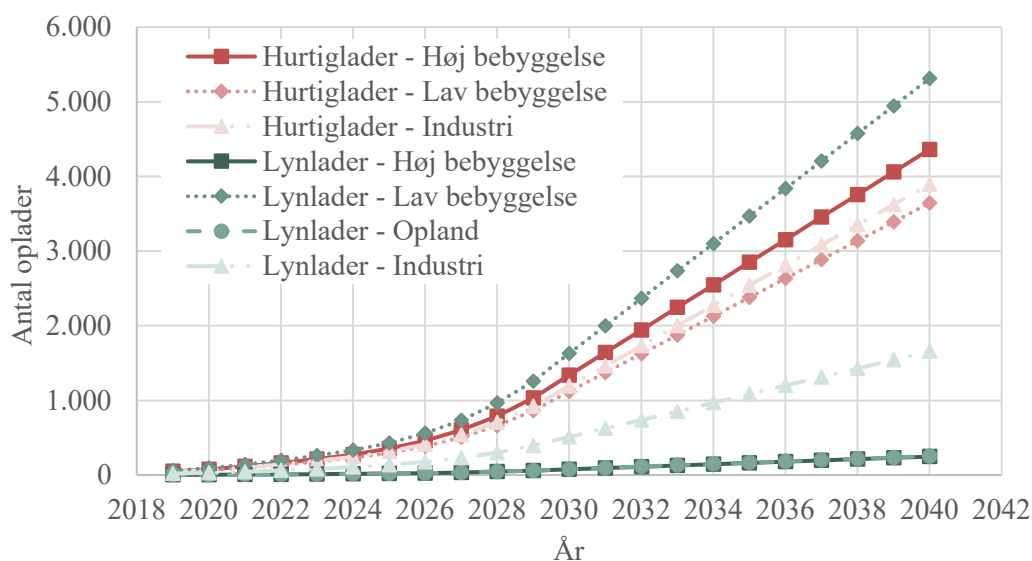
For at fordele det nye elforbrug af elbiler undersøges først, hvordan antallet af almindelige personbiler (herefter blot kaldet ’biler’) fordeler sig på netområderne, og hvordan parkeringsforhold er. Antagelsen er, at en elbils opladningsbehov gennemsnitligt svarer til 2.580 kWh pr. år. Dernæst undersøges, hvor i distributionsnettet elbilerne vil lade op. Baseret på parkeringsforhold ved boligerne beregnes, hvor mange af elbilejerne der har adgang til hjemmeoplader. Figur 1.1 viser fremskrivning til 2040.



**Figur 1.1** Fremskrivning antal hjemmeopladere pr. netområde.

I 2040 er antallet af hjemmeopladere i 'Lav bebyggelse' højere end antallet af boliger. Fremskrivninger tyder på, at hver tredje husstand vil have 2 elbiler, og at ca. 20 % af husstandene i netområdet 'Lav bebyggelse' har 2 hjemmeopladere.

Det antages, at en hjemmeoplader dækker 85,0 % af en elbils opladningsbehov. Dette er gældende for alle netområder. Det resterende opladningsbehov skal dækkes med hurtig- og lynopladere. Under antagelse af en gennemsnitlig opladningseffekt for hurtig- (50 kW) og lynopladere (150 kW) samt en forventet gennemsnitlig anvendelsesgrad på 22,5 % og hhv. 15,0 %, kan det nødvendige antal af hurtig-/lynopladere i hvert netområde beregnes. Figur 1.2 viser fremskrivningen.



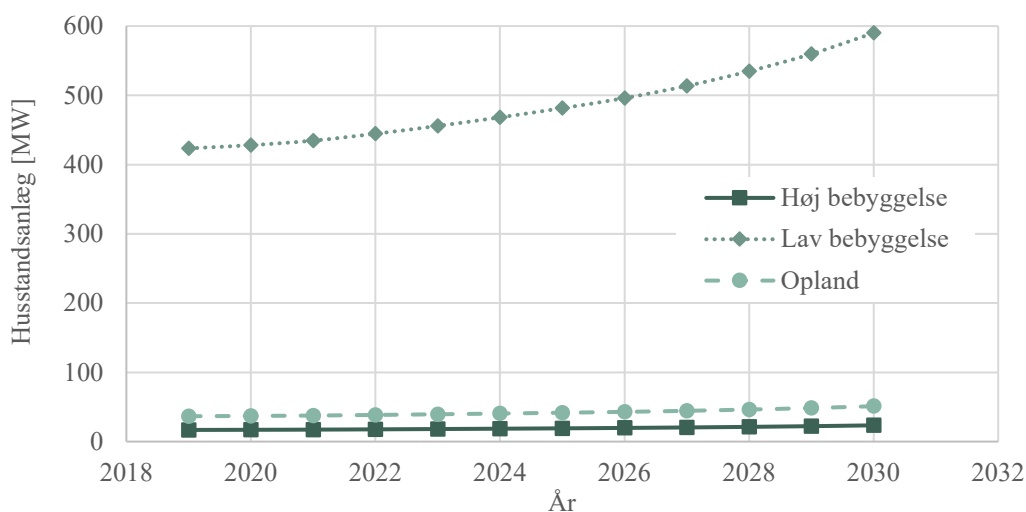
Figur 1.2 Fremskrivning hurtig- og lynopladere.

Fordelingen af antal hurtigopladere er baseret på en analyse af fordelingen af kommercielle og offentlige bygninger på netområderne. Antagelsen er, at hurtigopladere vil være tilgængelige på parkeringspladser, som tilhører disse bygninger. Fordelingen af lynopladere er baseret på en GIS-analyse, som undersøgte, hvordan tankstationer fordeler sig på netområderne. Antagelsen er, at lynopladere fordeler sig på samme måde.

### SOLCELLEANLÆG

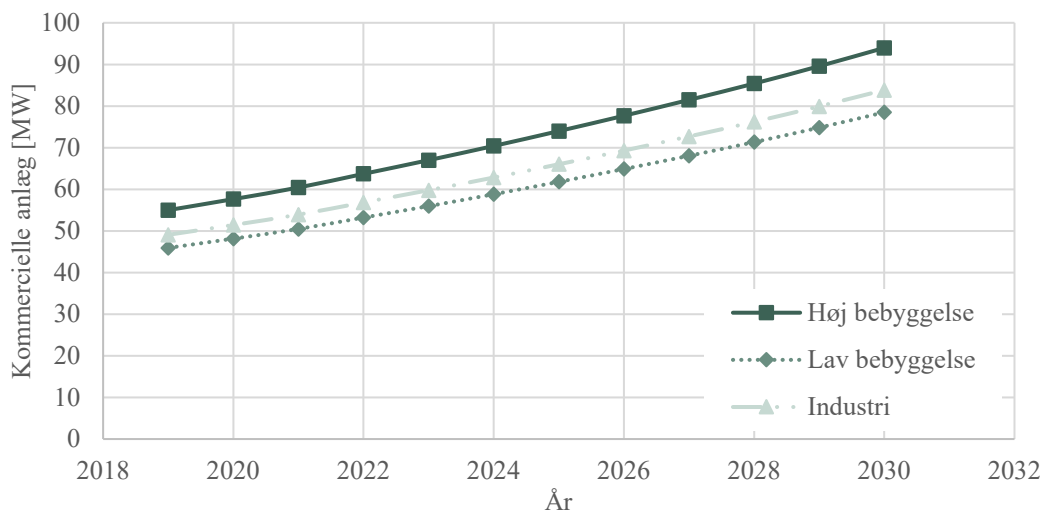
Fremskrivninger for solcelleanlæg skelner imellem 3 forskellige typer: husstandsanlæg, kommercielle anlæg og markanlæg, for hvilke der er beregnet fordelingsnøgler. Her er udviklingen kun fremskrevet til 2030 i Energistyrelsens rapport og dermed også i nærværende rapport.

Fordelingen af husstandsanlæg er baseret på antagelsen, at de kun er installeret på nogle af boligtyperne, nemlig villa, stuehus, rækkehuse, dobbelthuse og lignende. Med udgangspunkt i fordeling af disse boligtyper på netområderne er der beregnet en fordelingsnøgle for husstandsanlæg uden/med batteri. Den resulterende fremskrivning pr. netområde er vist i Figur 1.3.



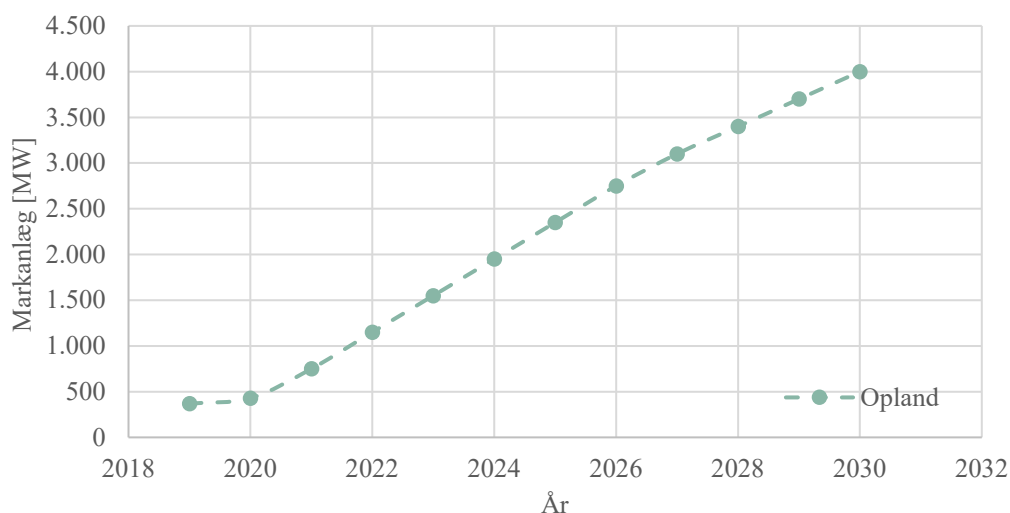
Figur 1.3 Fremskrivning husstandsanlæg uden/med batteri pr. netområde.

Kommercielle anlæg vil være installeret på kommercielle og offentlige bygninger. Baseret på denne antagelse fordeles anlæg med samme fordelingsnøgle som hurtigopladere. Figur 1.4 viser fremskrivning af antal kommercielle anlæg pr. netområde.



Figur 1.4 Fremskrivning kommercielle solcelleanlæg pr. netområde.

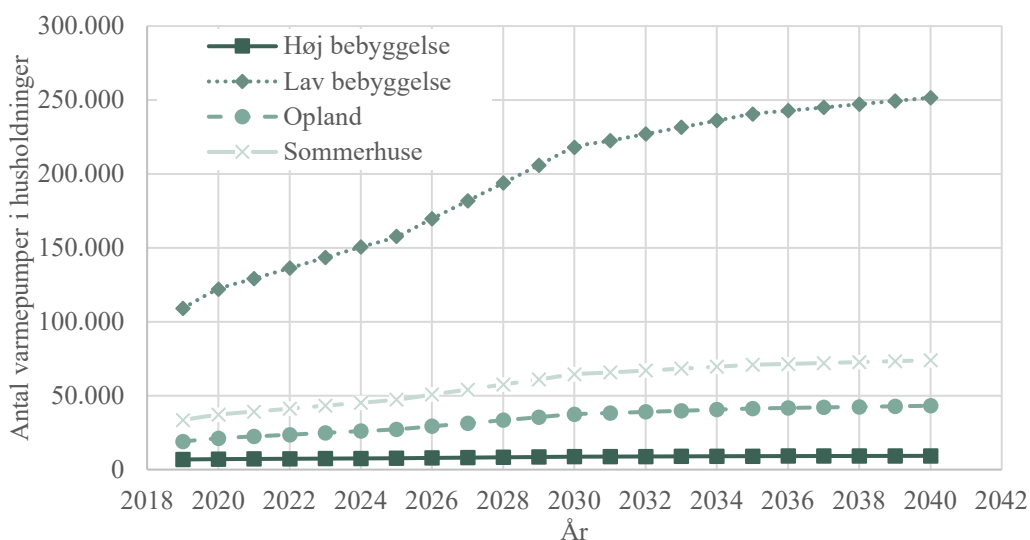
Markanlæg er store installationer på marker, som kun findes i netområdet 'Opland'. Figur 1.5 viser fremskrivningen af markanlæg.



Figur 1.5 Fremskrivning markanlæg i 'Opland'.

### INDIVIDUELLE VARMEPUMPER

Fordelingen af varmepumper i husholdninger er baseret på en analyse af opvarmningsformer i boligerne i de forskellige netområder. Det vurderes, at det er sandsynligt, at boliger med centralvarme (som fx bruger naturgas, olie eller andre brændsler) eller elvarme som primær opvarmningskilde på et tidspunkt skifter til en varmepumpe. Det gælder dog ikke for etageboliger, hvor det vil være både besværligt og uæstetisk at installere individuelle varmepumper. Det antages, at det kun er dem, der har elvarme, der skifter til varmepumper. Figur 1.6 viser udviklingen af antal individuelle varmepumper fordelt på netområderne.

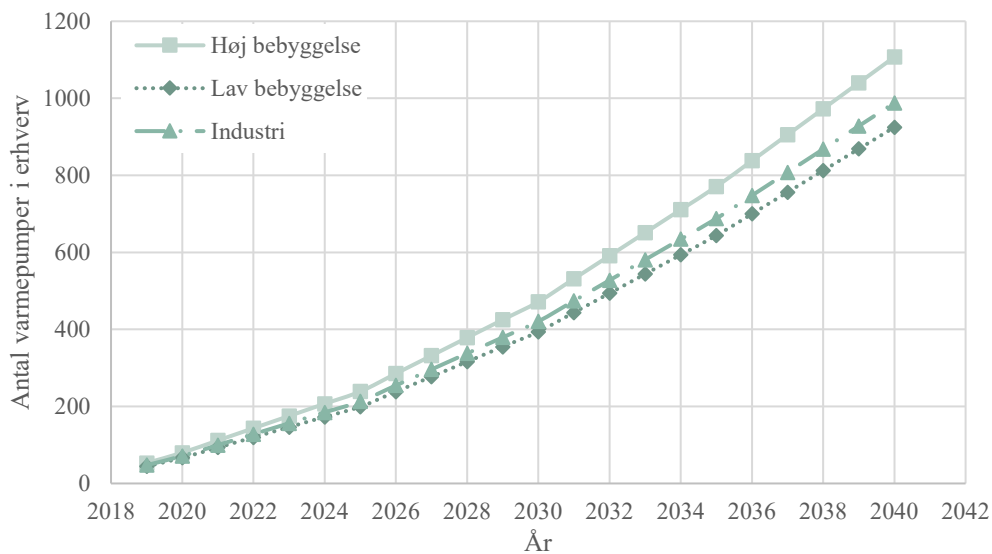


Figur 1.6 Fremskrivning varmepumper i husholdninger.

