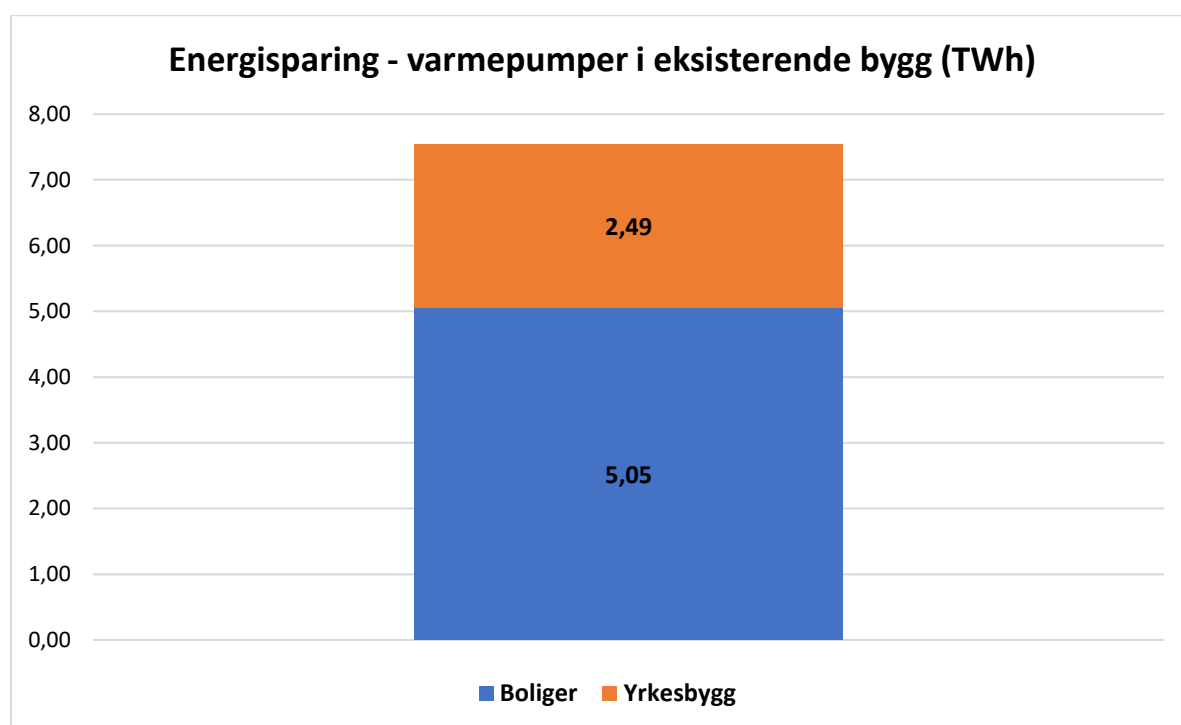


Sammendrag

På oppdrag fra NOVAP – Norsk Varmepumpeforening - har Gehør strategi og rådgivning AS utført beregninger av energisparepotensialet for installasjon av varmepumper i eksisterende bygg, inkludert sparepotensialet ved at eldre varmepumper skiftes ut med nye og mer energieffektive varmepumper.

Problemstillingen som skal undersøkes er: *Hva er energisparepotensialet ved bruk av varmepumper i eksisterende bygningsmasse dersom myndighetene legger til rette for økt installasjon og utskifting?*

Det årlige energisparepotensialet i år 2030 er estimert til **7,5 TWh**, fordelt på **ca. 5 TWh** i boliger og **2,5 TWh** i yrkesbygg. Det største energisparepotensialet vil utløses ved at det installeres varmepumpe i eksisterende bygg som ikke benytter varmepumpe i dag (**87 %** av det samlede energisparepotensialet).



Energisparepotensialet ved installasjon og utskifting av varmepumper i eksisterende boliger og yrkesbygg.

Energisparepotensialet er beregnet med utgangspunkt i informasjon om bygningsarealer fra Enovas potensial og barrierestudie fra 2012, oppdatert med statistikk fra SSB, anslag for gjennomsnittlig energibruk for boliger og yrkesbygg fra hhv. SSB og NVE, samt det vi mener er realistiske forutsetninger for utbredelse av varmepumper, årsvarmefaktorer for ulike varmepumper og annet. Anslagene er beheftet med usikkerhet, da det er stor usikkerhet rundt datagrunnlaget for bygningsarealer, gjennomsnittlig energibruk, formålsdelt energibruk, samt flere av de sentrale forutsetningene som er lagt til grunn.

Det er ikke utført beregninger av energisparepotensialet ved oppføring av nye bygninger, og heller ikke tatt hensyn til at deler av den eksisterende bygningsmassen vil rives og/eller rehabiliteres i perioden.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1. Bakgrunn	3
2. Energisparepotensial - varmepumper i yrkesbygg	3
3. Energisparepotensial - varmepumper i boliger	5
4. Reduksjon i årlige energikostnader	6
Vedlegg	7
<i>A Bygningsarealer</i>	<i>7</i>
<i>B Formålsdelt energibruk</i>	<i>9</i>
<i>C Dagens utbredelse av varmepumper</i>	<i>12</i>
<i>D Utbredelse av varmepumper i 2030</i>	<i>17</i>
<i>E Årsvarmefaktor, virkningsgrad og dekningsgrad</i>	<i>20</i>
<i>F Energi priser</i>	<i>23</i>
<i>G Rebound-effekter</i>	<i>24</i>

1. Bakgrunn

På oppdrag fra NOVAP – Norsk Varmepumpeforening - har Gehør strategi og rådgivning AS beregnet energisparepotensialet for installasjon av varmepumper i eksisterende bygg, inkludert sparepotensialet ved at eldre varmepumper skiftes ut med nye og mer energieffektive varmepumper.

Problemstillingen som skal undersøkes er:

Hva er potensialet for energisparing i eksisterende bygningsmasse ved å øke andelen bygg med varmepumper?

Dette betyr vi ser utover det sparepotensialet som vurderes som realistisk og kostnadseffektivt gitt dagens virkemidler og rammer for energi- og bygningspolitikken. Det antas at nye varmepumper som installeres i eksisterende bygg vil ta i bruk *beste tilgjengelige teknologi (BAT)* med hensyn til årsvarmefaktor og annet.

Utgangspunktet for beregningene er bygningsmassen i 2017. Det årlige sparepotensialet er beregnet for året 2030. Flere forutsetninger er hentet fra en rapport om sparepotensialet ved å gjennomføre kostnadseffektive energiltak i eksisterende bygg, som ble utført for Lavenergiprogrammet i 2017¹.

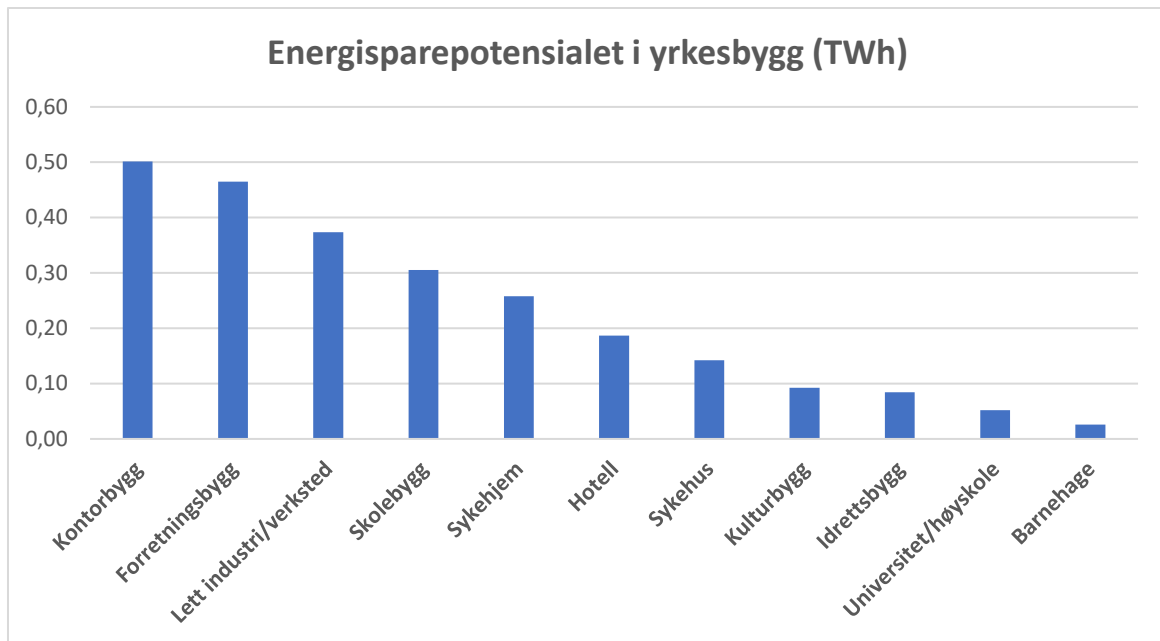
2. Energisparepotensial - varmepumper i yrkesbygg

Våre estimater for energisparepotensialet i eksisterende yrkesbygg tilsier at det kan spares **2,5 TWh** innen 2030. De største sparepotensialene finnes i kontorbygg, forretningsbygg, lett industri/verksted og skolebygg (figur 1). Dette har sammenheng med at disse byggene utgjør det største bruksarealet. Sparepotensialet av å installere varmepumpe i bygg som vil oppføres fra 2017 til 2030 ikke er inkludert.

Estimatene inkluderer ikke energisparepotensialet ved å utnytte varmepumper til å dekke byggenes kjølebehov. Dette utgjør nok vesentlig mindre enn energisparepotensialet ved at varmepumper dekker energibehovet til romoppvarming og varmt tappevann. Men avgrensningen fører til at vårt estimat for energisparepotensialet ved installasjon av varmepumper i eksisterende yrkesbygg er underestimert.

Ytterligere forutsetninger for beregningene finnes i vedleggene til dette notatet.

