

Fra gas til grøn varme

En hensigtsmæssig omstilling fra naturgas til fjernvarme og individuelle varmepumper

•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Indhold

1	Indledning, konklusioner og anbefalinger	3
2	Fremtidens effektive varmesystem	10
	2.1 Reguleringsmæssige rammer for gasudfasning	10
	2.2 Tekniske potentialer for gasudfasning	17
3	Effektivitet af naturgasopvarmede bygninger i potentielle fjernvarmeområder	23
	3.1 Datagrundlag og forudsætninger for identificering af ineffektive bygninger	23
	3.2 Omfanget af ældre, ineffektive bygninger	27
4	Samfundsøkonomiske analyser af varmforsyning	30
	4.1 Scenarier, forudsætninger og datagrundlag.....	30
	4.2 Resultater af den samfundsøkonomiske analyse	37
	4.3 Varianter og følsomheder af samfundsøkonomiske scenarier	42
5	Barrierer for og anbefalinger til en samfundsøkonomisk optimal udfasning af naturgas.....	49
	Referencer	55

Hvem er Klimarådet?

Klimarådet er et uafhængigt ekspertorgan, der rådgiver regeringen om, hvordan omstillingen til et klimaneutralt samfund kan ske, så vi i fremtiden kan leve i et Danmark med meget lave udledninger af drivhusgasser og samtidig fastholde bl.a. velfærd og udvikling. Klimarådet skal årligt vurdere, om regeringens klimaindsats ansælgeliggør, at de danske klimamål nås. Rådet skal desuden bidrage til den offentlige debat og udarbejder også løbende analyser og anbefalinger til klimaindsatsen.

1 Indledning, konklusioner og anbefalinger

Krigen i Ukraine medfører, at vi hurtigere skal udfase naturgas og olie til opvarmning

Krigen i Ukraine har fået vores øjne op for afhængigheden af russisk naturgas, og det har accelereret den politiske beslutning om, at naturgas og olie skal ud af den danske varmeforsyning. Med *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022* besluttede et stort flertal i Folketinget, at der ikke skal anvendes naturgas til rumopvarmning i 2030, og at der ikke skal anvendes nogen former for gas til rumopvarmning i 2035.¹ Derfor er det besluttet, at kommunerne, fjernvarme- og gasforsyningsselskaber skal planlægge en udfasning af naturgas fra rumopvarmning. En hurtig udfasning af naturgas og olie vil være en klimamæssig fordel, men også en fordel for forsyningssikkerheden i Europa. For selv om danske gasleverancer forventes at stige igen, når Tyra-gasfeltet er færdigrenoveret, så vil der være efterspørgsel efter gas til andre formål, herunder til eksport til vores nabolande, som er endnu hårdere ramt af manglen på russisk gas. Nye eller alternative former for varmeforsyning vil derfor medføre bedre forsyningssikkerhed og mindre risiko for meget høje priser.

Den 1. januar 2020 var der ca. 400.000 bygninger med naturgasfyr i Danmark. Jf. aftalen om grøn varme er kommunerne og fjernvarmeselskaberne ved at lægge sidste hånd på de langsigtede varmeplaner i de danske byer. Inden udgangen af 2022 skal alle danskere med gasfyr have modtaget et brev fra deres respektive kommuner, hvor de får at vide, om de kan få fjernvarme, om de skal overveje at skifte fyret ud med en varmepumpe, eller om de kan forblive på gasnettet.

Hastighed er et must i den grønne omstilling, men langsigtede løsninger kræver, at vi graver et spadestik dybere, så vi kan få lagt de rette planer. Her er det specielt vigtigt at se på sammenhængen mellem, hvordan vi producerer varmen, og hvordan bygningerne bedst udnytter varmen. Formålet med denne analyse er derfor at undersøge, hvordan vi får skabt rammerne for en samfundsøkonomisk optimal udfasning af naturgas i den danske varmeforsyning. Analysen peger på, hvilke varmeløsninger der er bedst for samfundet på kort og lang sigt, og hvilke barrierer der er for hurtig implementering af nye varmesystemer, der samtidig peger frem mod de langsigtede løsninger.