Antagelsen er, at en varmepumpe i en helårsbolig forbruger ca. 7.000 kWh pr. år og i et sommerhus ca. 3.100 kWh pr. år.



Varmepumper i erhverv er fordelt baseret på andel af kommercielle og offentlige bygninger i netområderne. Figur 1.7 viser fremskrivning af varmepumper i erhverv.



**Figur 1.7 Fremskrivning varmepumper i erhverv.**

Der er stor variation i størrelse og forbrug af disse varmepumper. Baseret på analyse af en række varmepumper i erhverv er antagelsen, at et gennemsnitligt årligt forbrug ligger på 0,64 GWh pr. år.



## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>Resume</b> .....	<b>5</b>
<i>Elbiler</i> .....	5
<i>Solcelleanlæg</i> .....	7
<i>Individuelle varmepumper</i> .....	8
<b>Indholdsfortegnelse</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Indledning</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Grundlæggende forudsætninger</b> .....	<b>14</b>
2.1 <i>Grundlæggende antagelser for fordeling af nyt elforbrug og -produktion</i> .....	14
2.2 <i>Netområderne</i> .....	14
2.3 <i>Analyseforudsætninger</i> .....	15
<b>3 Hvilke boligtyper findes i de forskellige netområder?</b> .....	<b>16</b>
3.1 <i>Høj bebyggelse</i> .....	16
3.2 <i>Lav bebyggelse</i> .....	17
3.3 <i>Opland</i> .....	17
3.4 <i>Sommerhuse</i> .....	18
3.5 <i>Industri</i> .....	18
3.6 <i>Oversigt</i> .....	18
<b>4 Hvordan fordeler kommercielle bygninger sig på netområderne?</b> .....	<b>21</b>
<b>5 Elbiler</b> .....	<b>23</b>
5.1 <i>Forventet udvikling af elforbrug i let vejtransport</i> .....	23
5.2 <i>Datagrundlag til fordeling af elbiler</i> .....	24
5.3 <i>Hvordan er biler fordelt på boligtyper i dag?</i> .....	25
5.4 <i>Hvordan er biler fordelt på netområderne i dag?</i> .....	26
5.5 <i>Hvordan vil elbiler fordele sig på netområderne?</i> .....	27
5.6 <i>Hvor vil elbilerne oplade?</i> .....	29
<b>6 Solcelleanlæg</b> .....	<b>34</b>
6.1 <i>Forventet udvikling af elproduktion</i> .....	34
6.2 <i>Fordelingen af husstands anlæg</i> .....	34
6.3 <i>Fordelingen af kommercielle anlæg</i> .....	36
6.4 <i>Fordelingen af mark anlæg</i> .....	36
6.5 <i>Oversigt</i> .....	37
<b>7 Individuelle varmepumper</b> .....	<b>38</b>

<i>7.1 Varmepumper i husholdninger</i> .....	38
<i>7.2 Varmepumper i erhverv</i> .....	45
<b>Referenceliste</b> .....	<b>48</b>

## 1 INDLEDNING

Øget elektrificering og udbygning af vedvarende energi betyder, at distributionsnettet skal løfte en hel anden opgave end tidligere, hvor elektriciteten blev produceret på store kraftværker og distribueret ud til forbrugerne.

Disse nye rammebetingelser skaber et behov for at udbygge distributionsnettet, da nettet fremover har brug for mere kapacitet og skal transportere væsentlig mere energi. Der er derfor behov for at finde frem til en robust model for at beregne de investeringer, de danske netselskaber kan forvente for at løse den opgave, de er blevet stillet.

Til dette formål er der behov for at få fastlagt, hvordan nationale fremskrivninger af elforbrug og -produktion kan fordeles i distributionsnettet, da fordelingen ikke vil være jævnt fordelt.

I denne rapport beskrives en metode til bestemmelse af, hvor i det danske distributionsnet de nye elforbrugere og -producenter (elbiler, varmepumper og solcelleanlæg) vil blive tilsluttet. Denne fordeling vil give os mulighed for at analysere, hvor meget af nettet der vil blive overbelastet og dermed identificere det investeringsbehov, der vil opstå i distributionsnettet som følge af elektrificeringen i transport- og varmesektoren.

I rapporten er elnettet inddelt i 5 netområder; 'Høj bebyggelse', 'Lav bebyggelse', 'Op-land', 'Sommerhuse' og 'Industri' samt ét varmeområde 'Kollektiv varmeforsyning'. Definitionen af netområderne er beskrevet i [Ref. 1].

Baseret på data fra Danmarks Statistik, Energistyrelsen, Transportvaneundersøgelsen og andre kilder beregnes fordelingsnøgletal til fordeling af elbiler, varmepumper og solcelleanlæg på netområderne. Formålet er at levere nøgletal, som gør det muligt at fordele nyt elforbrug og -produktion af elbiler, varmepumper eller solcelleanlæg på netområderne. Elforbrugs- og elproduktionstal kan komme fra forskellige analyser, som forudberegner den fremtidige udvikling.

I rapporten vises fordelingen af elbiler, varmepumper og solcelleanlæg baseret på de nationale fremskrivninger i Energistyrelsens rapport 'Analyseforudsætninger til Energinet' 2019 [Ref. 2], men metoden kan anvendes på vilkårlige fremskrivninger.

## 2 GRUNDLÆGGENDE FORUDSÆTNINGER

I dette afsnit beskrives de grundlæggende antagelser for fordeling af elforbrug og -produktion. Samtidig gives en kort introduktion til netområderne og de nationale analyseforudsætninger.

### 2.1 GRUNDLÆGGENDE ANTAGELSER FOR FORDELING AF NYT ELFORBRUG OG -PRODUKTION

Den grundlæggende antagelse for fordeling af elbiler, varmepumper og solcelleanlæg er, at der findes en korrelation med boligtyperne.

De typiske boligtyper er forskellige fra land til by. I byer bor mange i etageboliger (høj bebyggelse), hvor parkeringspladser kun er tilgængelige i begrænset omfang, dog er der god adgang til offentlig transport. I forstæder og på landet bor de fleste derimod i villaer, stuehuse, eller rækkehuse (lav bebyggelse). Her har de fleste mulighed for parkering på egen grund, og offentlig transport er ikke så udbygget. Med denne antagelse forventes det, at det gennemsnitlige antal biler pr. bolig, og dermed også elbiler, er højere i områder med lav bebyggelse end i områder med høj bebyggelse.

Afhængigt af boligtypen er der også forskel i opvarmningsformer. I byområder – og dermed høj bebyggelse – findes ofte fjernvarme. Mens det i lav bebyggelse og oplandsområder ofte er individuelle opvarmningsformer, såsom centralvarme med naturgas/olie eller andre energikilder, der varmer boligerne op.

På grund af disse og lignende korrelationer med boligtyper beskrives i det følgende en metode til fordeling af elbiler, varmepumper og solcelleanlæg baseret på boligtyperne i de forskellige netområder.

### 2.2 NETOMRÅDERNE

Netområderne er beskrevet i detaljer i rapporten [Ref. 1] og er anført i Tabel 2.1.

Tabel 2.1 6 netområder, som defineret i rapport [Ref. 1].



Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse	Industri
Etageejendomme på 3 eller flere etager	Villakvarterer, rækkehuse og lignende områder (1 og 2 etager)	Større afstand mellem kunderne. Typisk et enkelt eller ganske få stuehuse	Sommerhuse, sædvanligvis ikke helårsboet	Kunder deler ofte ikke udføring med andre

Der findes desuden en undertype, 'Kollektiv varmeforsyning'. Denne undertype overlapper til dels de 5 netområder.

### 2.3 ANALYSEFORUDSÆTNINGER

Forventninger til fremtidens udvikling af nye elforbrugere og -producenter bliver hvert år udarbejdet af Energistyrelsen i rapporten 'Analyseforudsætninger til Energinet'. I denne rapport beskrives udviklingen af det danske energisystem frem mod 2040. I modsætning til basisfremskrivningen [Ref. 3] er analyseforudsætningerne ikke baseret på 'frozen policy', men et 'bedste bud' på en langsigtet grøn omstilling holdt op mod politiske mål- og delmålsætninger [Ref. 2]. Herunder beskrives den forventede udvikling af nyt elforbrug og -produktion, fx elbiler, varmepumper og solcelleanlæg.

Energinet anvender resultaterne [Ref. 2] til at udvikle energisystemets infrastruktur, og de indgår dermed i en række andre analyser, for eksempel: analyser af fremtidige, langsigtede netinvesteringer, reinvesterings- udbygnings- og saneringsplanen, miljørapporten, forsyningssikkerhedsredegørelserne, indrapporteringer til de europæiske TSO-netværk, m.m. Derfor bør netselskaberne tage udgangspunkt i samme forudsætninger som basisscenarie for udviklingen af distributionsnettet.

### 3 HVILKE BOLIGTYPER FINDES I DE FORSKELLIGE NETOMRÅDER?

For at anvende boligtyper til at fordele det fremtidige elforbrug og -produktion undersøges det først, hvordan forskellige boligtyper er fordelt på de enkelte netområder. Til dette formål anvendes data fra 2 tabeller fra Danmarks statistik<sup>1</sup>:

**BOL104:** Boliger efter område, beboertype, anvendelse, udlejningsforhold, husstandstype og antal hjemmeboende børn; år: 2011-2019

**BYGB12:** Bygninger efter område, ejerforhold, anvendelse og arealintervaller; år: 2011-2019

I tabellen BOL104 fremgår følgende boligtyper:

- Parcel/Stuehuse
- Række-/dobbelthuse
- Etageboliger
- Kollegier
- Døgninstitutioner
- Fritidshuse
- Andet

Antallet af boliger i kategorierne; 'Kollegier', 'Døgninstitutioner' og 'Andet' er lave, og derfor vurderes det, at disse boligtyper ikke bør medtages ved fordeling af elbiler, solcelleanlæg og varmepumper.

I det følgende beskrives principperne og de fremgangsmåder, der er brugt til at estimere andelen af boligtyperne i de forskellige netområder.

#### 3.1 HØJ BEBYGGELSE

I netområdet 'Høj bebyggelse' er den største andel af boliger etageboliger, og der er relativt få boliger af typerne 'Parcel/Stuehuse' og 'Række-/dobbelthuse'. Tabel 3.1 viser 2 kommuner, som er domineret af høj bebyggelse.

---

<sup>1</sup> <https://www.dst.dk/da> (sidst besøgt: 24-09-2019)



**Tabel 3.1 Andel af boligtyper i 2 kommuner, København og Frederiksberg, som er domineret af høj bebyggelse.**

Område	Antal boliger	Etageboliger	Parcel/Stuehuse	Række-/dobbelt huse	Stuehuse til landbrug
Frederiksberg	51.790	96,9 %	1,9 %	1,2 %	0,0 %
København	294.917	92,0 %	5,0 %	3,0 %	0,0 %
Høj bebyggelse		94,5 %	3,4 %	2,1 %	0,0 %

Tabellen viser, at andelen af etageboliger er højere end 90,0 %. Resten er fordelt på 'Parcel/Stuehuse' og 'Række-/Dobbelt huse', hvor andelen for hver maksimalt er 5,0 %. I den nederste række er gennemsnittet for hver boligtype udregnet. Denne andelsfordeling bruges fremover i netområdet 'Høj bebyggelse'.

### 3.2 LAV BEBYGGELSE

'Lav bebyggelse' er defineret til at indeholde villakvarterer, rækkehuse og lignende områder, hvor bygninger er på 1 eller 2 etager og koncentrationen af boliger i et område er højere end 5-10 [Ref. 1]. Dermed er boliger i området af typen 'Parcel/stuehuse' og 'Række-/Dobbelt huse'.

Baseret på data fra Danmarks Statistik og antal 'Parcel/Stuehuse' og 'Række-/dobbelt huse' i de andre netområder har vi beregnet andelen af disse i netområdet 'Lav bebyggelse'. I området er 73,0 % af boligerne 'Parcel-/Stuehuse' og 27,0 % 'Række-/dobbelt huse'.

### 3.3 OPLAND

Boligtypen 'Parcel/Stuehuse' indeholder villaer og parcelhuse, som findes i netområdet 'Lav bebyggelse', men også stuehuse, som findes i netområdet 'Opland'. For at bestemme andelen af nye elforbrugere og -producenter i 'Opland' er det derfor nødvendigt videre at opdele boliger i kategorien 'Parcel/Stuehuse'. Det antages, at antal boliger i kategorien 'Parcel/Stuehuse' er lig med antal bygninger i samme kategori. Til denne beregning kan tabel BYGB12 fra Danmarks Statistik bruges. Den viser antal bygninger i kommunerne fordelt på bygningens anvendelse. En kategori i tabellen BYGB12 er 'Stuehuse til landbrugsejendomme'. Antagelsen er, at bygninger af denne type kun findes i netområdet 'Opland'. I resten af afsnittet bruges derfor en modificeret version af tabellen BOL104, hvor kategorien 'Stuehuse til landbrugsejendomme' er tilføjet, og antal boliger i kategorien 'Parcel/Stuehuse' er reduceret tilsvarende med antal boliger/bygninger i den nye kategori.

I netområde 'Opland' er de fleste boliger af typen 'Stuehus til landbrugsejendom', og få er af typen 'Parcel/stuehuse' og 'Række-/dobbelt huse'. Udvalgte kommuner (blandt andre Assens, Kalundborg, Lolland, Morsø og Tønder) blev undersøgt for at komme frem til en fordeling. Baseret på det, er antagelsen, at i 'Opland' er ca. 92,0 % 'Stuehus til landbrugsejendom', 5,0 % er 'Parcel/stuehuse', og 3,0 % er 'Række-/dobbelt huse'.

### 3.4 SOMMERHUSE

I netområdet 'Sommerhuse' er antagelsen, at alle boliger er af typen 'Fritidshus'.

### 3.5 INDUSTRI

I netområdet 'Industri' er antagelsen, at der ikke er nogen boliger.

### 3.6 OVERSIGT

På baggrund af vurderinger og de beskrevne principper blev fordelingen af boligtyper for hver netområde bestemt. Tabel 3.2 viser en oversigt over resultaterne. Tallene i hver kolonne summerer til 100 %.