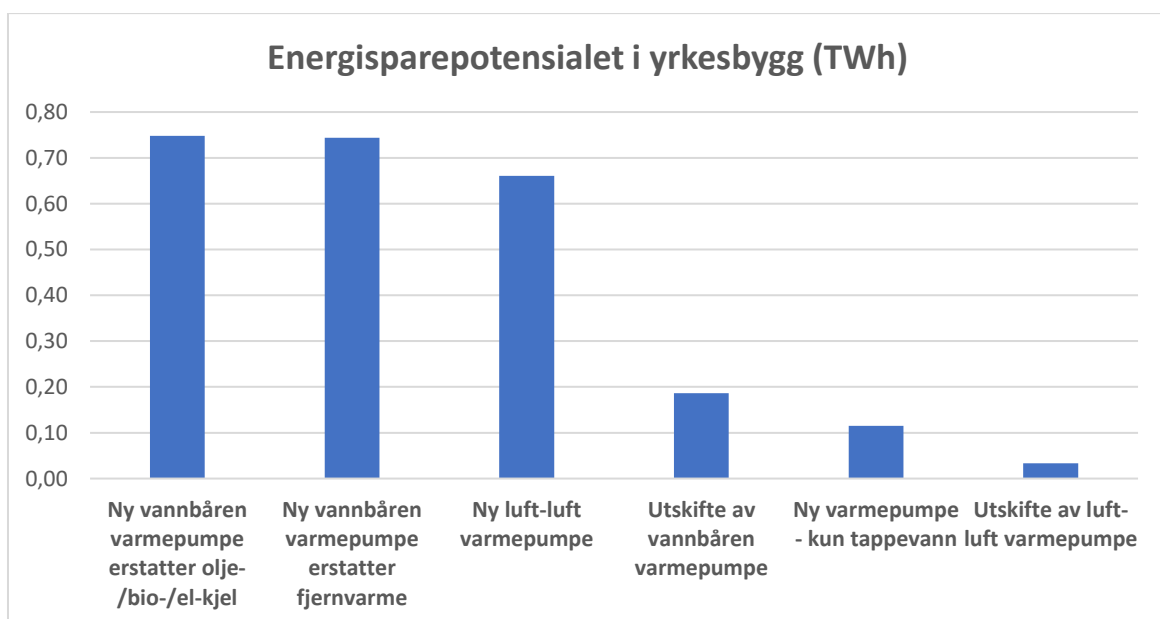
¹ Grini, Gunnar et. al., 2017: *Potensialstudie – kostnadseffektive tiltak i eksisterende bygninger*. Rapport utført av Gehør strategi og rådgivning AS på oppdrag for Lavenergiprogrammet. http://lavenergiprogrammet.no/wp-content/uploads/2017/08/Potensialstudie_Lavenergiprogrammet_aug_2017.pdf



Figur 1: Energisparepotensialet ved installasjon/utskifte av varmepumper i eksisterende yrkesbygg

Beregningene viser også at energisparepotensialet ved ny installasjon av varmepumper er langt større enn at eksisterende varmepumper skiftes ut med mer effektive varmepumpeløsninger (figur 2). Vi har antatt at vannbårne varmepumpesystemer vil erstatte biokjel, oljekjel, gasskjel og el-kjel, så vel som fjernvarme, i bygg med sentralvarme. Vi har også antatt at vannbårne varmepumper erstatter 80 % av alle bio-, olje- og el-kjeler, samt 40 % av abonnentsentraler for fjernvarme, innen 2030.

Vi har ikke beregnet sparepotensialet ved at bygninger med direkte elektrisk oppvarming konverterer til væske-til-vann-varmepumper. For bygg uten sentralvarme har vi i stedet beregnet sparepotensialet ved at flere av bygningene installerer luft-til-luft-varmepumpe. Dersom flere bygg uten sentralvarme i stedet konverterer til varmeløsninger basert på f.eks. bergvarmepumpe, øker også sparepotensialet.



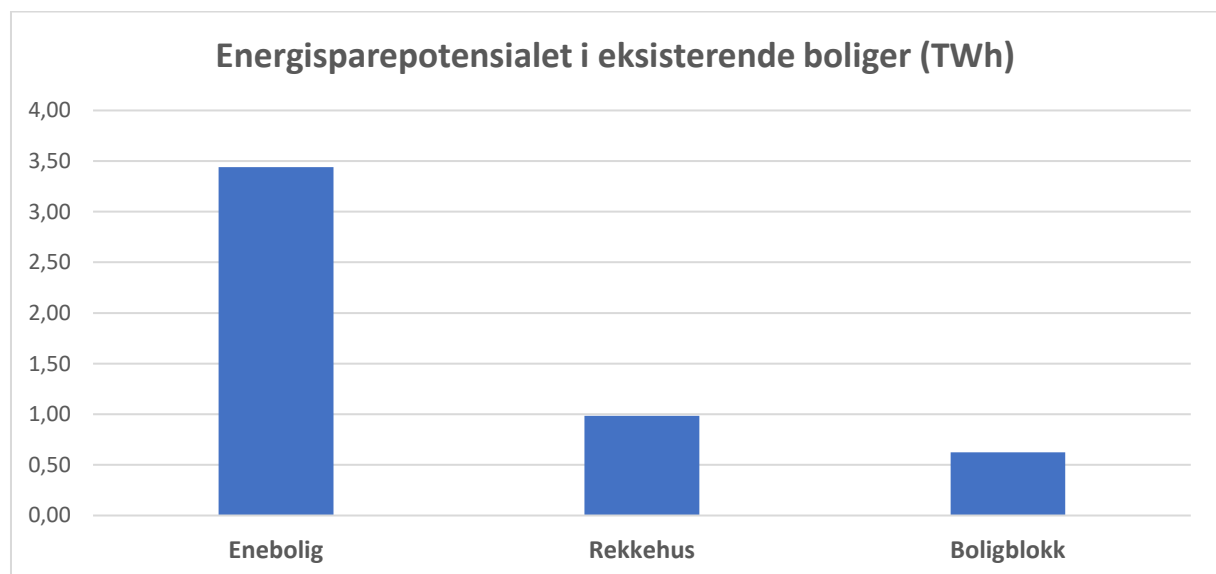
Figur 2: Energisparepotensialet ved installasjon/utskifte av varmepumper i eksisterende yrkesbygg

Beregninger av energisparepotensialet ved å installere nye varmepumper som kun dekker energibehovet til varmt tappevann er utført for bygningskategoriene sykehus, sykehjem, idrettsbygg og hotell, som ikke har sentralvarmeanlegg. Disse bygningskategoriene er valgt ut fordi de gjerne har et relativt høyt varmtvannsforbruk. Estimaten viser at det gir relativt liten spareeffekt totalt sett å installere varmepumper som kun dekker energibehovet til varmt tappevann. Men i enkeltbygg kan installasjon av varmepumper til varmt tappevann så klart være en svært god løsning.

3. Energisparepotensial - varmepumper i boliger

Våre estimater for energisparepotensialet i eksisterende boliger tilsier at det kan spares ca. **5,06 TWh** innen 2030. Det største energisparepotensialet finnes i eksisterende eneboliger (figur 3). Dette har sammenheng med eksisterende eneboliger utgjør det klart største bruksarealet. Som for yrkesbygg er sparepotensialet av å installere varmepumpe i boliger som vil oppføres fra 2017 til 2030 ikke inkludert.

Ytterligere forutsetninger for beregningene finnes i vedleggene til notatet.

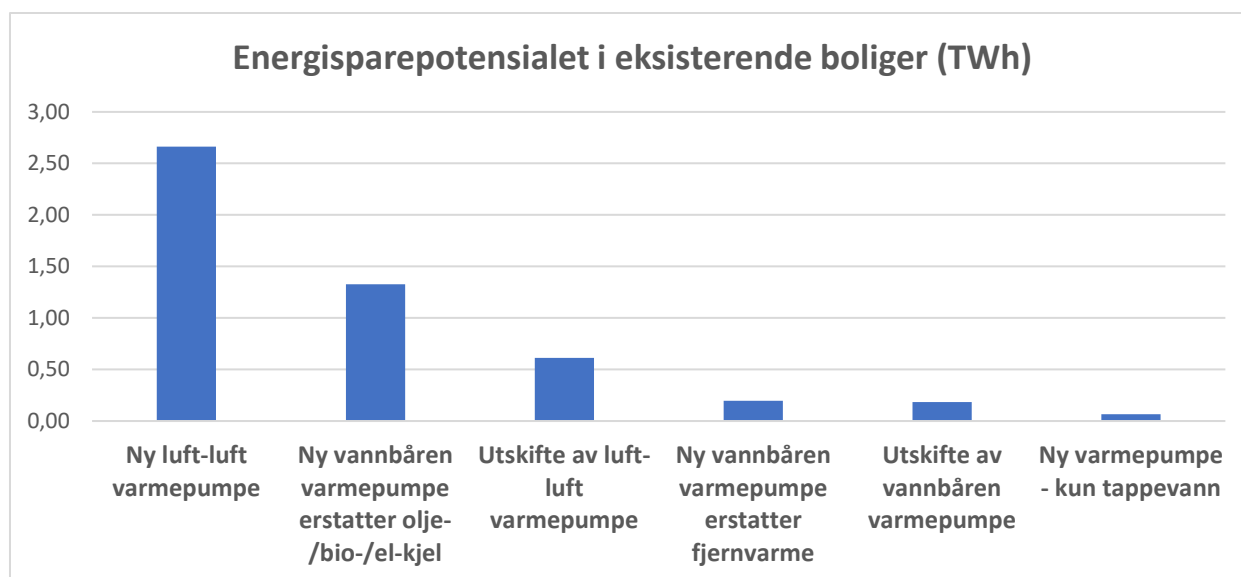


Figur 3: Energisparepotensialet ved installasjon/utskifte av varmepumper i eksisterende boliger

Beregningene viser også at energisparepotensialet ved ny installasjon av varmepumper er langt større enn ved at eksisterende varmepumper skiftes ut med mer effektive varmepumpeløsninger (figur 4).