Gasbygningers placering kan afgøre alternativet til gasfyret

Kommuner og fjernvarmeselskaber har forskellige muligheder at vælge mellem, når de skal planlægge udskiftningen af gasfyret. Placeringen af de nuværende gasopvarmede bygninger har stor betydning for, hvilken løsning der bedst kan betale sig for samfundet. Der er principielt tre muligheder:

1. **At udvide allerede eksisterende fjernvarmeområder.** Her vil der ofte være tale om fjernvarmeanlæg, der får store dele af varmen fra biomasse og affald. Energien kan komme fra fossil energi, men også fra varmepumper, solvarme, overskudsvarme eller geotermi.
2. **At opføre et nyt fjernvarmesystem.** Hvis der er mange bygninger med naturgas, der ligger tæt sammen, men som ligger langt fra et eksisterende fjernvarmenet, kan det være relevant at bygge et nyt fjernvarmesystem. Her er der mulighed for at starte op med de nyere fjernvarmeløsninger, som baserer sig på store varmepumper og eventuelt overskudsvarme.
3. **At opfordre boligejere til at installere individuelle varmepumper.** Individuelle varmepumper kan producere varme med strøm fra vedvarende energikilder.

Der vil også være mulighed for at forblive på gasnettet indtil 2035 og forbruge en blanding af biogas og naturgas. Biogas er dog en begrænset ressource, der er bedre prioriteret til andre formål. Samtidig er der sat en slutdato for forsyning af gas til bygninger i 2035. Derfor vurderes gas til opvarmning ikke som et alternativ i denne analyse. Rammevilkår for udfasning af naturgas til opvarmning og de tekniske muligheder er nærmere beskrevet i kapitel 2.

Fremtidens effektive varme skal ned i temperatur

Fælles for de nye fjernvarmeanlæg med store varmepumper og de individuelle varmepumper er, at de kan baseres på strøm fra vedvarende energi, og at de er mest effektive, når de ikke skal varme vandet meget op. En højere effektivitet betyder, at der skal bruges mindre el til at stille samme varmebehov. Lavere temperaturer mindsker derudover varmetabet i fjernvarmens distributionsnet, hvilket også medfører energibesparelser. I fagsproget

kalder man det *lavtemperaturvarme*. Udfordringen er dog, at lavtemperaturvarme i nogle tilfælde ikke vil kunne opvarme ældre bygninger, som ikke er energirenoveret tilstrækkeligt.

Ældre energi-ineffektive bygninger er potentielt en barriere for lavtemperaturvarme

Cirka halvdelen af de naturgasfyrede bygninger er ældre og har et så højt varmeforbrug, at bygningerne må betegnes som ineffektive ud fra et energimæssigt synspunkt, og derfor kan de have problemer med at blive tilstrækkeligt opvarmet med lavtemperaturvarme. Fremover bruges betegnelsen ineffektive bygninger som synonym for bygninger, der er energi-ineffektive. I kapitel 3 har Klimarådet analyseret omfanget af gasopvarmede bygninger, der har et højt varmeforbrug, og som dermed kan spænde ben for et fremtidigt, effektivt varmesystem baseret enten på individuelle varmepumper eller lavtemperaturfjernvarme.

Ineffektive bygninger vil i nogle tilfælde have behov for ekstra tiltag for at kunne bruge lavtemperaturvarme. Tiltag kan være energirenoveringer såsom nye vinduer, ekstra isolering eller nyt tag. Disse tiltag sænker også det generelle energibehov, men de skal først udføres, når bygningsdelenes levetid er udtjent. Ellers bliver omkostningerne for høje. Derudover kan en korrekt indstilling af varmeanlæg eller større radiatorer også bevirke, at bygninger kan bruge lavtemperaturvarme. Ineffektive bygninger, der skal have en individuel varmepumpe, kan også opsætte en varmepumpe med større kapacitet for dermed at kunne levere en tilstrækkelig høj fremløbstemperatur. Det vil dog betyde et højere elforbrug, hvis der ikke også laves andre energirenoveringer.

Energirenoveringer kan bedst betale sig, samtidig med at huset alligevel skal renoveres

Energirenoveringer er oftest kun rentable, hvis de bliver lavet samtidig med andre bygningsrenoveringer. Derfor er det dyrt at forcere de omkostningseffektive energirenoveringer på kort sigt. Alle rentable energieffektiviseringer bør dog realiseres, når muligheden opstår. Det vil aggregere set bidrage til et effektivt og robust energisystem. Det er derfor essentielt, at myndighederne samtænker gasudfasningen og fjernvarmeudbygningen med det store potentiale, der er for energirenoveringer i de danske bygninger. Lavtemperaturfjernvarme bruger mindre energi end højtemperaturfjernvarme, men det kan kræve energiforbedringer i visse af de ældre og ineffektive bygninger. Med andre ord er det nødvendigt med hurtige tiltag i de mest energislugende bygninger såsom justering af varmeanlæg, hulmursisolering og/eller ny radiatorkapacitet, hvis lavtemperaturfjernvarme skal udrulles hurtigt.