Tabel 3.2 Oversigt over fordeling af boligtyper i de forskellige netområder.



Boligtype	Danmark	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse	Industri
Etagebolig	40,2 %	94,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-
Parcel/ Stuehuse	40,2 %	3,4 %	72,9 %	5,0 %	0,0 %	-
Række-/ dobbelt- huse	15,4 %	2,1 %	27,1 %	3,0 %	0,0 %	-
Stuehuse til land- brugs- ejendomme	4,2 %	0,0 %	0,0 %	92,0 %	0,0 %	-
Fritidshus	-	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %	-

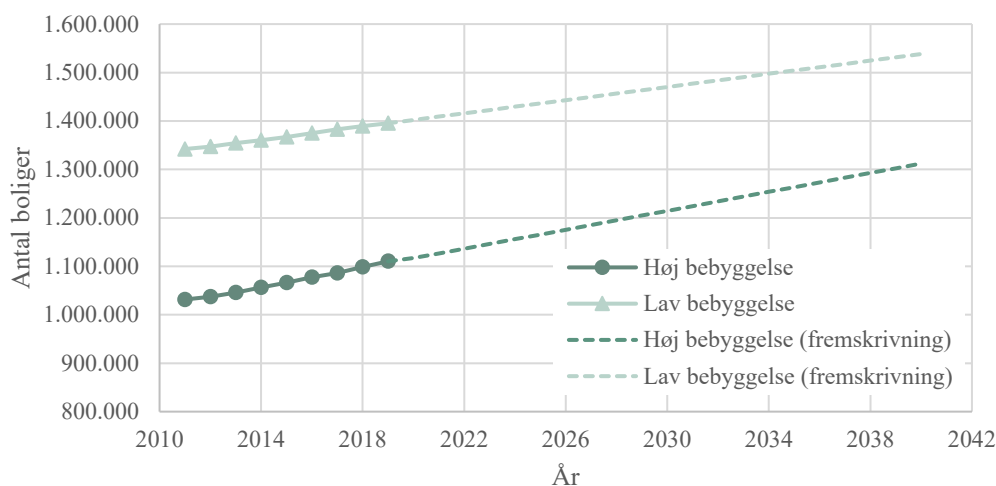
Tabellen viser også tallene for hele Danmark. 40,2 % af boligerne i Danmark er 'Etageboliger', og lige så mange er 'Parcel/stuehuse'. I 'Høj bebyggelse' er 95,0 % af boligerne etageboliger.

Tabel 3.3 viser antal boliger opdelt på boligtyper i de forskellige netområder.

Tabel 3.3 Antal boliger i netområderne.

Boligtype	Danmark	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse
Etagebolig	1.055.240	1.055.240	0	0	0
Parcel/ Stuehuse	1.056.033	33.323	1.016.670	6.039	0
Række-/ dobbelthuse	404.179	22.216	378.340	3.624	0
Stuehuse til landbrugs- ejendomme	111.126	0	0	111.126	0
Fritidshus	244.637	0	0	0	244.637

Baseret på historiske data fra Danmarks Statistik (tabel BOL101 og BYGB12) og fordelingen af boligtyper på netområderne (se Tabel 3.2) fremskrives udviklingen af antal boliger i netområderne 'Høj bebyggelse' og 'Lav bebyggelse'. Det antages ikke, at antallet af boliger i netområderne 'Sommerhuse' og 'Opland' vil ændre sig signifikant. Figur 3.1 viser resultatet af fremskrivningen.



Figur 3.1 Fremskrivning af udviklingen af antal boliger i 'Høj bebyggelse' og 'Lav bebyggelse'.

Antal boliger i 'Lav bebyggelse' antages at stige fra i 2019 ca. 1,40 mio. til 1,54 mio. i 2040. I 'Høj bebyggelse' regnes med en stigning fra 1,11 mio. boliger i 2019 til 1,31 mio. i 2040.

Tabel 3.4 viser, hvordan de forskellige boligtyper er fordelt i de forskellige netområder. Tallene i hver række summerer til 100 %.

**Tabel 3.4 Fordeling af boliger på netområderne.**



Boligtype	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse
Etagebolig	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Parcel/ Stuehuse	3,1 %	96,3 %	0,6 %	0,0 %
Række-/ dobbelthuse	5,5 %	93,6 %	0,9 %	0 %
Stuehuse til landbrugs- ejendomme	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %
Fritidshus	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

For eksempel findes 100 % af etageboligerne i netområdet 'Høj bebyggelse' og 96,3 % af parcel/stuehuse i netområdet 'Lav bebyggelse'.

#### 4 HVORDAN FORDELER KOMMERCIELLE BYGNINGER SIG PÅ NETOMRÅDERNE?

Med hensyn til fordeling af hurtigopladere og kommercielle solcelleanlæg på netområderne er det antagelsen, at det afhænger af, hvor mange kommercielle bygninger der er i områderne.

Følgende data fra Danmarks Statistik anvendes til at bestemme procentfordelingen af kommercielle bygninger:

**BYGB12:** Bygninger efter område, ejerforhold, anvendelse og arealintervaller; år: 2019

Tabel 4.1 viser antal kommercielle bygninger i udvalgte kategorier og fordelingsnøgle på de 5 netområder.

Procentfordelingen af bygninger i de enkelte bygningskategorier er baseret på en individuel vurdering af, hvor mange af en slags bygning, der findes i et netområde.

Baseret på fordelingen viser tabellen antal kommercielle bygninger og den procentuelle fordeling på netområderne.

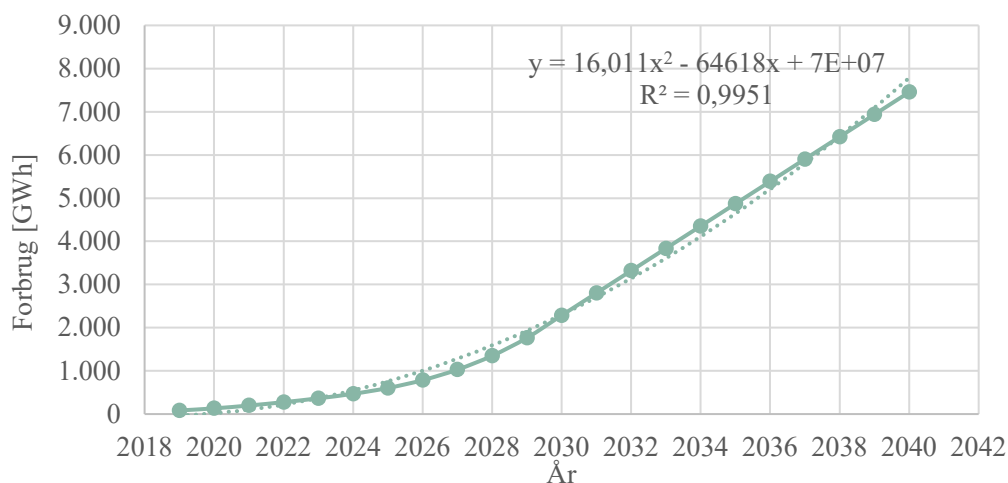
**Tabel 4.1 Antal udvalgte kommercielle bygninger og deres fordeling i netområderne.**

Bygnings-kategori	Antal i Danmark	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse	Industri
Bygning til produktion	9.780	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Bibliotek, kirke, museum og lign.	12.316	70,0 %	30,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Daginstitutioner	9.256	50,0 %	50,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Hospital, sygehus og lign.	2.950	80,0 %	20,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Hotel, restaurant, frisør og lign.	14.620	60,0 %	40,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Undervisning, forskning og lign.	18.464	70,0 %	30,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Kontor, handel, lager, offentlig administration mv.	93.651	50,0 %	50,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Døgninstitutioner	4.493	50,0 %	50,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
El-, gas-, vand- og varmekærker	18.217	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Fabrikker, værksteder og lign.	52.798	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Idrætshaller, klubhuse	10.425	60,0 %	40,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
<b>Hovedtotal</b>	<b>246.970</b>	<b>90.548</b>	<b>75.627</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>80.795</b>
<b>Andel</b>		<b>36,7 %</b>	<b>30,6 %</b>	<b>0,0 %</b>	<b>0,0 %</b>	<b>32,7 %</b>

## 5 ELBILER

### 5.1 FORVENTET UDVIKLING AF ELFORBRUG I LET VEJTRANSPORT

Fordeling af elbiler beregnes med data fra Danmarks Statistik og Energistyrelsens rapport [Ref. 2], som udgør basisscenariet for udviklingen i distributionsnettet, se Figur 5.1.



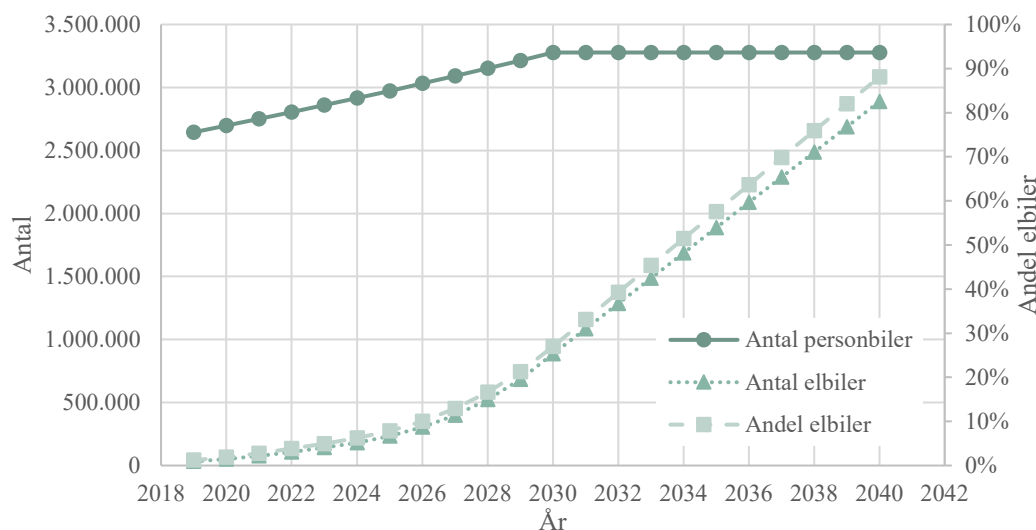
Figur 5.1 Udviklingen i det forventede elforbrug til personbiler og varebiler [Ref. 2].

Kurven viser, at der forventes en næsten kvadratisk vækst af elforbrug til personbiler og varebiler frem til 2040. I dag er kun 10 % varebiler. Hvor stor en andel af varebilerne, der vil blive elektrificeret, og hvor mange der vil bruge biobrændsel, er ret usikkert. Fordi andelen af varebiler er lav, antages det i resten af rapporten, at elforbruget kun er fra personbiler.

Resultater fra transportvaneundersøgelsen<sup>2</sup> viser, at den gennemsnitlige køreafstand pr. bil pr. dag er 45 km. Det svarer til ca. 16.000 km pr. år. I nærværende rapport antages, at en elbils effektivitet er 6,2 km pr. kWh. Baseret på årlig køreafstand og en elbils effektivitet er det beregnede årlige elforbrug således 2.580 kWh pr. elbil.

Figur 5.2 viser den forventede udvikling i antal personbiler og elbiler. Antal personbiler forventes at stige med en årlig vækstrate på 1,97 % frem til 2030 ifølge Energistyrelsens Basisfremskrivning [Ref. 4]. Baseret på denne vækstrate er bestanden af biler vokset til ca. 3.3 mio. biler i 2030. I perioden fra 2030 til 2040 antages bestanden for at være konstant.

<sup>2</sup> <https://www.cta.man.dtu.dk/Transportvaneundersoegelsen> (sidst besøgt 17-09-2019)



Figur 5.2 Forventet udvikling af antal personbiler, antal og andel elbiler.

Det antages, at antal elbiler, ligesom elforbrug til personbiler, stiger med en næsten kvadratisk ligning. Det beregnede antal elbiler overstiger 1 mio. elbiler i 2031, og i 2040 antages at 88,1 % af personbilerne er elbiler.

Fordelingen af elbiler på de 5 netområder, som tidligere er nævnt i afsnit 2.2, foregår i 3 skridt:

1. Hvordan er biler fordelt på boligtyper i dag?
2. Hvordan er biler fordelt på netområderne i dag?
3. Hvordan fordeles elbiler på netområderne?

## 5.2 DATAGRUNDLAG TIL FORDELING AF ELBILER

Om en husstand har ingen, én eller flere biler afhænger af flere faktorer. For eksempel har byboere gennemsnitligt færre biler, hvilket kan skyldes bedre offentlig transport eller dårlige parkeringsmuligheder. Oplandsboere har til gengæld gennemsnitligt mere end én bil pr. husstand. Samtidig er boligtyper forskellige i bykerner, der er domineret af etageboliger, mens der på opland findes flere parcel- og stuehuse. På baggrund af det beregnes et nøgletal 'biler pr. bolig' for hver af de forskellige boligtyper. Nøgletallene kan anvendes til at estimere antal biler i et område baseret på antal boliger, som er kategoriseret i de forskellige boligtyper.

Der beregnes nøgletal for følgende boligtyper: Etageboliger, Parcel/Stuehuse, Række/Dobbelthuse og Stuehuse til landbrugsejendom. For hver boligtype beregnes nøgletallet for biler pr. bolig. Datagrundlaget er følgende tabeller fra Danmarks Statistik, som indeholder data for hele Danmark:

**BIL707:** Bestanden af køretøjer pr. 1. januar efter område og køretøjstype; år: 2019

**BOL104:** Boliger efter område, beboertype, anvendelse, udlejningsforhold, husstandstype og antal hjemmeboende børn; år: 2019

**BYGB12:** Bygninger efter område, ejerforhold, anvendelse og arealintervaller; år: 2019



Derudover bruges resultaterne fra afsnit 3.6, hvor andel af boligtyper for hvert netområde blev beregnet.

### 5.3 HVORDAN ER BILER FORDELT PÅ BOLIGTYPER I DAG?

For at finde fordelingen af biler pr. netområde bestemmes et nøgletal 'biler pr. bolig' for hver boligtype.

Tabellen BIL707 leverer bestanden af personbiler opdelt på kommuner, og tabel BOL104 og BYGB12 leverer antal boliger fordelt på boligtyperne og kommunerne. Data fra disse tabeller er samlet i en tabel, hvor nøgletallet 'biler pr. bolig' for hver kommune er beregnet. Et udklip af tabellen vises i Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Udklip af tabellen, som lister boliger, biler og nøgletallet 'biler pr. bolig' pr. kommune.