Vi antar at få boligeiere vil konvertere til vannbåren varme og varmepumpe, og derfor er potensialet for energisparing størst for luft-til-luft-varmepumper. Dersom det installeres flere vannbårene varmepumpeløsninger i småhus vil energisparepotensialet øke.

Videre er det lagt til grunn at varmepumper vil erstatte 40 % av eksisterende abonnentsentraler for fjernvarme i boligblokker, innen 2030. Dette antas å være mindre relevant for eneboliger og småhus.



Figur 4: Energisparepotensialet ved installasjon/utskifte av varmepumper i eksisterende boliger

4. Reduksjon i årlige energikostnader

Vi har estimert hvilken økonomisk effekt en reduksjon i energibehovet som anslått i kap. 2 og 3 vil ha for forbrukere av energi i husholdninger og yrkesbygg. For disse estimatene har vi tatt utgangspunkt i at kraftprisen stiger til 30 øre/kWh i 2030, nettleien stiger til 38 øre/kWh og at avgiftene på elektrisk kraft stiger marginalt til 20 øre/kWh. Antagelsene er basert på NVEs kraftmarkedsanalyse og norske nettselskapers utbyggingsplaner. For mer informasjon knyttet til antagelsene vises det til vedlegg F.

Med disse forutsetningene kan det regnes med en energikostnad i 2030 på 85 øre/kWh (eks. MVA). En sannsynlig energikostnad for husholdninger og eiere av yrkesbygg i 2030 altså kunne være på om lag 106 øre/kWh, inkl. MVA. Våre anslag varierer mellom 87,5 øre/kWh og 125 øre/kWh, inkl. MVA².

Installasjon/utskifte av varmepumper som skissert i kapittel 2 og 3 vil dermed medføre årlige reduserte energikostnader for bolig- og bygningseiere på ca. **8 mrd. kroner, inkl. MVA**. Avhengig av energiprisen i 2030 varierer våre anslag for årlige reduserte energikostnader mellom 6,6 og 9,4 mrd. kroner, inkl. MVA. Anslagene beskriver imidlertid verken privatøkonomisk eller samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

² Det er da ikke tatt høyde for at næringsdrivende vil kunne få refundert MVA ved kjøp av energi til oppvarmingsformål.

Vedlegg

A Bygningsarealer

Yrkesbygg

Den norske bygningsmassen for yrkesbygg ble kartlagt i Enovas potensial- og barrierestudie fra 2012. For å estimere bygningsarealet for yrkesbygg har vi tatt utgangspunkt i disse tallene, som er for 2010, men justert for utviklingen de siste årene. Dette er gjort ved å innhente tall fra Statistisk Sentralbyrå for ferdigstilt areal for ulike bygningskategorier, justert for bygningsavgang, i årene fra 2011 til 2016. Statistisk Sentralbyrå har også statistikk for avgang av bygninger som følge av rivning, brann, o.l. Denne avgangsraten relaterer seg til antallet bygninger, ikke bygningsareal. Dette representerer en feilkilde.

Tabell A-1 viser anslått bygningsareal for yrkesbygg i 2017.

Tabell A-1: Estimert areal yrkesbygg i 2017

	Areal (2010) ³	Ferdigstilt areal 2011-2016 ⁴	Riverate ⁵	Areal 2017
Barnehage	1 275 200 m ²	429 915 m ²	1,1 %	1 611 282 m ²
Skole	13 884 700 m ²	1 589 812 m ²	1,5 %	14 218 437 m ²
Kontorbygg	26 760 600 m ²	2 862 833 m ²	0,8 %	28 307 605 m ²
Universitet / Høyskole	2 440 300 m ²	287 516 m ²	0,8 %	2 607 126 m ²
Sykehus	4 753 000 m ²	259 209 m ²	0,7 %	4 813 044 m ²
Sykehjem	5 215 700 m ²	528 702 m ²	0,7 %	5 521 888 m ²
Forretningsbygg	30 378 600 m ²	3 568 126 m ²	0,8 %	32 443 529 m ²
Hotell	5 714 500 m ²	739 741 m ²	0,8 %	6 168 621 m ²
Idrettsbygg	2 323 300 m ²	964 497 m ²	0,9 %	3 143 888 m ²
Kulturbygg	2 899 300 m ²	348 626 m ²	0,4 %	3 180 166 m ²
Lett industri / verksted	9 707 400 m ²	2 014 504 m ²	0,9 %	11 091 916 m ²
Yrkesbygg i alt	105 352 600 m²	14 877 075 m²		113 107 502 m²

Forretningsbygg består av mange ulike bygninger, som kan ha svært forskjellig energiprofil. Vi har derfor forsøkt å gi et anslag på hvordan bygningsarealet innen denne kategorien fordeler seg mellom ulike forretningsbygninger som kjøpesenter, dagligvarebutikk, bensinstasjon, kiosk og øvrige butikker.

Tabell A-2 gir et anslag på hvordan arealet innen forretningsbygg fordeler seg i våre beregninger.

³ Bøhn, Trond Ivar et. al., 2012: *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering i norske næringsbygg. Bakgrunnsrapport*. Rapport utført av Multiconsult i samarbeid med Analyse og Strategi på oppdrag for Enova. Enova rapport 2012:01.2.

<http://www.multiconsult.no/assets/EnergieffektiviseringI NorskeNæringsbygg.pdf>

⁴ Statistisk Sentralbyrå: *Tabell 05939 i Statistikkbanken*. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/byggeareal>

⁵ Statistisk Sentralbyrå: *Tabell 10785 i Statistikkbanken*. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/byggeareal>

Tabell A-2: Areal fordelt mellom ulike forretningsbygninger (2017)

	Bruksareal (m ²) i 2017
Kjøpesentre	6 200 000 m ²
Dagligvarebutikk	3 600 000 m ²
Bensinstasjon	450 000 m ²
Kiosk	175 000 m ²
Øvrige forretningsbygg	22 018 529 m ²
Forretningsbygg totalt	32 523 529 m²

Øvrig diskusjon av forutsetninger finnes i potensialstudien om energisparepotensialet i eksisterende bygg som ble utført av Gehør Strategi og rådgivning AS på oppdrag for Lavenergiprogrammet i 2017⁶.

Boliger

Arealer for den norske boligmassen ble også kartlagt i Enovas potensial- og barrierestudie fra 2012. Vi har tatt utgangspunkt i disse tallene, som er fra 2010, men justert for utviklingen de siste årene, basert på Statistikk Sentralbyrås tall for ferdigstilt boligareal og boligavgang som følge av rivning, brann, o.l.

Tabell A-3 viser anslått boligareal i 2017.

Tabell A-3: Estimert areal boliger i 2017

	Areal (2010) ⁷	Ferdigstilt boligareal 2011-2016 ⁸	Riverate ⁹	Areal 2017
Enebolig	169 005 646 m ²	9 326 636 m ²	0,15 %	176 782 875 m ²
Rekkehus	48 603 028 m ²	4 558 314 m ²	0,12 %	52 799 405 m ²
Boligblokk	42 126 802 m ²	6 768 741 m ²	0,72 %	47 000 163 m ²
Boliger i alt	259 735 476 m²	20 653 691 m²		276 582 442 m²

Vi har ikke skilt ut våningshus fra øvrige eneboliger og rekkehus i det videre arbeidet, til tross for at statistikk fra Statistisk Sentralbyrå peker i retning av at den gjennomsnittlige energibruken i et våningshus ligger høyere enn for andre eneboliger/småhus. Dette vil kunne utgjøre en liten feilkilde.

Vi har ikke vurdert potensialet for energisparing i fritidsboliger. Dette skyldes at fritidsboliger ikke er i drift store deler av året, og at energibruken derfor vil være langt mindre enn i helårsboliger. I tillegg er dagens kunnskapsgrunnlag mht. isolasjonsstandard, oppvarmingssystem og gjennomførte energiltak svakt. Elektrisitetsforbruket i fritidsboliger utgjorde 2,3 TWh i ifølge Statistisk Sentralbyrå¹⁰. Det kan således antas at installasjon av varmepumper i fritidsboliger vil kunne bidra til vesentlig energisparing.

⁶ Grini, Gunnar et. al., 2017: *Potensialstudie – kostnadseffektive tiltak i eksisterende bygninger*. Rapport utført av Gehør strategi og rådgivning AS på oppdrag for Lavenergiprogrammet. http://lavenergiprogrammet.no/wp-content/uploads/2017/08/Potensialstudie_Lavenergiprogrammet_aug_2017.pdf

⁷ Haarberg, Karl Johan et. al., 2012: *Potensial- og barrierestudie - Energieffektivisering av norske boliger. Bakgrunnsrapport*. Rapport utført av Prognosesenteret i samarbeid med Entelligens på oppdrag for Enova. Enova rapport 2012:01.1

⁸ Statistisk Sentralbyrå: *Tabell 05940 i Statistikkbanken*. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/byggeareal/aar>

⁹ Statistisk Sentralbyrå: *Tabell 10783 i Statistikkbanken*. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/byggeareal/aar>

¹⁰ Statistisk Sentralbyrå: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/vi-bruker-mindre-strom-hjemme>

B Formålsdelt energibruk

Yrkesbygg

NVE har sammenstilt resultater vedr. formålsdelt energibruk for 11 kategorier yrkesbygg (tabell B-1)¹¹, som skal være mest mulig representativ for eksisterende bygg innenfor hver enkelt bygningskategori.