Klimarådet har analyseret samfundsøkonomien i fem forskellige scenarier for varmeforsyning

Energikrisen har som sagt medført et politisk ønske om at udfase naturgas til bygningsopvarmning hurtigst muligt. Klimarådet har analyseret de samfundsøkonomiske omkostninger ved udfasningen i fem forskellige scenarier i kapitel 4. Scenarierne er beskrevet i tabel 1.1. Der er taget udgangspunkt i et repræsentativt naturgasområde på 1.000 bygninger, hvor der er potentiale for fjernvarme. Et potentielt fjernvarmeområde er her defineret som et område, hvor bygningerne ligger så tilpas tæt, at varmeforbruget pr. kvadratmeter i området er større end 10 kWh. De gasfyrede bygninger, der ligger uden for potentielle fjernvarmeområder forventes at overgå til individuelle varmepumper. I de fem scenarier beregnes de totale samfundsøkonomiske omkostninger ved omstilling af alle gasfyr til alternative varmeløsninger.

For at sikre en tilstrækkelig komforttemperatur med lavtemperaturfjernvarme er der i nogle tilfælde behov for energiforbedrende tiltag i ældre, ineffektive bygninger. Det kan være, at huset skal isoleres bedre, at varmeanlægget skal optimeres eller at der skal opsættes nye radiatorer. Det antages ikke, at der er behov for bygningstiltag i analysens basisscenarie, idet størrelsen på de individuelle varmepumper i analysen er dimensioneret ud fra bygningernes varmeforbrug. Alligevel kan det også være relevant at energiforbedre bygninger med individuelle varmepumper, da det vil øge effektiviteten af varmepumpen og mindske kravet til varmepumpens størrelse. Det vil reducere det samlede energiforbrug. I analysen er der ikke blevet regnet på scenarier, hvor der fortsættes med naturgas, eftersom det politisk er besluttet, at alle gasfyr skal være udskiftet senest i 2035.

Tabel 1.1 Fem scenarier for alternativ varmforsyning i Klimarådets samfundsøkonomiske analyse

Scenarier	Varmesystem	Antagelse
Scenarie 1 (basisscenarie)	Individuelle varmepumper	-
Scenarie 2	Et nyt <i>høj</i> temperaturfjernvarmenet	Fremløbstemperatur på 75°C baseret på biomasse
Scenarie 3	Et nyt <i>høj</i> temperaturfjernvarmenet	Fremløbstemperatur på 75°C baseret på store varmepumper
Scenarie 4	Et nyt <i>lav</i> temperaturfjernvarmenet	Fremløbstemperatur på 60°C baseret på store varmepumper
Scenarie 5	Et nyt <i>lav</i> temperaturfjernvarmenet	Fremløbstemperatur på 60°C baseret på store varmepumper. Samtidig adgang til overskudsvarme

Systemiske effekter bør medtænkes ved valg af den optimale varmeløsning

De samfundsøkonomiske beregninger tager ikke højde for en række systemiske og miljømæssige effekter ved den fremtidige varmforsyning. Disse effekter kan potentielt påvirke det optimale valg af varmforsyningsløsning, men det ligger uden for analysens afgrænsning at værdisætte dem. De beskrives dog kvalitativt og omfatter følgende tre effekter:

1. **Fleksibilitet og forsyningssikkerhed.** Flexibilitetsmuligheder og forsyningssikkerhed er vigtige i en fremtid med langt mere strøm baseret på vedvarende energikilder som vind og sol. Varmepumper og elkedler i fjernvarmen kan yde fleksibilitet i elmarkedet ved hurtigt at ændre i deres planlagte produktion. Hertil kommer, at elbaseret fjernvarme giver mulighed for at øge brugen af alternative energikilder som overskudsvarme, solvarme eller geotermi, hvilket ikke er muligt med individuelle løsninger. Det hjælper også på forsyningssikkerheden. Disse effekter giver alt andet lige en øget fordel til fjernvarmen sammenlignet med individuel varmforsyning.
2. **Støjproblemer og grundvandsproblemer fra lodrette borer.** Der kan være lokale støjproblemer ved individuelle varmepumper, som ikke er værdisat i samfundsøkonomiske analyser. Hertil kommer potentielle problemer med grundvandet ved lodrette borer i forbindelse med vand til vand-varmepumper. Disse effekter giver alt andet lige en øget fordel til fjernvarmen, men de kunne eventuelt også løses ved at etablere såkaldte termonet, som er et alternativ til fjernvarme og består af plastikrør, der løber på tværs af mange bygninger. Termonet er dog en relativt ny teknologi, som Energistyrelsen med fordel kunne undersøge nærmere og inkludere i Teknologikataloget.
3. **Biomasse er en knap ressource.** Ifølge de officielle EU-regler skal biomasses emissionsfaktor sættes til nul, selv om dette næppe er retvisende. Biomasse er en knap ressource, som Danmark bruger meget af, og globalt set forventer vi også øget efterspørgsel. Denne knaphedsfaktor er der ikke taget højde for i de samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Det taler også for, at man ikke prioriterer biomassebaserede løsninger i varmforsyningen. Denne effekt giver alt andet lige en øget fordel til de elbaserede varmeløsninger.

Nogle typer varmforsyning er bedre end andre, men lokale forhold har stor betydning

Klimarådets resultater viser, at de samfundsøkonomiske omkostninger for de forskellige typer af varmforsyning spænder mellem ca. 215.000 kr. pr. bygning og ca. 280.000 kr. pr. bygning på tværs af scenarierne. Omkostningerne inkluderer investeringer og driftsomkostninger over perioden 2023-2043 og er omregnet til nutidsværdier. Der er ikke én varmforsyningsform, der er *markant* billigere end de andre. Derfor har ændringer i

forudsætninger og lokale forhold stor betydning for det samfundsøkonomisk optimale scenarie. På baggrund af analyserne kan der drages fire overordnede og robuste konklusioner:

- **Højtemperaturfjernvarme baseret på biomasse er den dyreste varmeforsyning i stort set alle situationer.** Det skyldes hovedsageligt høje energiomkostninger til forbrug af biomasse, lavere energieffektivitet samt høje omkostninger til drift og vedligehold af biomassekedler.
- **Lavtemperaturfjernvarme med overskudsvarme er den samfundsøkonomisk billigste varmeforsyning,** også selv om kun 70 pct. tilslutter sig fjernvarmen. Dette inkluderer omkostninger til energiforbedringer i ineffektive bygninger.
- **Individuelle varmepumper er samfundsøkonomisk næstbilligst,** medmindre fjernvarmen opnår en tilslutning på mindst 90 pct.
- **Energiforbedringer af ældre, ineffektive bygninger** er samfundsøkonomisk fordelagtige, når det handler om at sikre, at bygningen kan forsynes med lavtemperaturfjernvarme.

Der er behov for et tydeligt signal om mindre biomasse i varmeforsyningen

Opvarmning med biomasse er langt mindre energieffektiv end andre opvarmningsformer. Klimarådets analyse viser, at energiindholdet i den mængde biomasse, der skal til for at udfylde bygningernes varmebehov, er mindst tre gange større end energiindholdet i den el, der anvendes i de øvrige scenarier. De elbaserede opvarmningsformer er altså langt mere effektive pr. energienhed end biomassekedler. Det skyldes, at virkningsgraden for en biomassekedel kun er 1,1, imens den for en individuel varmepumpe er 3 og for lavtemperaturfjernvarme er mellem 4 og 7, afhængig af om overskudsvarme kan udnyttes eller ej.

Klimarådet har også set på betydningen af de relative priser på biomasse og el. Biomasse er en knap ressource, som vi har behov for til mange formål. Den biomassebaserede fjernvarme vil blive en endnu dyrere løsning end el i en situation med knaphed på biomasse, fordi efterspørgslen vil medføre stigende biomassepriser. Selv i en situation, hvor man antager en uændret biomassepris, og samtidig antager, at elprisen fordobles, vil elbaseret lavtemperaturfjernvarme stadig være den samfundsøkonomisk optimale varmeforsyning. Hertil kommer, at afbrænding af biomasse er mere skadelig for miljøet og klimaet end energiforsyningen i de elbaserede varmeforsyningsscenarier. Afbrænding af biomasse medfører flere udledninger af NO_x og partikler end de elbaserede varmeløsninger.