Kommune	Etageboliger [a]	Parcel/ Stuehuse [b]	Række- /dobbelt- huse [c]	Stuehuse til landbrug [d]	Antal boliger	Bestand Person- biler [PB]	Biler pr. bolig [bpb]
Albertslund	36,8 %	14,5 %	48,6 %	0,1 %	11.160	10.046	0,90
Allerød	19,8 %	51,6 %	27,0 %	1,6 %	10.380	11.761	1,13
...							

Antagelsen er, at nøgletallet 'biler pr. bolig' ( $bpb$ ) for hvert område er den vægtede sum af nøgletallene af de forskellige boligtyper, hvor vægtingen er andel af boligtyperne i kommunen.

$$bpb_k \approx \alpha \cdot a_k + \beta \cdot b_k + \gamma \cdot c_k + \beta \cdot d_k = f_k \quad (5.1)$$

Parametrene  $a_k$ ,  $b_k$ ,  $c_k$  og  $d_k$  er andel af etageboliger, parcel/stuehuse, række-/dobbelt-huse og stuehuse til landbrugsejendomme i kommunen  $k$ .  $\alpha$ ,  $\beta$ , og  $\gamma$  er nøgletallene for etagebolig, parcel/stuehus/stuehus til landbrugsejendom og række-/dobbeltthus, og  $f$  er det beregnede nøgletal 'biler pr. bolig' for kommunen.

For at beregne parametrene  $\alpha$ ,  $\beta$ , og  $\gamma$  defineres et optimeringsproblem, som forsøger at minimere afvigelseerne mellem det faktiske nøgletal  $bpb$  og det beregnede nøgletal  $f$  for hver kommune.

Målfunktionen er at minimere den gennemsnitlige absolutte afvigelse.

$$\min \sum_k \frac{|f_k - bpb_k| \cdot PB_k}{\text{Antal kommuner}} \quad (5.2)$$

Hvor

$$\alpha, \beta, \gamma > 0$$

$$f_k = \alpha \cdot a_k + \beta \cdot b_k + \gamma \cdot c_k + \beta \cdot d_k$$

$PB_k$  er bestand af personbiler i kommunen  $k$ .

Resultatet af optimeringsproblemet er den bedste kombination af nøgletallene  $\alpha$ ,  $\beta$ , og  $\gamma$ , som er vist i Tabel 5.2.

**Tabel 5.2** Resulterende sæt af nøgletal 'biler pr. bolig'.

Boligtype	Etageboliger $\alpha$	Parcel/ Stuehuse $\beta$	Række- /dobbelthuse $\gamma$	Stuehuse til landbrugsejd. $\beta$
Biler pr. bolig	0,48	1,32	1,12	1,32

#### 5.4 HVORDAN ER BILER FORDELT PÅ NETOMRÅDERNE I DAG?

I næste skridt skal bestanden af biler i hvert netområde beregnes.

##### 5.4.1 Høj bebyggelse, lav bebyggelse og opland

For netområderne 'Høj bebyggelse', 'Lav bebyggelse' og 'Opland' kan bilbestanden beregnes baseret på fordeling af boliger på netområderne (se Tabel 3.3 i afsnit 3.6) og de beregnede nøgletal for hver boligtype (se Tabel 5.2).

**Tabel 5.3** Resulterende fordeling af biler pr. netområde.

Boligtyper	Antal biler pr. boligtype	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland
Etagebolig	0,48	506.515	0	0
Parcel/Stuehuse	1,32	43.987	1.342.005	7.972
Række-/dobbelthuse	1,12	24.881	423.741	4.059
Stuehuse til landbrugs- ejendomme	1,32	0	0	146.686
<b>Antal biler pr. nettype</b>	<b>2.499.846</b>	<b>575.383</b>	<b>1.765.745</b>	<b>158.717</b>
<b>Andel biler pr. nettype</b>		<b>23,0 %</b>	<b>70,6 %</b>	<b>6,4 %</b>

Tabel 5.3 viser antal og andel af biler i de forskellige netområder. Derudover viser tabellen det samlede antal biler beregnet med nøgletallene. Det faktiske antal personbiler i Danmark i 2019 var 2.591.893 biler, og dermed afviger den beregnede værdi med kun 3,6 %. Det bekræfter, at beregninger med nøgletal er tilstrækkeligt nøjagtige.

##### 5.4.2 Sommerhuse

Netområder af typen 'Sommerhuse' er generelt afsidesliggende, og adgang til offentlig transport er begrænset. Derfor er det sandsynligt, at man bruger bilen for at køre til sit sommerhus, og som følge af det antages det, at der er én bil pr. sommerhus.

### 5.4.3 Industri

Data fra Danmarks Statistik viser, at der i 2017 var ca. 350.000 mennesker, som svarer til 11,0 % af alle ansatte, ansat i industribranchen<sup>3</sup>, og transportvaneundersøgelsen viser, at ca. 63 % af pendlerrejser foregår med bil [Ref. 6].

Dermed er antal pendlere med bil i industribranchen ca. 220.000 og i andre brancher ca. 1.761.000.

## 5.5 HVORDAN VIL ELBILER FORDELE SIG PÅ NETOMRÅDERNE?

### 5.5.1 Høj bebyggelse, lav bebyggelse og opland

Antagelsen er, at elbiler vil fordele sig med samme ratio som alm. biler fordeler sig på netområderne i dag. Tallene er oplyst i Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Fordeling af elbiler på netområderne: høj bebyggelse, lav bebyggelse og opland.

Netområde	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland
Fordeling elbiler	23,0 %	70,6 %	6,4 %

Med denne antagelse forventes det, at 70,6 % af elbilerne vil høre hjemme i områder med 'Lav bebyggelse', 23,0 % i 'Høj bebyggelse' og resten i området 'Opland'.

### 5.5.2 Industri

Antagelsen er, at pendlere med en pendlerafstand større end 20 km muligvis har behov for opladning ved arbejdspladsen. Ifølge Danmarks Statistik er pendlerafstanden for ca. 28,3 % af alle pendlere større end 20 km<sup>4</sup>. Det betyder, at der i industribranchen er ca. 56.000 pendlere med bil, som kunne have behov for opladning. Det vurderes, at det yderligere elforbrug pga. opladningsbehovet for pendlere er ubetydeligt sammenlignet med industriens almindelige elforbrug.

Øget forbrug pga. depotopladning er ikke taget med i betragtning i første omgang.

### 5.5.3 Sommerhuse

I netområder 'Sommerhuse' er der stor usikkerhed med hensyn til andelen af elbiler.

- Andelen kunne være større, fordi turister fra udlandet kommer med elbiler.
- Andelen kunne være mindre, fordi mange elbiler vil være små bybiler, og fordi benzin-/dieslbiler bruges til at køre længere afstande, fx til sommerhuset.
- Andelen kunne variere meget, afhængig af hvor mange sommerhuse, der er beboet samtidigt.

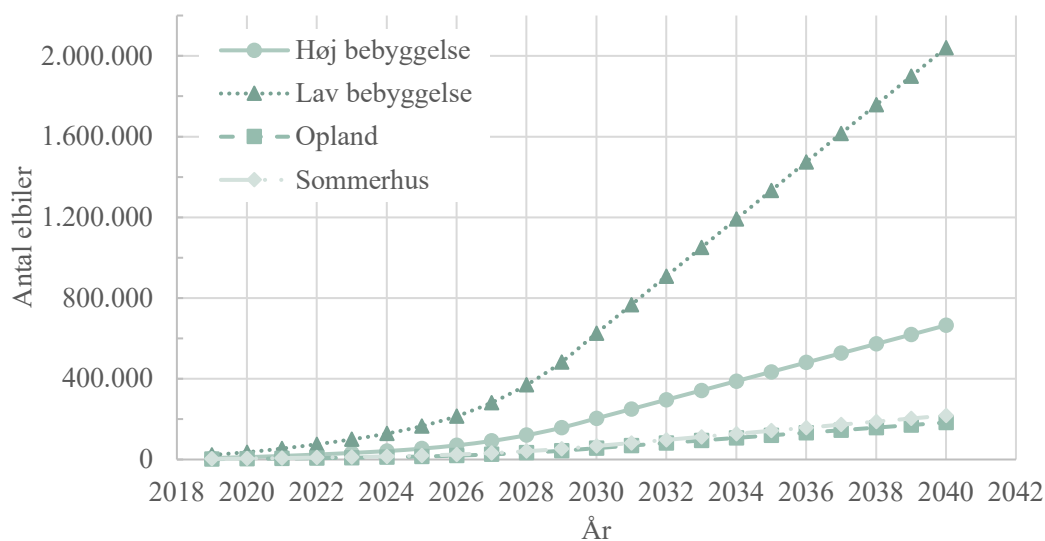
I første omgang antages det, at andelen af elbiler i netområdet 'Sommerhuse' stiger lige så meget som andelen for hele landet. Dette er vist i Figur 5.2.

<sup>3</sup> Danmarks Statistik, tabel ERHV2 'Arbejdssteder og job efter enhed, branche (DB07 10-grp), område og tid', 2017

<sup>4</sup> Danmarks Statistik, tabel AFSTA3 'Beskæftigede (ultimo november) efter køn, arbejdsstedsområde, tid, pendlingsafstand og socioøkonomisk status', 2017

### 5.5.4 Oversigt

Figur 5.3 viser resultatet af fordelingen af analyseforudsætninger. De forskellige kurver viser det forventede antal elbiler pr. netområde.



**Figur 5.3** Udviklingen af antal elbiler pr. nettype.

I områder med 'Lav bebyggelse' stiger antallet af elbiler hurtigst. Der forventes ca. 36.000 elbiler i 2020, 625.000 i 2030 og 2 millioner elbiler i 2040. I 'Opland' er antallet lavest, pga. det lave antal boliger. Her forventes ca. 218.000 elbiler i 2040.

## 5.6 HVOR VIL ELBILERNE OPLADE?

I det foregående afsnit er det beskrevet, hvor mange elbiler der vil være registreret i de forskellige netområder. Det betyder dog ikke, at elbilerne får dækket hele deres opladningsbehov i disse områder. I dette afsnit beskrives, hvor det forventes, at elbilerne vil blive opladet, og hvilken type opladning der vil blive brugt.

### 5.6.1 Hjemmeopladning

Om en elbilejer har mulighed for at installere og bruge hjemmeoplader, afhænger af boligtypen og parkeringsmulighederne. Antagelser er inspireret af analysen af parkeringsforhold i [Ref. 5] og er følgende:

- Parcel/Stuehuse:** Parkering på egen grund
- Række-/ dobbelthuse:** Ca. 70 % har parkering på egen grund
- Etageboliger:** Ca. 40 % har p-plads på eller ved ejendom
- Stuehuse til landbrugsejendomme:** Parkering på egen grund
- Sommerhuse:** Parkering på egen grund

Med disse antagelser og data fra transportvaneundersøgelsen om parkeringsforhold ved boligen beregnes andel af husstande, som har adgang til parkering på egen grund eller ved ejendommen i hvert netområde. Resultaterne vises i Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Andel parkering på egen grund/ved ejendommen eller kun på gaden.

Parkering	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhus
På egen grund eller ved ejendommen	41,1 %	91,9 %	99,1 %	100,0 %
Kun på gaden	58,9 %	8,1 %	0,9 %	-

For at beregne antal hjemmeopladere er der følgende antagelser:

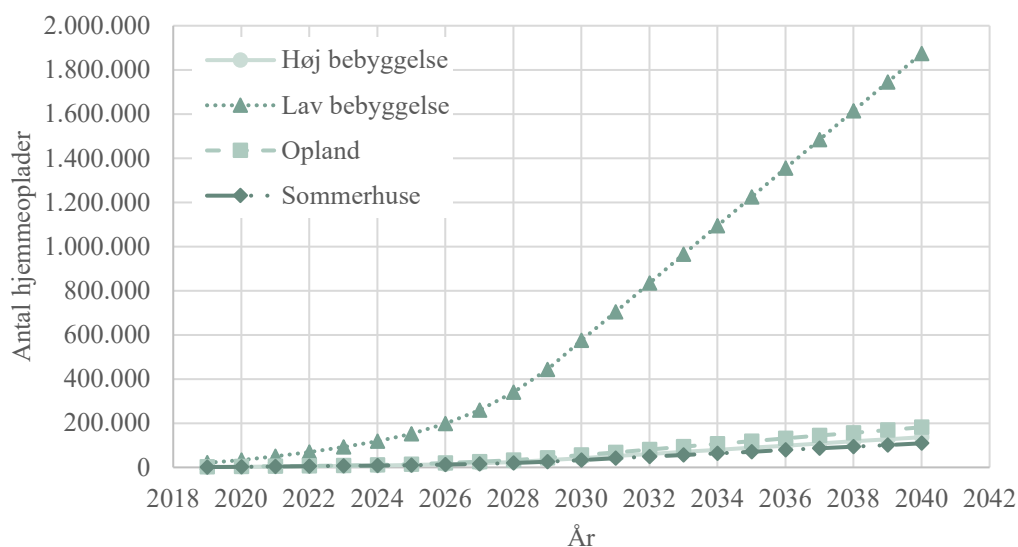
- Lav bebyggelse og opland:** Hvis parkering sker på egen grund, og beboer ejer en elbil, så vil de også installere en hjemmeoplader.
- Høj bebyggelse:** Parkering sker ikke på egen grund, men ved ejendommen. Antagelsen er, at 50 % af dem, som har parkering ved ejendommen, har mulighed for at installere en hjemmeoplader.
- Sommerhus:** Selvom parkering sker på egen grund, er det antagelsen, at kun 50 % vil installere en hjemmeoplader (pga. omkostninger).

Tabel 5.6 viser andel elbilejere i de forskellige områder, som har adgang til hjemmeoplader.

Tabel 5.6 Andel elbilejere med adgang til hjemmeopladning i de forskellige netområder.

Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhus
20,6 %	91,9 %	99,1 %	50,0 %

Figur 5.4 viser udviklingen af antal hjemmeopladere i de forskellige netområder.



Figur 5.4 Antal hjemmeopladere pr. netområde.

I 2040 er antal hjemmeopladere i ‘Lav bebyggelse’ steget til 1,87 mio., mens antallet af boliger kun er 1,54 mio. Fremskrivning af antal boliger, antal elbiler og hjemmeopladere antyder følgende: I 2040 vil der i et netområde ‘Lav bebyggelse’ med 10 husstande være 5 boliger, som har 2 biler, og 3 af dem har 2 elbiler. Ud af disse 3 husstande er der 2 som har 2 hjemmeopladere.