Tabell B-1. Formålsdelt energibruk i yrkesbygg (kWh/m²). [NVE rapport nr. 24-2016]

Byggkategori	Oppvarming	Tappevann	Ventilasjon	Belysning	El-spesifikk	Kjøling	Totalt
Barnehage	121	9	27	18	25	0	200
Skole	99	6	13	26	26	0	170
Kontor	72	11	23	37	72	20	235
Universitet/ høgskole	96	18	36	40	49	20	260
Sykehus	125	32	-	-	171	52	380
Sykehjem	136	26	31	27	39	1	260
Forretning	71	8	35	-	187	19	320
Hotell	101	39	30	30	37	3	240
Idrettsbygg	85	24	32	35	37	23	235
Kulturbygg	166	3	21	22	30	3	245
Lettindustri/ verksted	161	4	13	32	39	6	255

Forretningsbygg omfatter som nevnt en rekke ulike bygninger, med forskjellig energiprofil. Tabell B-2, B-3 og B-4 viser anslag for gjennomsnittlig formålsdelt energibruk for ulike typer forretningsbygg som er benyttet i beregningene. For øvrig diskusjon av disse forutsetningene vises det til potensialstudien om energisparepotensialet i eksisterende bygninger som ble utført for Lavenergiprogrammet i 2017¹².

Tabell B-2. Formålsdelt energibruk i kjøpesenter (kWh/m²).

Rom- og ventilasjons oppvarming	Tappevann	Ventilasjon (aggregat)	Pumper	Lys og utstyr (felles areal)	Strøm og utstyr (leietager)	Kjøling	Heis, rulletrapp, samlebånd	Totalt
73	8	30	3	30	103	22	3	270

¹¹ Langseth, Benedicte et. al., 2016: *Analyse av energibruk i yrkesbygg. Formålsdeling, trender og drivere*. NVE-Rapport nr. 24/2016. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_24.pdf. ISBN 978-82-410-1215-0

¹² Grini, Gunnar et. al., 2017: *Potensialstudie – kostnadseffektive tiltak i eksisterende bygninger*. Rapport utført av Gehør strategi og rådgivning AS på oppdrag for Lavenergiprogrammet. http://lavenergiprogrammet.no/wp-content/uploads/2017/08/Potensialstudie_Lavenergiprogrammet_aug_2017.pdf

Tabell B-3. Formålsdelt energibruk i dagligvarebutikk (kWh/m²).

Rom- og ventilasjons oppvarming	Tappevann	Ventilasjon (aggregat)	Pumper og teknisk utstyr	Belysning	Ventilasjons kjøling	Kjøøl/frys - sentralanlegg	Kjøøl/frys plug-in	Totalt
24	16	56	128	176	16	296	88	800

Tabell B-4. Formålsdelt energibruk i øvrige butikker, utenom kiosk og bensinstasjon (kWh/m²).

Rom- og ventilasjons oppvarming	Tappevann	Ventilasjon (aggregat)	Pumper	Belysning	Teknisk utstyr/div. el. og data	Kjøling	Utelys/P-hus	Totalt
57	4	26	11	59	52	4	4	220

Når det gjelder kiosker og bensinstasjoner antar vi noe høyere energibruk enn for dagligvarebutikker ettersom det er rimelig å anta at dette er virksomheter med relativt lange driftstider. Vi har basert oss på en gjennomsnittlig energibruk på ca. 1000 kWh/m² for slike forretningsbygg, selv om dette trolig vil være i laveste laget. Vi går ut fra at den prosentvise formålsdelte energibruken vil være noenlunde lik som for dagligvarebutikker ettersom disse bygningskategoriene har mange like funksjoner. Dette er svært grove antagelser. Men, antagelsene vil uansett ikke ha særlig betydning for beregningene av det samlede energisparepotensialet i forretningsbygg, da arealene for bensinstasjoner og kiosker er små.

Boliger

Vi har tatt utgangspunkt i Statistisk Sentralbyrås gjennomsnittstall for spesifikk energibruk i eneboliger, rekkehus og boligblokk. Vi ser da bort fra at effekten av å installere varmepumpe i en enebolig være større i dårlig isolerte boliger, og mindre i godt isolerte boliger. I statistikken har våningshus noe høyere spesifikk energibruk enn eneboliger for øvrig. Som nevnt har vi valgt å se bort fra dette i beregningene.

Tabell B-5: Gjennomsnittlig energibruk i eneboliger, rekkehus og leiligheter [SSB]¹³

	Energibruk (snitt - 2012)	Energibruk (snitt - 2009)	Energibruk (snitt - 2006)
Enebolig	198 kWh/m ²	182 kWh/m ²	199 kWh/m ²
Rekkehus	180 kWh/m ²	186 kWh/m ²	181 kWh/m ²
Boligblokk	156 kWh/m ²	166 kWh/m ²	172 kWh/m ²

I NVEs energibruksrapport fra 2012 oppsummeres flere nordiske studier mht. formålsdelt energibruk i boliger. På grunnlag av studiene og en gjennomsnittlig energibruk i boliger på 21.000 kWh/år ble det anslått en formålsdeling på 22 % el-spesifikt forbruk, 12 % oppvarming av tappevann og 66 % oppvarming av rom¹⁴. I en rapport fra Vestfoldsforskning fra 2011 ble det imidlertid konkludert med en noe annerledes formålsfordeling for energibruk i boliger enn i tidligere analyser (tabell B-6)¹⁵.

¹³ Statistisk Sentralbyrå: Tabell 10573 i Statistikkbanken. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/husenergi>

¹⁴ Magnussen, Ingrid H., et. al., 2012: *Energibruksrapporten 2012 - Energibruk i husholdninger*. NVE-rapport 30/2012. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2012/rapport2012_30.pdf ISBN 978-82-410-0818-4

¹⁵ Hille, John, et. al., 2012: *Trender og drivere for energibruk i norske husholdninger*. Rapport utført på av Vestlandsforskning på oppdrag fra NVE. Vestlandsforskningsrapport nr. 13/2011. http://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-rapport-13-2011-nve-energibruk-i-norske-husholdninger.pdf ISBN 978-82-428-0313-9

Tabell B-6: Formålsdelt energibruk i boliger [Vestlandsforskningsrapport nr. 13/2011]

	Romoppvarming	Varmt tappevann	Totalt til oppvarming
Enebolig	70 %	11 %	81 %
Rekkehus	60 %	16 %	76 %
Boligblokk	23 %	25 %	58 %

Vi har lagt til grunn at andelen av energiforbruket som går til varmeformål i eneboliger, rekkehus og leiligheter er noenlunde lik, men at det brukes en noe høyere andel til varmt tappevann i leilighetsbygg. Vi antar at andelen av energibruken til varmeformål i en gjennomsnittlig eksisterende enebolig ligger på ca. 75 %, hvorav 60 % går til romoppvarming og 15 % går til varmt tappevann. For rekkehus kan det være at noe mindre energi brukes til romoppvarming da det er rimelig å anta et høyere varmetap mot det fri enn mot nabohuset. For boligblokk er det lagt til grunn en noe lavere andel til romoppvarming. Det antas også at en større andel av energien (kWh/m²) brukes til tappevann, fordi forbruket fordeles på færre kvadratmeter. Tabell B-7 viser energibruk og formålsdeling som er benyttet i beregningene.

Tabell B-7: Antatt gjennomsnittlig energibruk i boliger og formålsdeling

	Energibruk (snitt)	Andel romoppvarming	Andel til varmt tappevann
Enebolig	198 kWh/m ²	60 %	15%
Rekkehus	180 kWh/m ²	55 %	15 %
Boligblokk	156 kWh/m ²	40 %	25 %

I dette notatet er det lagt til grunn en gjennomsnittlig energibruk for boliger. I virkeligheten vil en bolig som har installert varmepumpe ha lavere energibehov til oppvarming enn en tilsvarende bolig som ikke har installert varmepumpe. Slik sett kunne beregningene lagt til grunn høyere gjennomsnittlig energibehov i boliger uten varmepumpe. En slik forutsetning ville økt energisparepotensialet ved ny installasjon av varmepumper og redusert sparepotensialet ved utskifte av eksisterende varmepumper. Samtidig er det sannsynlig at det er en overvekt av boliger som er dårlig isolert, og som hadde et høyt varmebehov i utgangspunktet, som har installert varmepumpe, da det økonomiske incentivet for å ta i bruk varmepumpe er større i slike boliger. Statistisk Sentralbyrå har statistikk for energibruk i boliger med og uten varmepumpe. Statistikken viser at boliger uten varmepumper bruker ca. 10-12 % mer energi enn boliger med varmepumpe¹⁶. Men, statistikken er ikke fordelt på mellom ulike boligtyper, kun mellom boliger over/under 149 m² BRA, slik at det er usikkert hvor mye lavere energibehov det vil være riktig å regne med for boliger med varmepumpe. Vi har derfor valgt å utføre beregningene med utgangspunkt i gjennomsnittlig energibruk for alle boliger, med de usikkerheter og forbehold dette gir.

¹⁶ Statistisk Sentralbyrå: Tabell 10569 i Statistikkbanken. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/husenergi>

C Dagens utbredelse av varmepumper

Yrkesbygg

Varmepumper har de siste 10-15 årene hatt økende utbredelse. Sparepotensialet som kan utløses i eksisterende yrkesbygg ved å installere varmepumpe er avhengig av andelen bygninger som allerede har installert varmepumpe. Oppvarmingssystem i yrkesbygg ble undersøkt av Statistisk Sentralbyrå i 2013. I følge Statistisk Sentralbyrå var det ca. 48 % av alle yrkesbygninger som hadde sentralvarme i 2011¹⁷. Dette tallet tar utgangspunkt i antall bygninger og ikke areal og representerer en feilkilde fordi større bygninger oftere har sentralvarme enn mindre bygninger. Vi har likevel tatt utgangspunkt i disse tallene, da vi ikke har andre pålitelige grunnlagsdata. Tabell C-1 gir oversikt over sentralvarmeanlegg i ulike yrkesbygg og hvilken varmekilde sentralvarmeanleggene var basert på i 2011. For bygningstypene barnehage og kjøpesentre finnes det kun egne tall i eldre rapporter fra Statistisk Sentralbyrå¹⁸. For lett industri/verksted finnes det heller ikke egne tall i rapportene fra Statistisk Sentralbyrå. Vi har derfor antatt at andelen med sentralvarme, samt type varmesentral, er noenlunde lik snittet for alle yrkesbygg. Vi har også forenklet og forutsatt at fordelingen mellom type varmesentral for barnehager følger fordelingen for skolebygg og at fordelingen for kjøpesentre følger andre typer forretningsbygg.

Tabell C-1: Andel varmesentral og type varmesentral installert i yrkesbygninger i 2011

	Andel sentralvarme	Hvorav fjernvarme	Hvorav oljekjel	Hvorav varmepumpe	Hvorav elektrokjel	Hvorav annet
Barnehage*	17 %	-	-	-	-	-
Skole	49 %	27 %	47 %	12 %	68 %	11 %
Kontor	53 %	55 %	30 %	17 %	43 %	6 %
Universitet/ Høgskole	71 %	76 %	30 %	21 %	29 %	3 %
Sykehus	88 %	61 %	31 %	8 %	52 %	4 %
Sykehjem	59 %	31 %	54 %	19 %	69 %	16 %
Forretning	39 %	36 %	43 %	24 %	45 %	8 %
Kjøpesentre*	17 %	-	-	-	-	-
Hotell	53 %	49 %	41 %	27 %	48 %	13 %
Idrettsbygg	46 %	36 %	38 %	19 %	53 %	12 %
Kulturbygg	60 %	77 %	5 %	16 %	47 %	0 %
Lettindustri/ verksted **	48 %	42 %	40 %	17 %	54 %	9 %

* Tall fra 2008

** Tall for yrkesbygninger samlet

Andelen bygninger med sentralvarme, og hvilken varmekilde anleggene er basert på, endres over tid. Blant annet har det vært stor oppmerksomhet om å fase ut oljekjeler i eksisterende bygg. I forbindelse med klimaforliket i 2012 ba Stortinget regjeringen om å innføre et forbud mot fyring med

¹⁷ Abrahamsen A.S., Bergh M. og Fedoryshyn N, 2013: *Energibruk i bygninger for tjenesteytende virksomhet 2011*, SSB Rapport 62/2013. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/154307?ts=142fa6ff6d8> ISBN 978-82-537-8829-6

¹⁸ Abrahamsen A.S. og Bergh M., 2011: *Energibruk i bygninger for tjenesteytende virksomhet 2008*, SSB Rapport 17/2011, https://www.ssb.no/a/publikasjoner/pdf/rapp_201117/rapp_201117.pdf ISBN 978-82-537-8108-2

fossil olje i husholdningene og som grunnlast i øvrige bygg i 2020. En forskrift med forbud mot bruk av fyringsolje og parafin til oppvarming av boliger, offentlige bygg og yrkesbygg fra 2020 ble innført i 2017¹⁹. Energibalansen viser en nedgang i bruken av fyringsolje i yrkesbygg på ca. 65 % fra 2011-2016²⁰. Antallet oljekjeler som er installert vil neppe følge utviklingen i bruken av olje, fordi det må antas at en del oljekjeler så langt har blitt stående til bruk som back-up løsning. Vi har gjort en forenkling og antatt at antallet oljekjeler i sentralvarmeanlegg er redusert med 65 %, og at oljekjeler som er erstattet av andre løsninger, er jevnt fordelt mellom fjernvarme, varmepumper, el-kjeler og annet (gass, flis, etc.).

Yrkesbygg uten sentralfyring kan ha installert egne varmepumpeløsninger. Statistisk Sentralbyrås tall for 2011 angir utbredelse av luft-til-luft-varmepumper i yrkesbygg (tabell C-2)²¹. Vi har antatt at andelen med luft-til-luft-varmepumpe i yrkesbygg har holdt seg noenlunde stabil siden 2011. Dette er naturligvis beheftet med stor usikkerhet. I tillegg vil det kunne være yrkesbygg uten sentralvarme som har tatt i bruk luft-til-vann- og væske-til-vann-varmepumper. Vi har ikke tall på hvor stor denne andelen kan være, men SSB-rapporten viser at andelen er langt lavere enn for luft-til-luft-varmepumper. Vi har antatt at det er få yrkesbygg uten sentralvarme som har tatt i bruk luft-til-vann- eller væske-til-vann-varmepumpe.

Tabell C-2: Andel uten varmesentral med installert luft-til-luft-varmepumpe - yrkesbygg i 2011

	Andel uten sentralvarme	Hvorav m/ luft-til-luft-varmepumpe
Barnehage*	83 %	9 %
Skole	51 %	6 %
Kontor	47 %	9 %
Universitet/høyskole	29 %	3 %
Sykehus	12 %	7 %
Sykehjem	41 %	7 %
Forretning	61 %	20 %
Kjøpesenter*	83 %	20 %
Hotell	47 %	8 %
Idrettsbygg	54 %	9 %
Kulturbygg	40 %	5 %
Lettindustri/ verksted**	52 %	10 %

* Tall fra 2008

** Tall for yrkesbygninger samlet

Slik tabell C-1 viser vil en yrkesbygning gjerne ha installert flere varmeløsninger (grunnlast og spisslast). For å beregne energisparingen ved at det installeres varmepumpe som dekker bygningens grunnlast må det også gjøres antagelser mht. om dagens varmeløsninger dekker grunnlast eller spisslast. Her har vi lagt til grunn at fjernvarme og vannbaserte varmepumper i bygg med sentralvarme dekker grunnlast. I bygg med sentralvarme der det ikke er installert verken fjernvarme eller varmepumpe antas det at

¹⁹ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/oljefyr/id2556868/>

²⁰ Statistisk Sentralbyrå: Tabell 11174 i Statistikkbanken. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/petroleumsalg>

²¹ Abrahamsen A.S., Bergh M. og Fedoryshyn N, 2013: *Energibruk i bygninger for tjenesteytende virksomhet 2011*, SSB Rapport 62/2013. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/154307?ts=142fa6ff6d8> ISBN 978-82-537-8829-6

Øvrige kjelløsninger vil dekke grunnlast og at hvilken kjelløsning som dekker grunnlasten er en funksjon av fordelingen mellom de ulike kjelløsningene. For bygg uten sentralvarme regnes det med direkte elektrisk oppvarming (panelovn), med unntak av byggene med installert luft-til-luft-varmepumpe. Nedenfor er det vist et eksempel på hvordan varmeløsning til grunnlast er beregnet for kontorbygg.

Tabell C-3: Eksempel – kontorbygg (pga. avrundingsfeil blir sum over 100 %)

	Andel i 2017	Andel – bruk til «grunnlast»
Andel med sentralvarme	53 %	
Hvorav Fjernvarme	60 %	32 % [0,53 x 0,60]
Hvorav varmepumpe	22 %	12 % [0,53 x 0,60]
Hvorav El-kjel	48 %	7 % [0,53 x (1-0,60-0,22) x 0,48/(0,48+0,11+0,11)]
Hvorav Oljekjel	11 %	1,5 % [0,53 x (1-0,60-0,22) x 0,11/(0,48+0,11+0,11)]
Hvorav Annet (bio, flis, etc.)	11 %	1,5 % [0,53 x (1-0,60-0,22) x 0,11/(0,48+0,11+0,11)]
Andel uten sentralvarme	47 %	
Hvorav panelovn	91 %	38 % [0,47 x 0,91]
Hvorav luft-til-luft-varmepumpe	9 %	9 % [0,47 x 0,09]

Boliger

I 2012 hadde 27 % av husholdningene varmepumpe, 9 % mer enn i 2009. Om lag 44 % av alle eneboliger hadde varmepumpe i 2012, 11 % flere enn i 2009²². Andelen boliger med varmepumpe har økt videre de siste årene, særlig for rekkehus. I følge NVE hadde om lag halvparten av eksisterende eneboliger varmepumpe i 2015²³. Anslagene i NVEs rapport var blant annet basert på informasjon fra Norsk Varmepumpeforening (NOVAP). Tilsvarende tall finnes i en Enova-rapport om energioppgradering av boliger. For å estimere utviklingen fra 2015 til 2017 har vi tatt utgangspunkt i salgstall for varmepumper som Prognosesenteret har innhentet på oppdrag fra NOVAP. Tabell C-4 viser salgstall for 2016 og 2017.

Tabell C-4: Salg av varmepumper i 2016 og 2017

	2016	2017
Luft-til-luft	65542	67081
Luft-til-vann	2803	2980
Væske-til-vann	2751	2802
Ventilasjonsluft	1937	2432
VRV/VRF	100	60
Tappevann (ny i 2017)		39
Totalt	73133	75394

Av solgte varmepumper i 2017 var 41 % nyinstallasjon i eksisterende boliger, 4 % installert ved utskifte av oljefyr i eksisterende boliger mens 11 % ble installert i nye boliger²⁴. Det betyr at 56 % av de solgte

²² <https://ssb.no/husenergi>

²³ Magnussen, Ingrid, et. al., 2016: *Varmepumper i energisystemet. Status og muligheter*. NVE-rapport 60-2016. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_60.pdf ISBN 978-82-410-1513-7

²⁴ Resten av de solgte varmepumpene ble installert i yrkesbygg (7 %), fritidsboliger (7 %), ble installert som erstatning til allerede eksisterende varmepumper i boliger (20 %) eller installert i tillegg til eksisterende varmepumper (installert flere varmepumper i boligen) (10 %).

varmepumpene var med på å øke andelen av eksisterende boliger i 2017 med installert varmepumpe. Dette utgjorde totalt 83 715 varmepumper de to siste årene. I følge Statistisk Sentralbyrå var det ca. 1,54 millioner boliger i Norge i 2017²⁵. Antallet varmepumper som ble solgt til boliger som ikke allerede hadde installert varmepumpe i 2016 og 2017 utgjør således 5 % av det totale antallet boliger. Statistikken gir ikke svar på hvor mange av disse varmepumpene som ble installert i hhv. eneboliger, rekkehus og boligblokk. Her har vi gjort skjønnsmessige vurderinger og antatt at utviklingen de siste to årene mer eller mindre følger utviklingen fra 2012 til 2015. Basert på disse utviklingstrekkene, har vi lagt til grunn forutsetninger i tabell C-5 mht. andelen boliger som hadde installert varmepumpe i 2017.