Hvis elbilejeren har adgang til en hjemmeoplader, er det antagelsen, at 85,0 % af opladningsbehovet vil blive dækket gennem hjemmeopladning [Ref. 7].

### 5.6.2 Hurtig- og lynopladere

For at beregne det nødvendige antal hurtig- og lynopladere er det nødvendigt at bestemme, hvor meget energi, der skal leveres gennem disse opladertyper.

I foregående afsnit blev antal hjemmeopladere beregnet med den antagelse, at de kan dække 85 % af opladningsbehovet. Derefter kan det resterende opladningsbehov for hvert område beregnes. I netområdet ‘Høj bebyggelse’ har 20,6 % af elbilejerne adgang til en hjemmeoplader, og dermed dækker denne opladertype 17,5 % af opladningsbehovet. For at fordele de resterende 82,5 % af opladningsbehovet, antages det, at 50,0 % er dækket af lynopladere [Ref. 7] og resten af hurtigopladere. I ‘Lav bebyggelse’ og ‘Opland’ er det henholdsvis 91,9 % og 99,1 % af elbilejerne, som har adgang til en hjemmeoplader. Det betyder, at denne opladertype dækker 78 % af opladningsbehovet i ‘Lav bebyggelse’ og 84,2 % i ‘Opland’. I begge netområder fordeles det resterende opladningsbehov ligeligt mellem hurtig- og lynopladere. Resultaterne er vist i Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Fordelingen af opladningsbehov for elbiler pr. netområde opdelt pr. opladertype.

Opladertype	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland
Hjemmeoplader	17,5 %	78,0 %	84,2 %

Hurtigoplader	32,5 %	11,0 %	7,9 %
Lynoplader	50,0 %	11,0 %	7,9 %

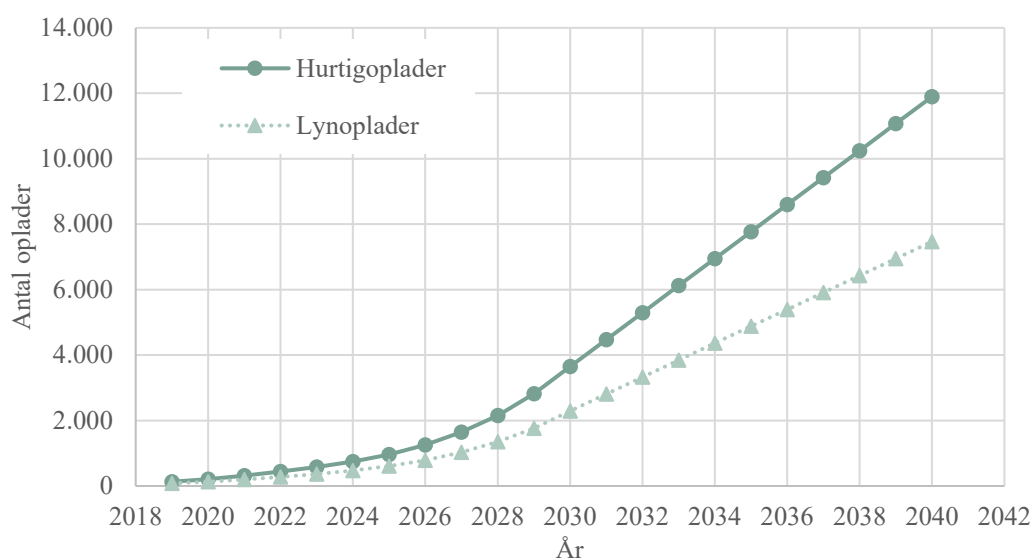
Baseret på fordelingen af elbilerne på netområderne og tallene fra Tabel 5.7 kan det beregnes, hvor meget energi der skal leveres gennem hurtig- og lynopladere.

For at bestemme det nødvendige antal hurtig- og lynopladere skal der tages hensyn til effekt og anvendelsesgrad af laderne. Baseret på data fra [Ref. 5] og [Ref. 7] bestemmes effekt og anvendelsesgrader for de 2 typer opladere. Dataene er vist i Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Data om hurtig- og lynopladere.

Opladertype	Effekt [kW]	Anvendelsesgrad	Energi leveret pr. dag [kWh]
Hurtigoplader	50	22,5 %	270
Lynoplader	150	15,0 %	540

Figur 5.5 viser udviklingen i antal hurtig- og lynopladere i Danmark fra 2019 til 2040.



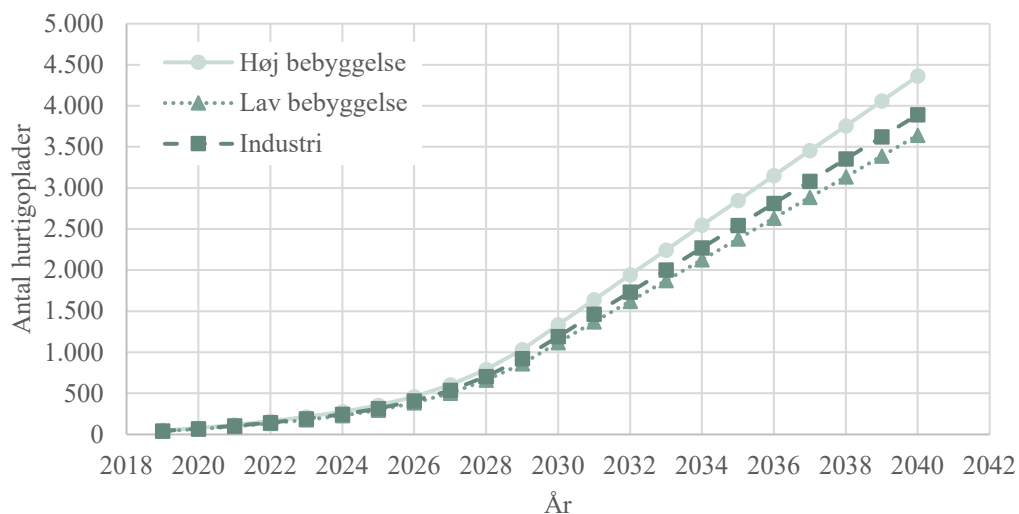
Figur 5.5 Udvikling i antal hurtig- og lynopladere.

Med antagelserne i Tabel 5.7 og Tabel 5.8 vil der være brug for ca. 200 hurtigopladere i 2020, og antallet forventes at stige til 3.700 i 2030 og 12.000 i 2040. En lignende kraftig stigning ses i antallet af lynopladere. I 2020 forventes ca. 130 i Danmark, 2.300 i 2030 og 7.500 i 2040.

### 5.6.3 Fordelingen af hurtigopladere på netområderne

Fordelingen af hurtigopladere baseres på fordelingsnøglen for kommercielle bygninger på netområderne, som blev beskrevet i afsnit 4 og vist i Tabel 4.1.

Baseret på disse tal vil 36,7 % af hurtigopladerne blive installeret i 'Høj bebyggelse', 32,7 % i 'Industri' og 30,6 % i 'Lav bebyggelse'. Figur 5.6 viser udviklingen af antal hurtigoplader fordelt på netområderne.



Figur 5.6 Fordeling af antal af hurtigoplader på netområderne.

Det er ikke forventningen, at hurtigopladerne vil blive oprettet i netområderne 'Opland' og 'Sommerhuse'.

Det forventes, at der i 2020 er ca. 65 hurtigoplader i 'Lav bebyggelse', 69 i 'Industri' og 77 i 'Høj bebyggelse'. Antallene forventes at være steget til omkring 3.600 i 'Lav bebyggelse', 3.900 i 'Industri' og 4.400 i 'Høj bebyggelse' i 2040.

#### 5.6.4 Fordelingen af lynopladerne på netområderne

For at bestemme, hvordan populationen af lynopladerne vil fordele sig i de forskellige netområder, antages det, at de vil erstatte almindelige tankstationer og således vil være at finde i de samme områder. For at identificere beliggenheder af tankstationer i Danmark bruges Google Maps. Det gør det muligt at få GPS-koordinaterne af tankstationerne, som derefter kan importeres i et GIS-værktøj. Baseret på dette datagrundlag er det analyseret, hvordan tankstationer fordeler sig på netområderne. Tabel 5.9 viser fordelingen af tankstationer i Danmark for hvert netområde.

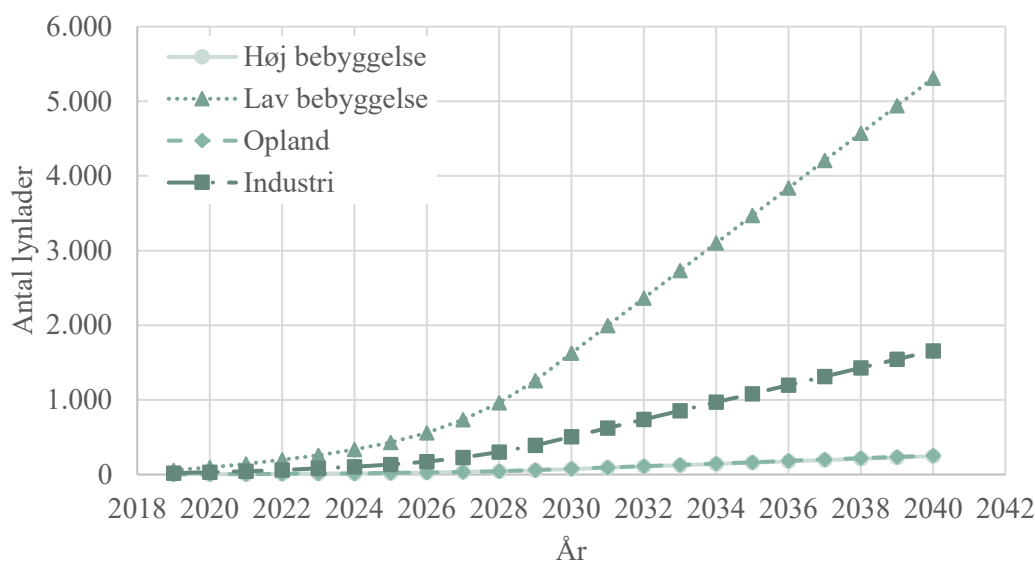
Tabel 5.9 Fordeling af tankstationer på netområderne.

Netområde	Andel tankstationer
Høj bebyggelse	3,3 %
Industri	22,2 %
Lav bebyggelse	71,1 %
Opland	3,4 %
Sommerhuse	0,0 %



Ifølge analysen befinder 71,1 % af tankstationerne sig i netområdet 'Lav bebyggelse' og 22,2 % i netområdet 'Industri'. Resten fordeler sig nogenlunde ligeligt på netområderne 'Høj bebyggelse' og 'Opland'. GIS-analysen viste, at der ikke findes tankstationer i netområdet 'Sommerhuse'.

Fordelingen af lynopladere, som blev beregnet i afsnit 5.6.2, og udviklingen, som blev vist i Figur 5.5, baseres på denne GIS-analyse, og antagelsen er, at lynopladere vil fordele sig på samme måde som tankstationer (se Tabel 5.9).



**Figur 5.7 Udvikling i antal af lynopladere pr. netområde.**

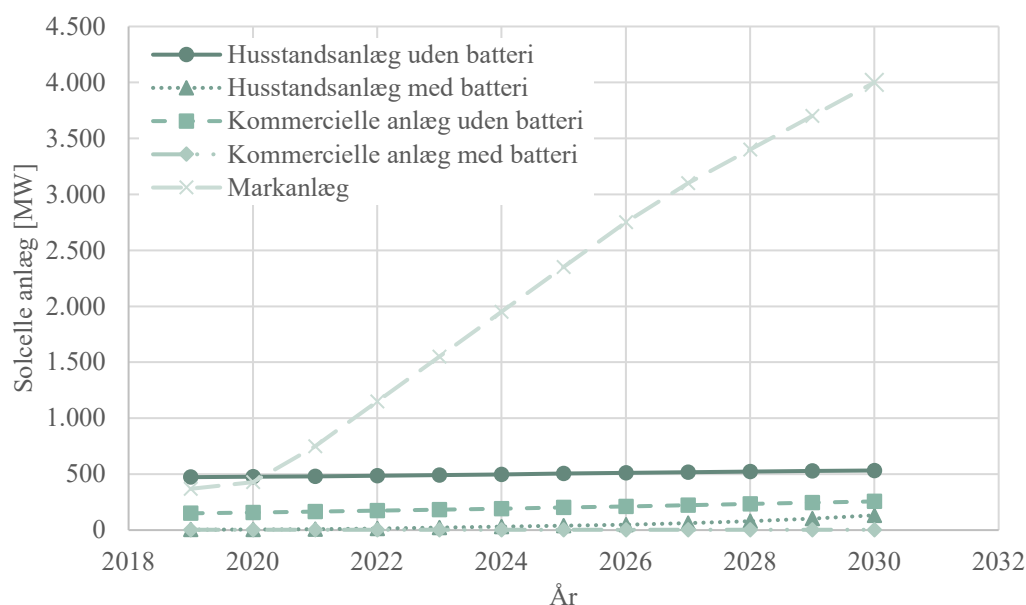
Figur 5.7 viser fordelingen af antal lynopladere i netområderne for årene 2019 til 2040. De fleste vil blive installeret i 'Lav bebyggelse'. I 2020 vil der være ca. 90, i 2030 ca. 1.600 og i 2040 ca. 5.300.

## 6 SOLCELLEANLÆG

### 6.1 FORVENTET UDVIKLING AF ELPRODUKTION

Fordelingen af nye solcelleanlæg foretages på baggrund af data fra Danmarks Statistik og data fra Energistyrelsens rapport [Ref. 2], som udgør basissceneriet for udviklingen i distributionsnettet.

Figur 6.1 viser den forventede udvikling af kapaciteten i solcelleanlæg opdelt i de 5 kategorier, som er beskrevet i Energitilsynets analyseforudsætninger [Ref. 2].



Figur 6.1 Udviklingen i solcelleanlæg baseret på Energitilsynets Analyseforudsætninger [Ref. 2].

Ifølge Energistyrelsens analyseforudsætninger vil den installerede kapacitet af husstands anlæg uden/med batteri og kommercielle anlæg uden/med batteri kun stige lidt. Til gengæld forventes det, at kapaciteten af markanlæg vil stige signifikant fra ca. 370 MW i 2019 til 4.000 MW i 2030.