Tabell C-5: Varmepumpe i eksisterende boliger (2017)

	Andel m/ varmepumpe (2012) ²⁶	Andel m/varmepumpe (2015) ²⁷	Andel m/varmepumpe (2017)
Enebolig	44 %	50 %	55 %
Rekkehus	15 %	24 %	34 %
Boligblokk	6 %	7 %	9 %

I følge Statistisk Sentralbyrå undersøkelse av oppvarmingsutstyr i husholdningene hadde 11 % av alle eneboliger vannbårent varmesystem i 2012²⁸. 5 % hadde varmepumpe basert på luft-til-vann eller væske-til-vann, og 39 % hadde luft-til-luft-varmepumpe. 11 % av varmepumpene i eneboliger var altså basert på vannbårne løsninger. For rekkehus hadde 7 % av boligene vannbårent oppvarmingssystem, men få som hadde basert det vannbårne oppvarmingssystemet på varmepumper. For boligblokker hadde 2 % av bygningene luft-til-luft-varmepumpe, mens 4 % hadde vannbårne varmepumpeløsninger.

I følge Statistisk Sentralbyrå er luft-til-luft-varmepumper vanligere i eldre boliger enn nye boliger. 25 % av boligene oppført etter 2008 hadde installert annen type varmepumpeløsninger enn luft-til-luft (jord, vann, berg), mens dette kun gjelder 3-4 % av eldre boliger. Dette har trolig sammenheng med at det rimeligste i en eksisterende bolig er å installere luft-til-luft-varmepumpe, evt. luft-til-vann-varmepumpe hvis det er installert vannbårent oppvarmingssystem. Vi har antatt at fordelingen mellom luft-til-luft-varmepumper og væskebaserte varmepumper i boliger er nokså lik som i Statistisk Sentralbyrås undersøkelse fra 2012. Tabell C-6 viser fordelingen mellom luft-til-luft-varmepumper og væskebaserte varmepumper i eksisterende boliger per 2017 som er benyttet som utgangspunkt for beregningene.

²⁵ Statistisk Sentralbyrå: Tabell 03158 i Statistikkbanken. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/bygningsmasse/aar>

²⁶ Bøeng, Ann Christin, et. al., 2014: Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene. SSB-notat 2014/45. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/211307?ts=14a38e530c0> ISBN 978-82-537-9053-4

²⁷ Bjørnstad, Even, et.al., 2015: Rehabilitering og energioppgradering av boliger. Drøfting av begreper og måling av omfang. Enova rapport. <http://www.mynewsdesk.com/no/enova-sf/documents/rehabilitering-og-energioppgradering-av-boliger-58726>

²⁸ Bøeng, Ann Christin, et. al., 2014: Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene. SSB-notat 2014/45. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/211307?ts=14a38e530c0> ISBN 978-82-537-9053-4

Tabell C-6: Antatt fordeling mellom luft-til-luft-varmepumper og vannbaserte varmepumper i eksisterende boliger (2017)

	Andel m/ luft-til-luft-varmepumpe	Andel m/ vannbåren VP	Sum andel m/ VP
Enebolig	50 %	5 %	55 %
Rekkehus	32 %	2 %	34 %
Boligblokk	2 %	7 %	9 %

D Utbredelse av varmepumper i 2030

Yrkesbygg

NVE har anslått potensiell utbredelsesgrad for ulike typer varmepumper. For yrkesbygg regner NVE med potensiell utbredelsesgrad på henholdsvis 80 % og 70 % for luft-til-vann - og væske-til-vann-varmepumpe²⁹. Dette inkluderer både nye og eksisterende bygninger. I bysentrum kan mulighetene til installasjon av varmepumpe begrenses av lite plass til brønnboring og det kan gjelde tilknytningsplikt til fjernvarme.

Vi har lagt grunn en potensiell utbredelsesgrad på 80 % for vannbårne varmepumpeløsninger (dvs. at varmepumper erstatter 80 % av andre kjelløsninger). Dette er et ambisiøst anslag. Vi mener at dette likevel kan være realistisk fordi bransjen går i retning av å bore færre, men dypere brønner og dermed mer arealeffektive løsninger.

Vi har også regnet med at varmepumper potensielt kan erstatte fjernvarme i eksisterende yrkesbygg. Men, vi har antatt en noe lavere potensiell utbredelsesgrad for varmepumper i slike tilfeller, blant annet fordi det vil gjelde tilknytningsplikt til fjernvarme i konsesjonsområder ved bruksendring og hovedombygginger. Vi har valgt å legge til grunn en antagelse om at vannbårne varmepumper (bergvarmepumpe) vil erstatte 40 % av abonnentsentraler for fjernvarme i eksisterende yrkesbygg med sentralvarme, innen 2030. Antagelsene mht. hva som er potensiell utbredelsesgrad for varmepumper er naturligvis usikre.

Når det gjelder luft-til-luft-varmepumper har vi regnet med at potensiell utbredelsesgrad er en funksjon av dagens andel med installert varmepumpe for ulike bygg. Som basis for beregningene regner vi med at utbredelsen av varmepumper i yrkesbygg uten sentralvarme firedobles innen 2030. For eksempel vil det si at vi for forretningsbygg regner med en potensiell utbredelsesgrad for varmepumper som ikke er tilkoblet en felles energisentral på om lag 50 % (61 % av eksisterende forretningsbygg har ikke sentralvarme, hvorav vi antar at 80 % av disse byggene har installert luft-til-luft-varmepumper i 2030).

Mht. kontorbygninger vurderer vi det slik at dagens bruk av luft-til-luft-varmepumper er relativt lav. Dette er imidlertid bygninger som kan egne seg godt for slike løsninger. I tillegg til at det normalt bør være relativt enkelt å installere luft-til-luft-varmepumpe i kontorbygninger, har det betydning at kontorer har behov for kjøling. Her kan luft-til-luft-maskiner levere kjøling på sommerstid, og varme om vinteren. Således bør dette være et godt alternativ i mange prosjekter. I de senere årene har det kommet nye maskiner på markedet som er enklere å regulere enn tidligere. Dette bør kunne øke utbredelsesgraden. For kontorbygninger uten sentralvarme regner vi derfor med at en potensiell utbredelsesgrad for luft-til-luft-varmepumpe er at andelen seksdobles fra dagens nivå. Dette innebærer at den potensielle utbredelsesgraden for varmepumper som ikke er tilkoblet felles energisentral, antas å ligge på rundt 25 % (47 % av kontorbyggene har ikke sentralvarme, hvorav vi antar at nesten 55 % av disse vil installere luft-til-luft-varmepumpe, evt. andre vannbårne varmepumpeløsninger, innen 2030).

²⁹ Magnussen, Ingrid, et. al., 2016: *Varmepumper i energisystemet*. NVE-rapport 60-2016. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_60.pdf ISBN 978-82-410-1513-7

Videre er det regnet med en viss utbredelse av varmepumper som kun dekker energibehovet til varmt tappevann for sykehus, sykehjem, idrettsbygg og hotell som ikke har sentralvarmeanlegg. Årsakene til at disse bygningskategoriene er valgt ut er at de har et relativt høyt tappevannsforbruk. For denne type bygg er det antatt at 80 % av yrkesbygg uten sentralvarme vil installere varmepumpe til å dekke sitt tappevannsbehov innen 2030. For yrkesbygg med sentralvarme har vi antatt at det kun er aktuelt å installere varmepumper som dekker energibehovet til både romoppvarming og varmt tappevann.

Når det gjelder utskiftingstakt for eksisterende varmepumper i yrkesbygg, har vi lagt til grunn at samtlige varmepumper som var installert i 2017 vil være skiftet ut med mer effektive løsninger i 2030.

Boliger

Muligheten for at boliger kan ta i bruk varmepumper begrenses av ulike faktorer. For eksempel kan det være begrensede muligheter til å installere en luft-til-luft-varmepumpe i eksisterende boligblokker, eller å bore brønner til væske-til-vann-varmepumper i et bysentrum. Ved hovedombygging kan det gjelde tilknytningsplikt til fjernvarme. For småhus er barrierene for bruk av væskebaserte varmepumper trolig lavere i og med at boring på tomt etter grunnvarme må antas å være mulig i de fleste tilfeller. Luft-til-luft-varmepumper er i dag den dominerende varmepumpeløsningen for småhus. Selv om ytterligere incentiver til bruk av beste tilgjengelige teknologi kan ha betydning for utbredelsen av væskebaserte løsninger, mener vi at det er mest realistisk å anta at fordelingen mellom luft-til-luft-varmepumper og vannbårne varmepumper i eksisterende boliger vil holde seg noenlunde lik fremover.

I en artikkel fra forskere ved NTNU og SINTEF Byggforsk er det gjort estimater for fremtidig utvikling av andelen varmepumper i boligmassen. Det er her lagt til grunn at eneboliger vil nå en maksimal potensiell utbredelsesgrad for varmepumper på 90 % allerede rundt 2030. For rekkehus regnes det med noe lavere utbredelse; at andelen rekkehus med varmepumpe vil være noe under 50 % i 2030 og rundt 65 % i 2040. Dersom det iverksettes tiltak slik at utviklingen forseres, anslås det en potensiell utbredelse av varmepumper i rekkehus på ca. 75 % i 2030 og noe under 90 % i 2040³⁰. Vi har lagt til grunn at det vil være mulig å forsere utviklingen for installerte varmepumper i rekkehus ytterligere.

Når det gjelder eksisterende boligblokker har vi antatt at det kun er i tilfeller der boligblokkene har en felles energisentral at det vil være interessant å vurdere varmepumpe som løsning. I følge Statistisk Sentralbyrå hadde 31 % av boligblokkene felles sentralfyring i 2012. 14 % hadde sentralfyring basert på fjernvarme, mens 17 % hadde sentralfyring basert på andre brensler (olje, gass, flis, elektrisitet, o.l.). I 2012 hadde 6 % tatt i bruk varmepumpe, en andel som i følge Enova hadde økt til 7 % i 2015 (inkl. Luft-til-luft). Vi har lagt til grunn at andelen boligblokker med sentralvarme har økt til 35 % fra 2012 til 2017. I beregningene av sparepotensialet har vi antatt at 80 % av eksisterende boligblokker med sentralvarmeanlegg, basert på noe annet enn fjernvarme, og som ikke allerede har varmepumpe, vil ha konvertert fra olje-/ bio-/el-kjel, etc. til vannbaserte varmepumpeløsninger innen 2030. For boligblokker har vi antatt at varmepumper vil ha erstattet 40 % av abonnentsentralene for fjernvarme.

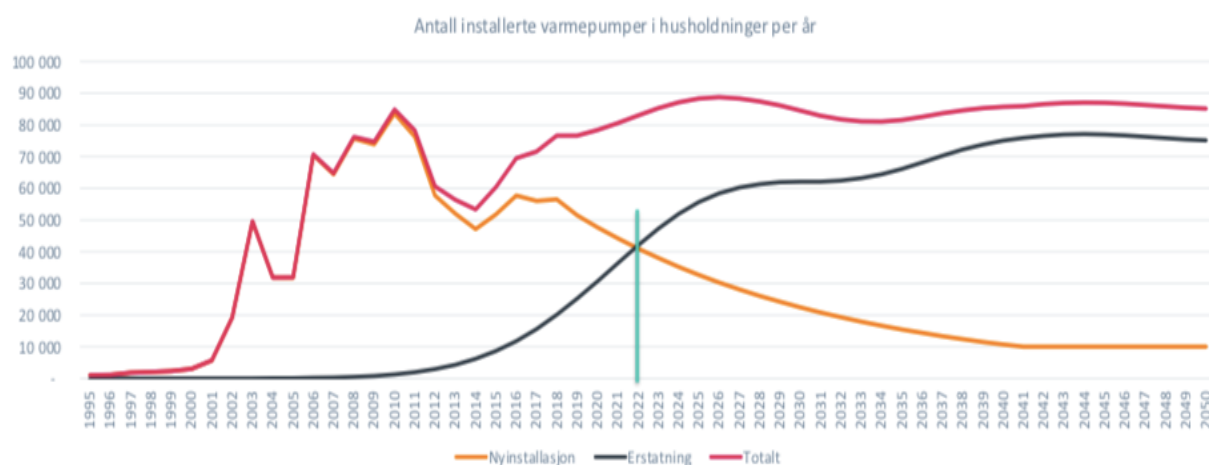
³⁰ Sandberg, Nina, et. al., 2017: Using a segmented dynamic stock model for scenario analysis of future energy demand: The dwelling stock of Norway 2016-2050. Appendix A. Energy and building, 146, 220-232. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.016>

Tabell D-1 viser antatt utvikling for utbredelse av varmepumper i eksisterende boliger frem mot 2030 som er lagt til grunn. Det er antatt samme fordeling mellom luft-til-luft-varmepumper og vannbårne varmepumper i småhus som for eneboliger i tabell C-6, dvs. at ca. 90 % av alle installerte varmepumper er luft-til-luft.

Tabell D-1: Fordeling mellom luft-til-luft- og vannbaserte varmepumper i eksisterende boliger (2030)

	Andel m/ luft-til-luft-VP	Andel m/ vannbåren VP	Sum andel m/ VP
Enebolig	80 %	10 %	90 %
Rekkehus	80 %	5 %	85 %
Boligblokk	4 %	29 % (inkl. 6 % med VP som kun dekker varmt tappevann)	33%

Når det gjelder utskiftingstakt har vi lagt til grunn at samtlige installerte varmepumper i dagens boligmasse skiftes ut innen 2030. På oppdrag fra NOVAP har Prognosesenteret har skissert en utvikling der antallet luft-til-luft-varmepumper som selges til erstatning for eksisterende varmepumper øker fra ca. 15 000 i 2017 til 45 000 i 2023 og videre til om lag 60 000 i 2026 (figur D-1). Iht. våre estimater tilsier det at ca. 2 % av eksisterende varmepumper i boliger ble erstattet med nye varmepumper i 2017 og at denne andelen øker til om lag 8 % i 2026. Vår antagelse om at samtlige varmepumper som er installert i boligmassen skal skiftes ut innen 2030 tilsier med andre ord en langt høyere utskiftingstakt enn i dag.



Figur D-1: Antall installerte luft-til-luft-varmepumper i husholdninger per år (kilde: Prognosesenteret)

E Årsvarmefaktor, virkningsgrad og dekningsgrad

Årsvarmefaktor

Årsvarmefaktoren til en varmepumpe angir effektiviteten til en varmepumpe, dvs. hvor stor effekt (varme) man får ut ved å tilføre 1 kW med energi (strøm). Forslag til årsvarmefaktorer finnes blant annet i NS 3031:2014 og en rapport fra NVE om varmepumper i energisystemet fra 2015 (tabell E-1). EU-kommisjonen har også fastsatt forslag til typiske årsvarmefaktorer for ulike typer varmepumper.

Tabell E-1: Årsvarmefaktor for varmepumper (småhus/yrkesbygg)

	NS 3031:2014 ³¹	NVE (2015) ³²	EU-kommisjonen ³³
Luft-til-luft-varmepumpe	2,0/2,1	2,0/2,0	2,5
Luft-til-vann-varmepumpe	2,3/2,4 (45°C / 37°C)	2,4/2,4	2,5
Væske-til-vann-varmepumpe	2,9/3,0	2,9/3,0	3,5
Væske-til-vann-varmepumpe (kun tappevann)	2,3/2,4	-	-

For å beregne sparepotensialet ved å skifte ut eksisterende varmepumper med nye og mer effektive varmepumper må det også antas en gjennomsnittlig årsvarmefaktor for eksisterende varmepumper.

På oppdrag fra Enova og Norsk VVS Energi- og miljøteknisk forening har Norsk Energi gjennomført befaringer av varmepumpeanlegg for å verifisere årsvarmefaktor for varmepumpeanlegg i eneboliger. Resultatene viste at luft-til-vann-varmepumpeanlegg hadde en gjennomsnittlig årsvarmefaktor på 1,73 med en variasjon fra 1,14 til 2,27. Væske-til-vann-varmepumper hadde gjennomsnittlig årsvarmefaktor på 2,44 med en variasjon fra 1,51 til 3,97³⁴. Det må altså påregnes stor variasjon mellom ulike anlegg.

Vårt oppdrag har vært å beregne energisparepotensialet ved bruk av beste tilgjengelige teknologi (BAT). Vi har diskutert med NOVAP hvilke gjennomsnittlige årsvarmefaktorer som da bør legges til grunn frem mot 2030: Tabell E-2 viser antagelser for årsvarmefaktor for nye og eldre varmepumper, som er lagt til grunn for beregningene av sparepotensialer ved installasjon/utskifte av varmepumper.

Det presiseres at det vil være mulig å oppnå bedre årsvarmefaktor enn det som er angitt i tabellen i ulike prosjekter. Årsvarmefaktorene i tabellen er fastsatt som et gjennomsnitt og skal ta høyde for variasjonene mellom ulike varmepumpeløsninger, type byggeprosjekter, ulike klimatiske forhold, etc.

³¹ Standard Norge, 2014: NS 3031:2014: Beregning av bygningsers energiytelse, Metode og data.

³² Magnussen, Ingrid, et. al., 2016: *Varmepumper i energisystemet*. NVE-rapport 60-2016.
http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_60.pdf ISBN 978-82-410-1513-7

³³ EU-kommisjonen. 2013: *COMMISSION DECISION of 1 March 2013 establishing the guidelines for Member States on calculating renewable energy from heat pumps from different heat pump technologies pursuant to Article 5 of Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council*. Kommisjonsbeslutning 2013/114 EU.

³⁴ Linda P. Haugerud, Ingvild Lien, 2015: *Analyse av feltmålinger av varmepumper i boliger*. Rapport utført av Norsk Energi på oppdrag fra Enova og Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening

Tabell E-2: Antatte årsvarmefaktorer: Eksisterende varmepumper og nye varmepumper

	Eksisterende varmepumper	Nye varmepumper
Uten sentralvarme (luft-til-luft)	2,0	2,5
Sentralvarme (væskebasert)	2,5	3,5
Uten sentralvarme (kun tappevann)		3,0

Virkningsgrader

Vi har videre hensyntatt virkningsgrad for varmeløsningene som erstattes av varmepumper i de ulike scenarioene. Tabell E-3 viser typiske virkningsgrader for oljekjel, gass-kjel, bio-kjel (flis m.m.) og el-kjel.

Tabell E-3: Fyrteknisk (produksjons)virkningsgrad for ulike typer kjeler [SN/TS 3031 tabell J1 og N3]

Oljekjel	0,85-0,90
Gass-kjel	0,85-0,90
Bio-kjel	0,85-0,90
El-kjel	0,97-0,99

Årsgjennomsnittlig produksjonsvirkningsgrad for abonnentsentraler for fjernvarme er fastsatt til 0,98, med utgangspunkt i NS 3031/2014 (tabell B.9-13).

Når det gjelder varmetapet i bygningenes distribusjonssystem antar vi at dette likt uavhengig hvordan varmen produseres. Dette tapet endres altså ikke dersom kjeler erstattes med varmepumpeløsninger. Det samme gjelder romvirkningsgraden, da vi antar samme type oppvarmingsutstyr inne i bygningene.

Dekningsgrader

Ulike varmepumper kan bare dekke deler av oppvarmingsbehovet i et enkelt bygg. For eksempel vil mulighetene en luft-til-luft-varmepumpe har til å dekke oppvarmingsbehovet være avhengig av plassering, rominndeling, antall etasjer, etc. For å beregne hvor mye energi som kan spares ved installasjon av varmepumper må vi altså vite hvor stor del av bygningers varmebehov som kan dekkes av den energien varmepumpen leverer. Tabell E-4 viser dekningsgrad for ulike varmepumpeløsninger som ble lagt til grunn i NVEs rapport om varmepumper i energisystemet³⁵. En dekningsgrad på 40 % av energibehovet til romoppvarming og tappevann i et småhus tilsvarer ca. 50 % av energibehovet til romoppvarming, gitt den formålsdelingen som er antatt i dette notatet. Dette ansees som en rimelig forutsetning.