I [Ref. 2] er udvikling kun fremskrevet til 2030 i nævnte kategorierne og derefter er andre kategorier brugt. Derfor fremskrives i nærværende rapport udviklingen i solcelleanlæg kun frem til 2030.

### 6.2 FORDELINGEN AF HUSSTANDSANLÆG

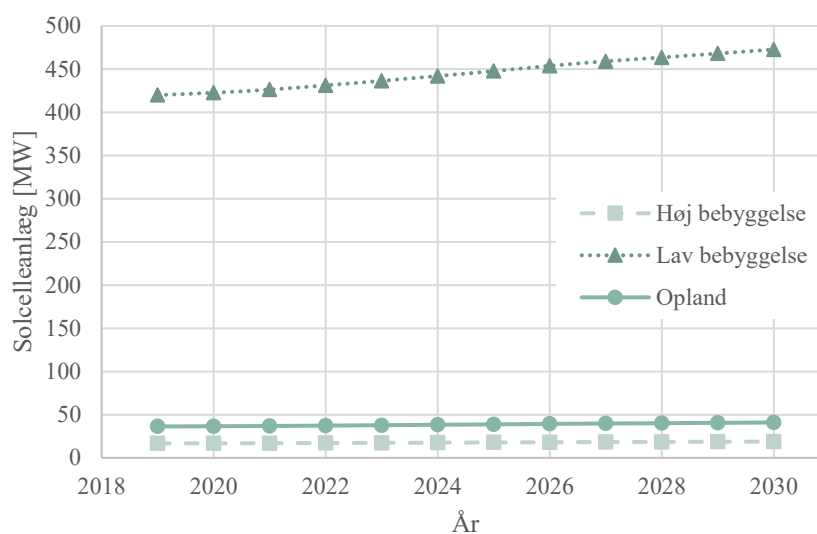
Antagelsen er, at husstands anlæg er installeret på parcel-/stuehuse, række-/dobbelthuse og stuehuse til landbrug. Disse boligtyper findes kun i 3 af netområderne: 'Høj bebyggelse', 'Lav bebyggelse' og 'Opland'.

Fordelingen af husstands anlæg sker baseret på andel af disse boligtyper i netområderne (se Tabel 3.4). Andele af de 3 boligtyper i netområderne vises i Tabel 6.1.

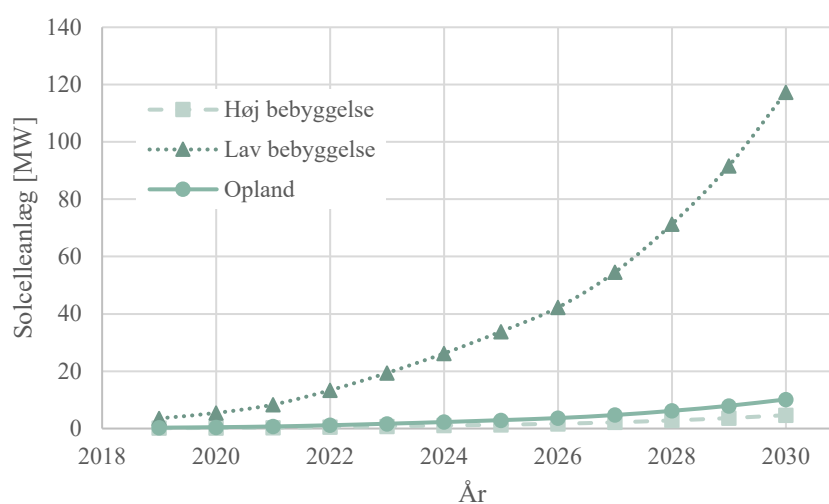
**Tabel 6.1** Fordelingen af det samlede antal parcel-/stuehuse, række-/dobbelthuse og stuehuse til landbrug i netområderne.

Boligtype	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland
Parcel/stuehus, Række-/dobbelthuse og Stuehus til landbrug	3,5 %	88,8 %	7,7 %

Med hensyn til sommerhuse kan det forventes, at der er og vil være enkelte installationer med solcelleanlæg. Da mængden vurderes at være ubetydelig, er de ikke medtaget.



a) Husstands anlæg uden batteri



b) Husstands anlæg med batteri

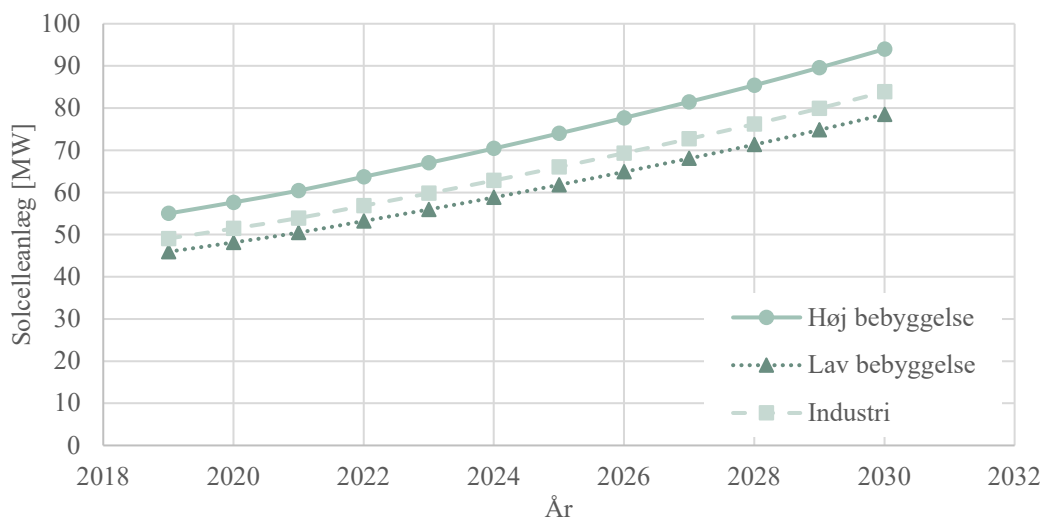
**Figur 6.2** Udvikling af installeret kapacitet af husstands anlæg med og uden batteri.

Figur 6.2 viser installeret kapacitet af husstands anlæg uden og med batteri fordelt på netområderne frem til 2030.

### 6.3 FORDELINGEN AF KOMMERCIELLE ANLÆG

Det antages, at kommercielle anlæg installeres i industrien og kommercielle bygninger.

Antagelsen er, at de kommercielle solcelleanlæg vil fordele sig baseret på nøgletallene for fordeling af kommercielle bygninger på netområderne (se Afsnit 4, Tabel 4.1). Figur 6.3 viser, hvordan det forventes at kommercielle solcelleanlæg uden batteri fordeler sig pr. netområde.

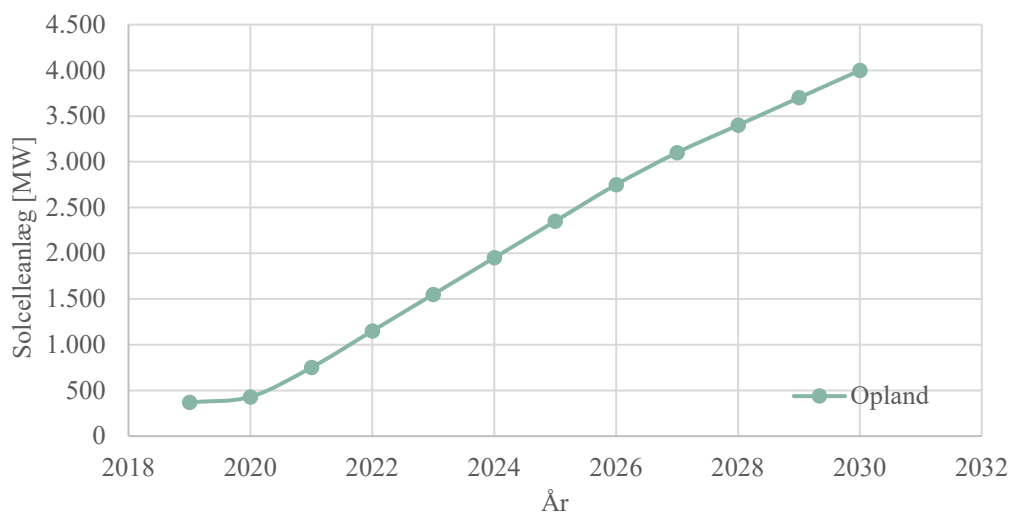


Figur 6.3 Udviklingen af kommercielle solcelleanlæg uden batteri fordelt på netområderne.

For kommercielle solcelleanlæg med batteri forventer Energistyrelsen ingen stigning og uændret installeret kapacitet af 3 MW [Ref. 2], derfor er de ikke medtaget i analysen.

### 6.4 FORDELINGEN AF MARKANLÆG

Det antages, at alle markeanlæg er tilsluttet til net i området Opland. Figur 6.4 viser udviklingen af installeret kapacitet af markeanlæg.



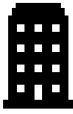




Figur 6.4 Udviklingen af installeret kapacitet ved markeanlæg i netområdet 'Opland'.

Grafen viser, at der forventes en signifikant stigning frem til 2030. I 2020 vil der være ca. 430 MW installeret, og antallet antages at stige til 4.000 MW i 2030.

## 6.5 OVERSIGT

En oversigt over de afledte fordelingsnøgler for solcelleanlæg af de 3 typer er vist i tabellen herunder.

Tabel 6.2 Fordelingsnøgle for installeret solcelleanlæg-kapacitet pr. netområde.

					
Type solcelleanlæg	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse	Industri
Husstands anlæg med/uden batteri	3,5 %	88,8 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %
Kommercielle anlæg med/uden batteri	36,7 %	30,6 %	0 %	0,0 %	32,7 %
Markanlæg	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	0,0 %

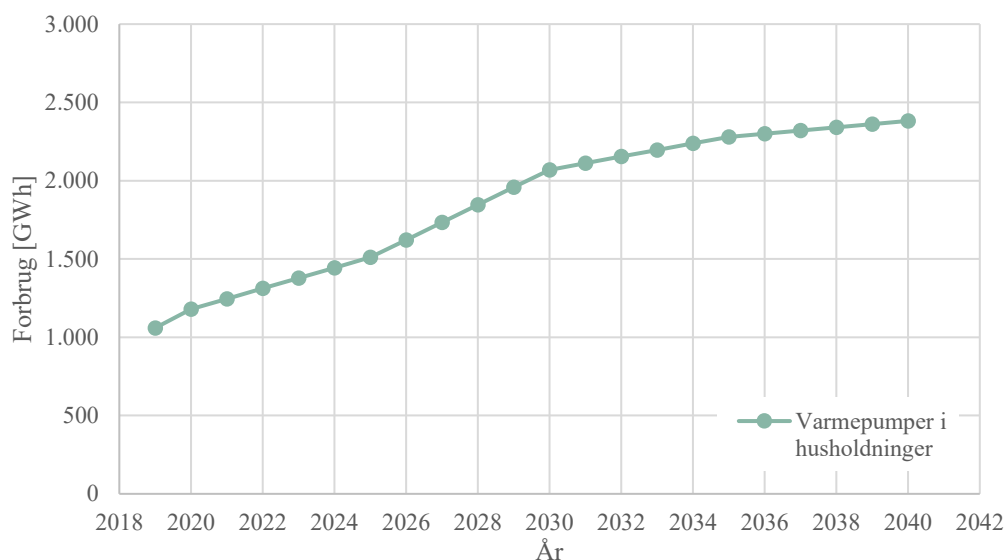
## 7 INDIVIDUELLE VARMEPUMPER

### 7.1 VARMEPUMPER I HUSHOLDNINGER

#### 7.1.1 Forventet udvikling af elforbrug af varmepumper i husholdninger

Den forventede udvikling af varmepumper i husholdninger på nationalt plan er beskrevet i Energistyrelsens Analyseforudsætninger [Ref. 2], som udgør basisscenariet for udviklingen i distributionsnettet.

Figur 7.1 viser den forventede udvikling af elforbruget fra varmepumper i husholdninger.



Figur 7.1 Udviklingen af varmepumper i husholdninger baseret på Energistyrelsens Analyseforudsætninger [Ref. 2].

Grafen viser, at der forventes en stigning fra ca. 1.000 GWh i 2019 til ca. 2.380 GWh i 2040.

For at bestemme, hvordan fordelingen af varmepumper i husholdninger vil ske i netområderne, undersøges først, hvordan boliger i Danmark i dag er opvarmet og derefter vurderes, hvem der sandsynligvis vil skifte til varmepumper.

#### 7.1.2 Opvarmningstyper i Danmark i dag

Danmarks Statistik stiller data til rådighed om de brugte opvarmningstyper fordelt på boligtyper.

**BOL102:** Boliger efter område, beboertype, anvendelse, opførelsesår, opvarmningsforhold, toiletforhold, badeforhold og køkkenforhold

For at bestemme opvarmningsforhold i boliger i kategorien 'Stuehus til landbrugsejendomme' antages det, at fordelingen af opvarmningstyper er lig med opvarmning i 'Parcel/stuehuse', dog med undtagelse af fjernvarme, som ikke er tilgængelig på opland.

Tabel 7.1 viser fordelingen af opvarmningstyper pr. boligtype.

Tabel 7.1 Fordeling af opvarmningstyper på boligtyper i dag ifølge Danmarks Statistik.

Opvarmningstype	Etageboliger	Parcel/Stuehus	Stuehus til landbrug	Række-/dobbelt-huse	Fritidshuse
Centralvarme med naturgas	5,9 %	20,6 %	37,6 %	20,4 %	0,4 %
Centralvarme med olie	2,6 %	14,7 %	26,8 %	3,1 %	2,3 %
Centralvarme, ikke olie og naturgas	0,2 %	6,6 %	12,0 %	0,5 %	0,3 %
Elvarme	0,7%	6,1 %	11,2 %	5,7 %	73,0 %
Fjernvarme	90,0 %	45,2 %	0,0 %	68,2 %	3,9 %
Uoplyst	0,1 %	0,1 %	0,2 %	0,2 %	3,7 %
Varmepumpe	0,3 %	5,6 %	10,2 %	1,6 %	5,6 %
Øvrige ovne	0,2 %	1,1 %	2,0 %	0,3 %	10,8 %
<b>Hovedtotal</b>	<b>1.128.616</b>	<b>1.108.853</b>	<b>116.684</b>	<b>423.920</b>	<b>244.637</b>

Tallene viser, at 90,0 % af etageboliger, 45,2 % af parcel/stuehuse og 68,2 % af række-/dobbelt-huse er opvarmet ved fjernvarme, som er den dominerende opvarmningsform i disse kategorier. Stuehuse til landbrugsejendomme bliver hovedsageligt opvarmet med centralvarmeanlæg, som enten bruger naturgas eller olie. Fritidshuse og dermed sommerhuse opvarmes primært med elvarme.