³⁵ Magnussen, Ingrid, et. al., 2016: *Varmepumper i energisystemet*. NVE-rapport 60-2016. http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_60.pdf ISBN 978-82-410-1513-7

Tabell E-4: Varmedekningsgrad for ulike varmepumpe løsninger [NVE-rapport 60-2016]

	Luft-til-luft-varmepumpe	Luft-til-vann-varmepumpe	Væske-til-vann-varmepumpe
Eksisterende enfamiliehus	40 % (tilsvarende 50 % av romoppvarmingsbehovet)	70 %	80 %
Eksisterende flerfamiliehus	-	70 %	80 %
Yrkesbygg		80 %	90 %

I beregningene i denne rapporten er følgende forutsetninger lagt til grunn:

For boliger har vi antatt en gjennomsnittlig dekningsgrad på **90 %** av energibehovet til romoppvarming og tappevann for væskebaserte varmepumper. Ved installasjon av luft-til-luft-varmepumper har vi antatt at **50 %** av energibehovet til romoppvarming kan dekkes av varmepumpen. Ved installasjon av varmepumpe kun til varmt tappevann har vi antatt at varmepumpen kan dekke **90 %** av energibehovet.

For yrkesbygg har vi antatt en gjennomsnittlig dekningsgrad på **90 %** av energibehovet til romoppvarming og tappevann ved installasjon av væskebaserte varmepumpesystemer i bygg med sentralvarmeanlegg. I bygg uten sentralvarmeanlegg er det lagt til grunn at en luft-til-luft-varmepumpe kan dekke opptil **60 %** av energibehovet til romoppvarming. Dette er noe høyere enn tilsvarende dekningsgrad for eksisterende boliger. Årsaken til at denne dekningsgraden vurderes noe høyere for yrkesbygg er at varmen her gjerne tilføres via et ventilasjonssystem og dermed blir bedre spredd i bygningen.

Ved installasjon av varmepumpe til varmt tappevann for hotell, idrettsbygg, sykehus, sykehjem har vi antatt at varmepumpen kan dekke **90 %** av energibehovet til varmt tappevann i denne type bygninger.

Det er ikke hensyntatt utnyttelse av energien til kjøleformål i eksisterende yrkesbygg. Dette gjør at det samlede energisparepotensialet ved installasjon/utskifte av varmepumper i byggene er underestimert.

F Energifriser

NOVAP ønsker en beregning av hvilken betydning installasjon av varmepumper i eksisterende bygg vil ha for energikostnadene til husholdninger og eiere av yrkesbygg. Vi har estimert hvilken reduksjon i årlige energikostnader som kan ventes i 2030 gitt utviklingen i energiforbruk som er skissert i notatet.

Både elektrisitetspriser og nettleie varierer med geografi og valg av tjenesteleverandør. Vi har tatt utgangspunkt i NVEs oversikt over nettleie i husholdningene og NVEs kraftmarkedsanalyse for 2018 som inneholder skisserte prisbaner som skal danne et mulig utfallsrom for kraftpriser frem mot 2030.

NVEs kraftmarkedsanalyse viser at kraftprisen kan stige med 6-7 øre/kWh til 30 øre/kWh i 2030. Det er betydelig usikkerhet knyttet til den fremtidige kraftprisutviklingen i Norge, og utfallsrommet i 2030 i NVEs analyse er like stort som variasjonen de ti siste årene, dvs. mellom 20 øre/kWh og opp mot 50 øre/kWh. Mht. nettleie viser NVEs oversikt at veid landsgjennomsnitt for nettleie for husholdninger per mai 2018 var på ca. 29 øre/kWh, eks. MVA. Forbruksavgiften var på (16,58 øre/kWh eks. MVA)³⁶. Dette var nokså representativt også for næringskunder med effektuttak på 40 kW til 160 MWh/år³⁷.

I våre estimater har vi lagt til grunn at kraftprisen stiger til 30 øre i 2030. Videre har vi antatt at nettleien for husholdningskunder (og næringskunder med effektuttak på 40 kW til 160 MWh/år) øker med om lag 30 % i nominelle priser frem til 2030. Dette er basert på NVEs høringsnotat til forslaget til endring i forskrift om kontroll av nettvirksomhet. I høringsnotatet går det frem at NVE, forventer en økning av nettleien til husholdninger med ca. 30 % frem til 2025, basert på nettselskapenes investeringsplaner³⁸.

Tabell F-1 viser tre ulike scenarier og prisutvikling mht. energikostnader for bygg- og boligeiere. Den samlede kraftprisen består av nettleie, strømpris og avgifter (Enova-påslag og forbruksavgift). Merverdiavgiften har ligget konstant på 25 prosent, og legges til etter at kraftpris, nettleie og de andre avgiftene har blitt summert³⁹. I tabellen er de samlede energikostnadene rundet av til nærmeste 5 øre.

Tabell F-1: Scenarier for utvikling i strømkostnader (eks. MVA)

	Nettleie	Strøm	Avgifter (Enova-påslag + forbruksavgift)	Samlet kostnad
Scenario 1 (lav kostnad)	29 øre/kWh	23 øre/kWh	17,5 øre/kWh	~ 70 øre/kWh
Scenario 2 (sannsynlig kostnad)	38 øre/kWh	30 øre/kWh	18,5 øre/kWh	~ 85 øre/kWh
Scenario 3 (høy kostnad)	40 øre/kWh	40 øre/kWh	20 øre/kWh	~ 100 øre/kWh

Dette betyr at en sannsynlig energikostnad for husholdninger og eiere av yrkesbygg i 2030 kan ligge på ca. 106 øre/kWh, inkl. MVA. Anslagene varierer mellom 87,5 øre/kWh og 125 øre/kWh, inkl. MVA⁴⁰.

³⁶ <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/nettleiestatistikk/nettleiestatistikk-for-husholdninger/>

³⁷ <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/nettleiestatistikk/nettleiestatistikk-for-naeringskunder/>

³⁸ <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201706767/2242754>

³⁹ https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/_attachment/224336?_ts=14cb7c3f4d8

⁴⁰ Det er da ikke tatt høyde for at næringsdrivende vil kunne få refundert MVA ved kjøp av energi til oppvarmingsformål.

G Rebound-effekter

For bruk av luft-til-luft-varmepumpe i husholdningene er det utført flere studier for å undersøke evt. rebound-effekter. Én viktig årsak til at norske husholdninger velger å kjøpe luft-til-luft-varmepumpe er å spare penger. I flere studier er det imidlertid observert at den reelle energisparingen ikke er så stor som den teoretiske. Dette kan skyldes økning i innendørs komfort, (økt innetemperatur, større arealer som varmes opp og at oppvarming skjer i flere av døgnets timer). I tillegg kan det være at teknologien brukes på feil eller uforutsette måter, som for eksempel til klestørking, eller at varmepumpen brukes til kjøling om sommeren (selv om dette trolig er mindre utbredt i Skandinavia enn i varmere land)⁴¹.

Aalborg Universitet og Statens Byggeforskningsinstitut i Danmark har gjennomført studier som tyder på at 30 % av husholdningene øker innetemperaturen etter at de har installert varmepumpe. En analyse av måledata viser at en femtedel av den potensielle energisparingen ikke oppnås i praksis på grunn av endringer i oppvarmings- og komfortpraksiser⁴². Statistisk Sentralbyrå har gjennomført undersøkelser som viser at husholdninger som eier varmepumper i snitt bruker tilnærmet like mye strøm som andre husholdninger. Dette kan skyldes rebound-effekter, men også at det i hovedsak er husholdninger med stort behov for oppvarming som har drevet veksten i andelen husholdninger med varmepumpe⁴³. Det er klare sammenhenger mellom innetemperatur og hva slags oppvarmingsutstyr husholdningene har. Husholdninger med varmepumper eller felles sentralfyr holder en høyere innetemperatur i snitt sammenlignet med øvrige husholdninger. I følge Statistisk Sentralbyrå holder for øvrig nesten halvparten av husholdningene i perioder en lavere temperatur enn det de synes er behagelig for å spare energi. Den allerede utstrakte bruken av redusert innetemperatur kan reise spørsmål om potensialet for ytterligere energibesparelser gjennom å redusere innetemperaturen⁴⁴.

At større deler av en bolig kan tas i bruk ved installasjon av varmepumper eller at beboere har et bedre innemiljø, må imidlertid oppfattes som en verdi for samfunnet. I dette notatet er det derfor ikke tatt høyde for evt. endringer i forbruksmønster, men lagt til grunn at de funksjonene som energisystemene leverer før installasjonen av varmepumpe er den samme som etter at varmepumpen er installert.

⁴¹ Strandbakken, Pål, et. al., 2015: *Energisparende teknologier i norske husholdninger: Luft-til-luft-varmepumper*. Rapport utført av Statens institutt for forbruksforskning (SIFO). Fagrapport 5-2015. Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Energy Saving Technologies in Households: The Heat Pump" http://www.hioa.no/extension/hioa/design/hioa/images/sifo/files/file80361_fagrapport_5_2015_varmepumper.pdf ISBN 82-7063-455-7

⁴² Christensen, Toke Haunstrup, et. al. (2011): *Varmepumper og elforbrug – Betydningen af ændrede komfortpraksisser*. SBI-rapport nr. 24-2011. Statens Byggeforskningsinstitut og Aalborg Universitet. <https://www.energiforskning.dk/node/2428>

⁴³ Bøeng, Ann Christin, et. al., 2014: *Kartlegging av oppvarmingsutstyr i husholdningene*. SSB-notat 2014/45. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/211307?ts=14a38e530c0> ISBN 978-82-537-9053-4

⁴⁴ Halvorsen, Bente, 2013: Vi fryser for å spare energi. Artikkel publisert i Økonomiske Analyser 2/2013. <https://www.ssb.no/energi-og-industri/artikler-og-publikasjoner/attachment/109882?ts=13e3bd85368>