Tal fra Danmark Statistisk for opvarmningstyper er hentet fra Bygnings- og Boligregistret (BBR). Bemærk, at det er ejerens ansvar at holde data opdateret i BBR. Ifølge BBR er det samlede antal varmepumper i Danmark ca. 100.000. Forbruget i analyseforudsætninger tyder dog på, at antallet af individuelle varmepumper vil være omtrent dobbelt så stort i 2019. For at verificere dette er 2 yderligere informationskilder brugt for at bestemme antal varmepumper i dag. En spørgeskemaundersøgelse fra Energistyrelsen, som blev gennemført i 2017, antyder, at antallet af varmepumper faktisk er meget højere [Ref. 8]. Denne undersøgelse antyder, at ca. 281.000 varmepumper var installeret i danske husstande i 2017 (se Tabel 7.2). Antallet inkluderer varmepumper, som er brugt som primær og sekundær opvarmningskilde, dog ikke varmepumper i fritidshuse.

Der findes forskellige typer varmepumper [Ref. 9]. I rapporten skelnes mellem 2 typer, luft-luft varmepumper og x-vand varmepumper. Luft-luft varmepumper bruger altid udeluften som varmekilde og opvarmer luft, som bruges til rumopvarmning gennem ventilation. Derimod bruger x-vand varmepumper enten udeluften eller en væske som opvarmningskilde. Herefter afgives varmen til vand, som cirkuleres gennem et vandførende opvarmningssystem. Dermed står 'x' for enten 'luft' eller 'væske'.

**Tabel 7.2 Antal varmepumper opdelt i typerne x-vand og luft-luft baseret på [Ref. 8] og salgstal i Danmark.**

Varmepumpetype	Spørgeskemaundersøgelse [Ref. 8]	Aggregeret salgstal 2007-2017 (Dansk Energi)
X-vand varmepumpe	124.000	78.515
Luft-luft varmepumpe	157.000	190.499
I alt	281.000	269.014

Derudover viser salgstallene, som Dansk Energi har adgang til, at der var solgt ca. 270.000 varmepumper ved udgangen af 2017.

Efterfølgende bruges antal x-vand varmepumper fra spørgeskemaundersøgelsen med antagelsen, at det højere tal skyldes ikke-registrerede salg. Forskellen på antal luft-luft varmepumper kunne have sin oprindelse i, at spørgeskemaundersøgelsen ikke indeholder tal fra varmepumpeinstallationer i fritidshuse (sommerhuse). Derfor antages det, at forskellen svarer til antal luft-luft varmepumper, som er installeret i sommerhuse. Det endelige antal varmepumper i Danmark, som resulterer af kombinationen af de 2 yderligere informationskilder, er vist i Tabel 7.3.

**Tabel 7.3 Endeligt antal varmepumper opdelt på type og anvendelse, primær eller supplerende opvarmningskilde.**

Varmepumpe type	Primær opvarmning	Supplerende opvarmning
Varmepumpe x-vand	124.000	-
Varmepumpe luft-luft (ikke i sommerhuse)	10.990	146.010
Varmepumpe luft-luft (i sommerhuse)	33.499	-
I alt	168.489	146.010

Rapporten [Ref. 8] viser, at de fleste luft-luft varmepumper, som ikke er installeret i sommerhuse, er brugt som supplerende opvarmningskilde. Kun ca. 7 % (10.990) er brugt uden andre opvarmningskilder og dermed brugt som primære opvarmningskilde.

Det er antaget, at varmepumper, som er brugt som supplerende opvarmningskilde, generelt er af mindre størrelse, og det er vurderet, at deres indflydelse på analysen er lille. Derfor betragtes i det følgende kun varmepumper, som er den primære opvarmningskilde.



For at fordele det højere antal varmepumper på boligerne er antal boliger med elvarme tilsvarende reduceret. Det vurderes sandsynligt, at dem, som har haft elvarme, ikke registrerer udskiftning i BBR, fordi det ikke skaber nogen fordel for dem. Uanset om boligen opvarmes med elvarme eller varmepumper, får beboerne en reduceret elpris, hvor elafgiften er lavere<sup>5</sup>. Derudover vurderes det for usandsynligt, at der er varmepumper i etageboliger, derfor blev de yderligere varmepumper kun fordelt på parcel/stuehuse, stuehuse til landbrugsejendomme og række-/dobbelthuse.

**Tabel 7.4 Modifieret fordeling af opvarmningstyper på boligtyper i dag efter justering af antal varmepumper.**

Opvarmning	Etageboliger	Parcel/Stuehus	Stuehus til landbrug	Række-/dobbelthuse	Fritidshuse
Centralvarme med naturgas	5,9 %	20,6 %	37,6 %	20,4 %	0,4 %
Centralvarme med olie	2,6 %	14,7 %	26,8 %	3,2 %	2,3 %
Centralvarme, ikke olie og naturgas	0,2 %	6,6 %	12,0 %	0,5 %	0,3 %
Elvarme	0,7 %	3,1 %	5,7 %	2,9 %	65,0 %
Fjernvarme	90,0 %	45,2 %	0,0 %	68,2 %	3,9 %
Uoplyst	0,1 %	0,1 %	0,2 %	0,2 %	3,6 %
Varmepumpe	0,3 %	8,6 %	15,7 %	4,4 %	13,7 %
Øvrige ovne	0,2 %	1,1 %	2,0 %	0,3 %	10,8 %
<b>Hovedtotal</b>	<b>1.128.616</b>	<b>1.108.853</b>	<b>116.684</b>	<b>423.920</b>	<b>244.637</b>

### 7.1.3 Hvem vil skifte til varmepumper i fremtiden?

For at finde den fremtidige fordeling af varmepumper undersøges, hvilke opvarmningskilder, det er sandsynligt, bliver udskiftet med en varmepumpe.

Det vurderes, at husstande med følgende varmekilder potentielt vil skifte til en varmepumpe:

- Centralvarme med naturgas
- Centralvarme med olie
- Centralvarme som ikke bruger olie eller naturgas (brændsel kan fx være træpille)
- Elvarme

<sup>5</sup> Elvarmeafgift: <https://www.skat.dk/skat.aspx?oId=2186320&chk=214580>

Andel af øvrige ovne, som fx brændeovn, er ubetydelig for boligerne med undtagelse af 'Fritidshuse'. I 'Fritidshuse' er det ca. 11 %, som har øvrige ovne som primær opvarmingskilde. Antagelsen er dog, at det er usandsynligt, at disse beboere skifter til en varmepumpe. Begrundelsen for denne antagelse er, at disse fritidshuse er sommerhuse, som ikke er helårsbeboet. Endvidere at en brændeovns primærfunktion ikke er opvarmning, men at skabe en hyggelig stemning.

#### 7.1.4 Hvordan fordeler potentialet sig for varmepumper pr. netområde?

Baseret på fordeling af boligtyper på netområderne (se Tabel 3.4, side 20) og fordeling af opvarmningsformer på boligtyper (se Tabel 7.4) beregnes andel af de forskellige opvarmingskilder pr. netområde. Tabel 7.5 viser fordelingen af opvarmingskilder pr. netområde, som potentielt udskiftes til varmepumper.

Tabel 7.5 Antal af de forskellige opvarmingskilder, som potentielt udskiftes til en varmepumpe og beregnet fordelingsnøgle.

Opvarmningstype	Høj bebyggelse <sup>6</sup>	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse
Centralvarme, ikke olie og naturgas	-	71.988	14.395	692
Centralvarme m naturgas	-	301.119	45.994	949
Centralvarme med olie	-	169.361	32.348	5.549
Elvarme	10.078	44.672	6.928	158.922
Skifter potentielt til varmepumper	10.078	587.140	99.665	166.112
Potentiale andel (antalsfordelingsnøgle)	1,2 %	68,0 %	11,5 %	19,3 %

#### 7.1.5 Fordelingen af varmepumper og deres forbrug på netområderne

Det fremtidige antal varmepumper forventes fordelt baseret på potentialeandel, som er vist i Tabel 7.5. Det vil sige, at den største andel (68,0 %) af varmepumper vil blive installeret i netområdet 'Lav bebyggelse'.

I Energistyrelsens Analyseforudsætninger [Ref. 2] er udviklingen af varmepumper beskrevet med hensyn til det fremtidige samlede elforbrug (se afsnit 7.1.1 og Figur 7.1).

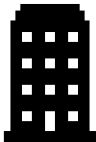



<sup>6</sup> I netområdet 'Høj bebyggelse' antages, at kun dem, der i dag har elvarme, potentielt skifter til en varmepumpe,.

Det beskrevne udskiftningspotentiale er dog baseret på antal opvarmingskilder, og dermed kan fordelingsnøglen kun bruges til en fordeling af et givent antal varmepumper. For at fordele elforbruget på netområderne skal antalsfordelingsnøgle omregnes til energifordelingsnøgle.

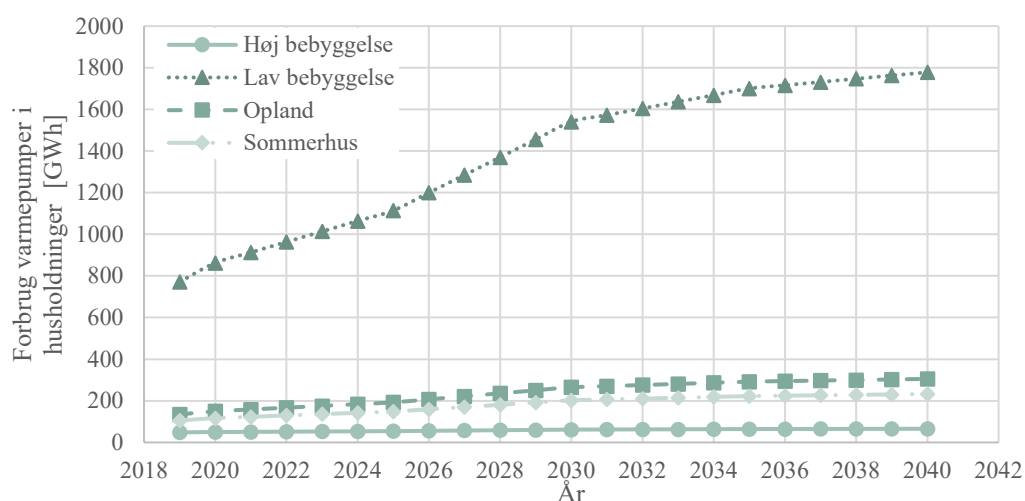
Antagelsen hertil er, at energiforbruget af en varmepumpe er det samme i en bolig i netområderne 'Høj bebyggelse', 'Lav bebyggelse' og 'Opland', men i netområdet 'Sommerhuse' er forbruget mindre, fordi boligen er ikke helårsbeboet. Derfor antages det, at energifordelingsnøglen for netområdet 'Sommerhuse' er halvt så stor som antalsfordelingsnøglen.

De endelige fordelingsnøgler er vist i Tabel 7.6.

Tabel 7.6 Endelig antals- og energifordelingsnøglerne for individuelle varmepumper.

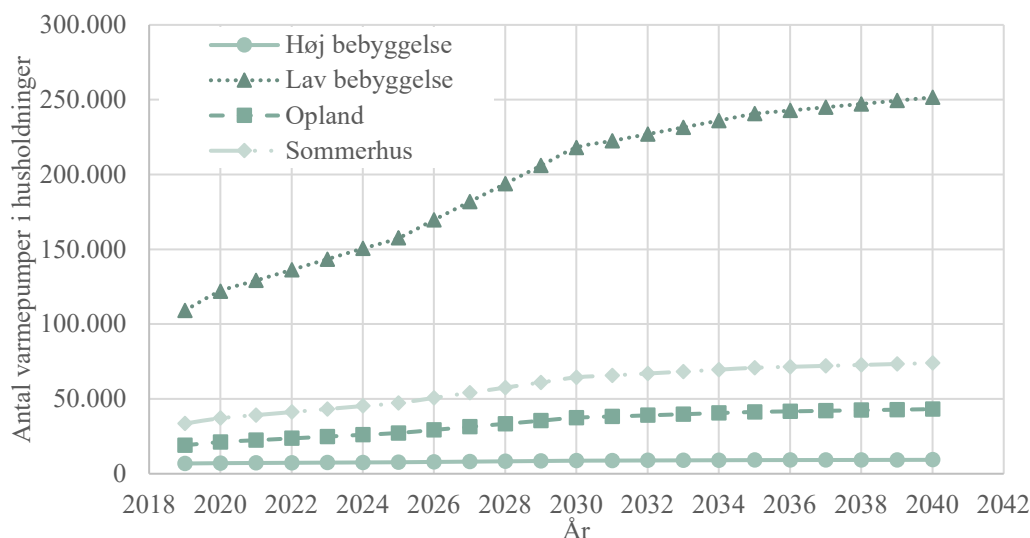
				
Netområder	Høj bebyggelse	Lav bebyggelse	Opland	Sommerhuse
Antalsfordelingsnøgle	1,2 %	68,0 %	11,5 %	19,3 %
Energifordelingsnøgle	1,3 %	76,2 %	12,9 %	9,6 %

Figur 7.2 viser det forventede elforbrug fra individuelle varmepumper fordelt på netområderne.



Figur 7.2 Forventet elforbrug af varmepumper i husholdninger fordelt på netområderne.

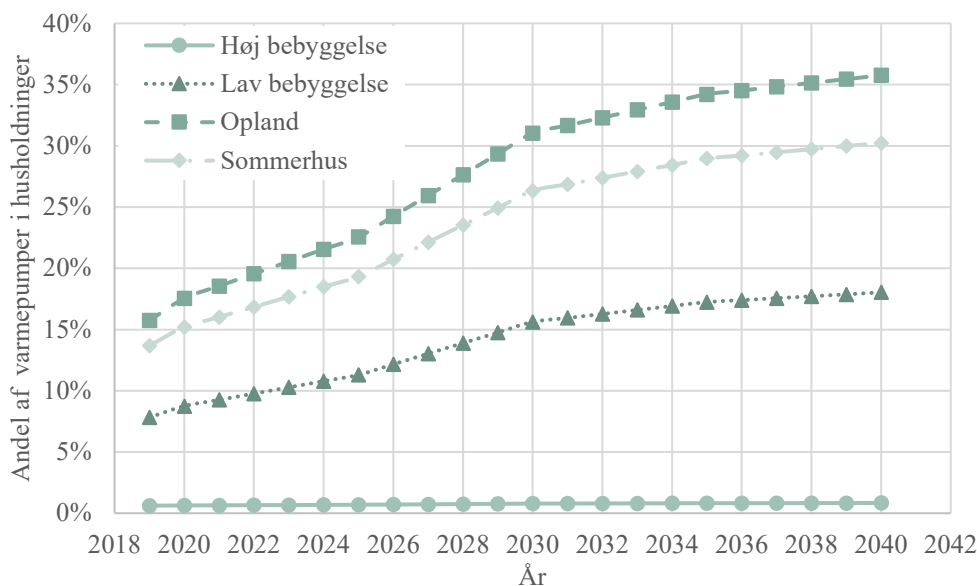
Herefter beregnes antal varmepumper i de forskellige netområder. Baseret på antal varmepumper i dag (se Tabel 7.4) og forbrug i 2019 i Energistyrelsens Analyseforudsætninger [Ref. 2] beregnes en varmepumpes gennemsnitlige årlige elforbrug. I netområdet 'Sommerhuse' er antagelsen, at det gennemsnitlige årlige elforbrug er 3.144 kWh og i de andre netområder 7.069 kWh. Baseret på disse tal beregnes antal varmepumper for hvert netområde. Figur 7.3 viser udviklingen af antal varmepumper pr. netområde.



Figur 7.3 Forventet antal individuelle varmepumper pr. netområde.

Den største stigning i antal varmepumper ses i 'Lav bebyggelse', hvor antallet stiger fra i dag ca. 110.000 til 250.000 i 2040. Den svageste stigning forventes i 'Høj bebyggelse', hvor antallet stiger fra ca. 6.800 til 9.300 i 2040.

Figur 7.4 viser udviklingen af andelen af husstande, som bruger en varmepumpe som primær opvarmingskilde.



Figur 7.4 Forventet andel af husstande med varmepumpe pr. netområde.

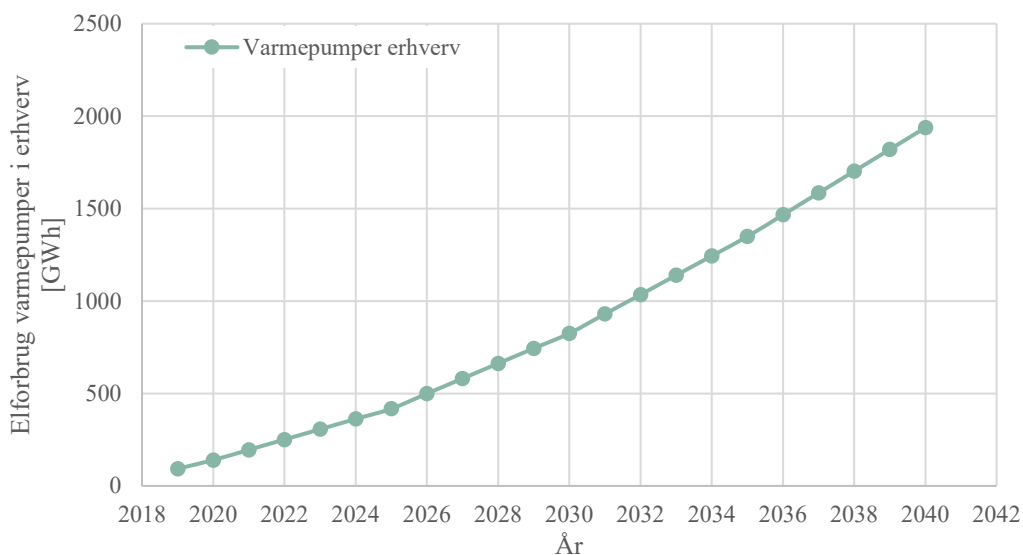
Grafen viser, at andelen er størst i netområderne 'Opland' og 'Sommerhuse', hvor den stiger op til 35,8 % og henholdsvis 30,2 %. I 'Høj bebyggelse' er andelen lavest på 0,8 %.

## 7.2 VARMEPUMPER I ERHVERV

### 7.2.1 Forventet udvikling i elforbrug af varmepumper i erhverv

Forventet udvikling i varmepumper i erhverv er beskrevet i Energistyrelsens Analyseforudsætninger [Ref. 2], som udgør basisscenariet for udviklingen i distributionsnettet. Varmepumperne bruges for eksempel til rum-, brugsvandsopvarmning og procesvarme.

Figur 7.5 viser den forventede udvikling af elforbruget fra varmepumper i erhverv.



Figur 7.5 Forventet elforbrug af varmepumper i erhverv.

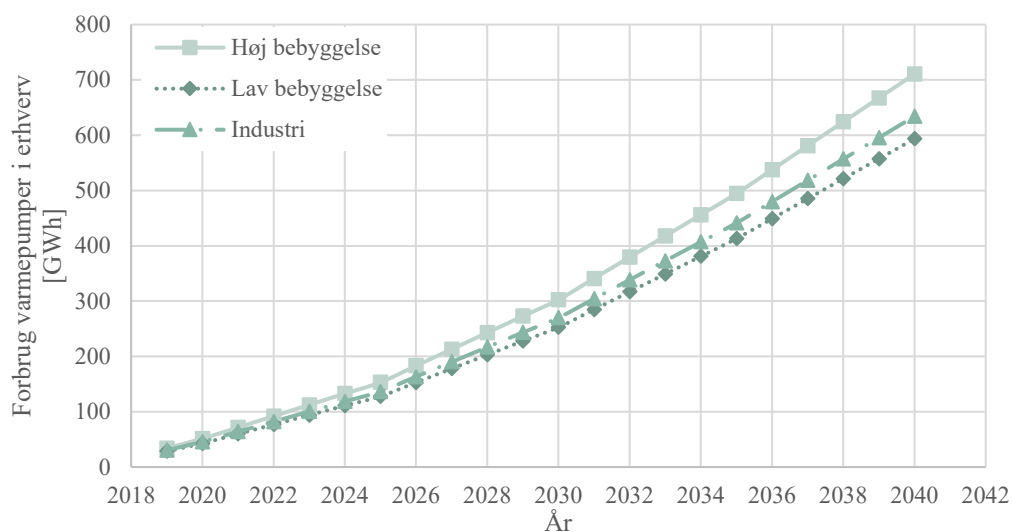
Grafen viser, at der forventes en stigning fra ca. 140 GWh i 2020 til 825 GWh i 2030 og til ca. 1.940 GWh.

### 7.2.2 Fordeling af varmepumper i erhverv på netområderne

Det antages, at varmepumperne installeres i industri og kommercielle bygninger.

Antagelsen er, at varmepumperne i erhverv vil fordele sig baseret på nøgletallene for fordeling af kommercielle bygninger på netområderne (se Afsnit 4, Tabel 4.1).

Figur 7.6 viser, hvordan det forventes, at varmepumpers elforbrug fordeler sig pr. netområde.



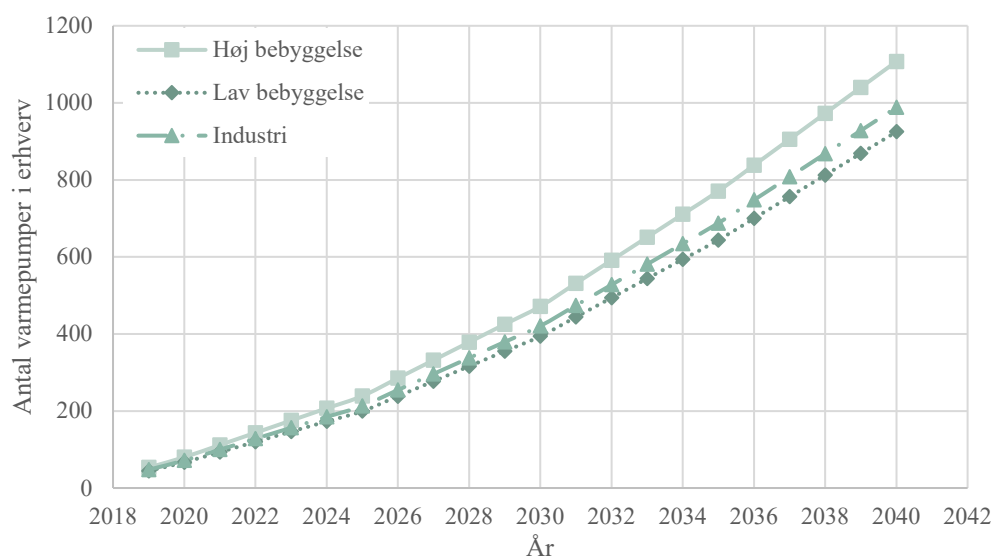
**Figur 7.6 Forventet elforbrug af varmepumper fordelt med hensyn til andel af kommercielle bygninger i netområderne.**

Der antages en nogenlunde jævn fordeling. Forbrug i 'Lav bebyggelse' forventes at stige fra 29 GWh pr. år i 2019 til ca. 590 GWh i 2040. I 'Industri' og 'Høj bebyggelse' antages en lignende stigning. I 'Høj bebyggelse' vil forbruget være højest med ca. 710 GWh i 2040.

Baseret på eksempler af varmepumpeinstallationer i erhverv og industri i Europa, som er beskrevet i [Ref. 10], antages det, at en varmepumpe i erhverv, som også leverer procesvarme, i gennemsnit er på ca. 400 kW. Der er usikkerhed om, hvor mange fuldlasttimer pr. år, der skal antages, for at en varmepumpe i erhverv er økonomisk. I litteraturen antages værdier mellem 3.500-6.000 fuldlasttimer pr. år [Ref. 11, Ref. 12]. I det følgende antages ca. 4.500 fuldlasttimer. Under disse antagelser er det årlige elforbrug fra sådan én varmepumpe 1,8 GWh. Størrelsen på varmepumper, som er kun brugt til rumopvarmning og brugsvandsopvarmning i erhverv, antages at være mellem ca. 30 kW<sup>7</sup> i mindre erhvervsbygninger og 130 kW<sup>8</sup> i store. Her antages ca. 2.100 fuldlasttimer, og dermed ligger årsforbruget på 65,0-282,8 MWh. Baseret på antal kommercielle bygninger opdelt på forskellige kategorier (se Tabel 4.1, side 22) estimeres det, at én varmepumpe i erhverv gennemsnitligt forbruger 0,64 GWh pr. år. Dermed kan udviklingen i antal varmepumper beregnes, som vist i Figur 7.7.

<sup>7</sup> Eksempel på en varmepumpeinstallation i en mindre skala: Det Økologiske Råd, "Grøn Succes – Lokal Omstilling der Rykker - Hylke Årets Varmepumpeby 2016", juni 2019

<sup>8</sup> Varmepumpe til eksisterende boligkompleks: Energistyrelsen og Energinet, "Teknologikatalog for individuelle opvarmningsanlæg" (Technology Data for heating installations), opdateret i 2018



**Figur 7.7 Forventet udvikling af antal varmepumper i erhverv fordelt pr. netområde.**

Antallet i netområderne 'Høj bebyggelse', 'Lav bebyggelse' og 'Industri' stiger kraftigt. Fx i 'Høj bebyggelse' fra 53 i 2019 til 1107 i 2040 og i 'Lav bebyggelse' fra 44 i 2019 til 925 i 2040.

## REFERENCELISTE

- Ref. 1: Definition af netområder i Distributionsnettet - Anvendelse af GIS til klassificering af elnettet  
Dansk Energi, oktober 2019.  
[www.danskenergi.dk](http://www.danskenergi.dk)
- Ref. 2: Analyseforudsætninger til Energinet 2019  
Energistyrelsen, 18. september 2019
- Ref. 3: Basisfremskrivning 2019  
Energistyrelsen, august 2019.  
<https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/bf19.pdf>
- Ref. 4: Forudsætningsnotat til Basisfremskrivning 2018  
Energistyrelsen, maj 2018  
[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/forudsætningsnotat\\_til\\_basisfremskrivning\\_2018.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/forudsætningsnotat_til_basisfremskrivning_2018.pdf)
- Ref. 5: Sådan skaber Danmark grøn infrastruktur til én million elbiler  
L. Falder, S. Jakobsen, J. Bollerslev, A. Thingvad og P. Bach Andersen  
Dansk Elbil Alliance, 2019
- Ref. 6: Transportvaneundersøgelsen, Faktaark om pendling i Danmark  
DTU Transport, 2015
- Ref. 7: Er elnettet klar til elbilerne?  
Dansk Energi, 2019
- Ref. 8: Hvordan er landets boliger opvarmet, og hvor ofte skiftes opvarmningsform? - Resultater fra en spørgeskemaundersøgelse  
Energistyrelsen, 2017
- Ref. 9: Den lille blå om Varmepumper  
C. Hvenegaard, S. V. Pedersen, D. Mikkelsen, J. B. Jensen  
Dansk Energi, 2019  
<https://elforsk.dk/udgivelser/lille-bla-om-varmepumper-0>
- Ref. 10: Large scale heat pumps in Europe Vol. 2  
European Heat Pump Association, 2019  
[https://www.ehpa.org/fileadmin/red/03\\_Media/03.02\\_Studies\\_and\\_reports/Large\\_heat\\_pumps\\_in\\_Europe\\_MDN\\_II\\_final4\\_small.pdf](https://www.ehpa.org/fileadmin/red/03_Media/03.02_Studies_and_reports/Large_heat_pumps_in_Europe_MDN_II_final4_small.pdf)



- 
- Ref. 11: Varme Outlook 2018 - Perspektiver for fremtidens varme i Danmark  
Dansk Energi, 2018  
<https://www.danskeenergi.dk/udgivelser/varme-outlook-2018-perspektiver-fremtidens-varme-danmark>
- Ref. 12: Integration of large-scale heat pumps in the district heating systems of Greater Copenhagen.  
B. Bach, J. Werling, T. Ommen, M. Münster, J. M. Morales, & B. Elmegaard,  
Energy, 107, 321-334, 2016.  
[https://orbit.dtu.dk/en/publications/integration-of-largescale-heat-pumps-in-the-district-heating-systems-of-greater-copenhagen\(abd6cb4d-16be-49f2-9903-83d3bda4765d\).html](https://orbit.dtu.dk/en/publications/integration-of-largescale-heat-pumps-in-the-district-heating-systems-of-greater-copenhagen(abd6cb4d-16be-49f2-9903-83d3bda4765d).html)