Hvis vi bygger nye fjernvarmesystemer, som i høj grad er baseret på biomasse, vil vi øge forbruget af biomasse. Yderligere vil et øget biomasseforbrug medføre en tidsmæssig forskydning i udslippet af CO₂, hvilket er skadeligt for klimaet, selv hvis biomassen i øvrigt kategoriseres som klimabæredygtigt. Derfor er der brug for en politisk drøftelse af, hvor meget biomasse vi skal tillade, at der bruges i fremtiden, og derved også hvordan biomassen skal prioriteres. Baseret på denne analyse er en prioritering af biomassen til varmeforsyningen ikke hensigtsmæssig.

Overskudsvarme skal udnyttes igennem lavtemperaturfjernvarme

Lavtemperaturfjernvarme er særligt samfundsøkonomisk fordelagtig, hvis der er gode varmekilder i lokalområdet fx i form af overskudsvarme fra datacentre, kommende power-to-X-anlæg eller anden industri. Brug af overskudsvarme øger varmepumpernes effektivitet og reducerer elforbruget. Ifølge beregningerne er de samfundsøkonomiske omkostninger ca. 30.000 kr. lavere pr. bygning i et lavtemperaturfjernvarmesystem med overskudsvarme end i et lavtemperaturfjernvarmesystem uden overskudsvarme, og de er ca. 45.000 kr. lavere pr. bygning i sammenligning med bygninger med en individuel varmepumpe. Hvis der er overskudsvarme til rådighed i et område, er der altså betydelige gevinster ved at udnytte denne i et kollektivt fjernvarmesystem.

Fjernvarme afhænger af høj tilslutning

Økonomien i fjernvarmeprojekter afhænger i høj grad af, hvor mange bygninger der bliver tilsluttet. Det kaldes tilslutningsprocenten. De store kollektive investeringer i fjernvarme betyder nemlig, at omkostningen pr. bygning falder, når tilslutningsprocenten stiger. Omkostningen pr. bygning ved individuelle varmepumper er omvendt den samme uanset antallet af bygninger.

I analysens grundscenarie er det antaget, at der er 100 pct. tilslutning i fjernvarmeområderne, men i virkelighedens verden vil man ikke forvente en så høj tilslutning, og derfor er der foretaget en række følsomhedsberegninger af tilslutningsprocentens betydning. I centrale fjernvarmeområder ligger tilslutningsprocenten historisk set mange steder over 95 pct. Ofte vil 75 pct. tilslutning være en nedre grænse for forventet tilslutning efter ti år i nye projekter, der anlægges.

Ifølge Klimarådets analyse vil lavtemperaturfjernvarme være samfundsøkonomisk fordelagtig i forhold til individuelle varmepumper ved en tilslutningsprocent på omkring 70, hvis der er adgang til en god overskudsvarmekilde. Hvis der derimod ikke er adgang til en god varmekilde, er det nødvendigt med en tilslutning på 90 pct., for at fjernvarme er den samfundsøkonomisk bedste løsning. Dog er der en række systemfordele ved fjernvarmen som fleksibilitet og forsyningssikkerhed, der ikke er prissat i den vurdering.

Det kan være vanskeligt at opnå så høje tilslutningsprocenter på kort sigt, da der er stor risiko for, at mange borgere vil have installeret en individuel varmepumpe, inden fjernvarmen er udrullet, særligt i en situation med høje gaspriser. Nogle husstande vil have større fordele af fx individuelle varmepumper end andre, og nogle er mindre risikovillige end andre eller tillægger gener større vægt. Der er med andre ord mange ting, der kan spille ind på borgernes valg af varmeløsning.

Det kan tage lang tid at udrulle fjernvarmen og derfor bør projekterne prioriteres

Fjernvarme tager typisk længere tid at planlægge, godkende og bygge end opsætning af individuelle varmepumper tager. Nogle projekter er allerede i gang eller kan etableres relativt hurtigt, mens andre vil tage lang tid. Som løsning på den akutte gaskrise, er det umiddelbart kun de hurtigst etablerede fjernvarmeprojekter, der hjælper borgerne og reducerer gasforbruget på kort sigt. Samtidig er økonomien i fjernvarmeprojekter med lang implementeringstid udfordret, da det tager kort tid at opsætte individuelle varmepumper som en alternativ løsning.

Fjernvarmeudrulningen kan blive økonomisk udfordret, hvis en væsentlig andel af det samlede antal bygninger får opsat individuelle varmepumper i et oplagt fjernvarmeområde. Derved kan nogle husholdningers valg af individuelle løsninger blokere for den kollektive fjernvarmeløsning for de mange. De vil herefter blive henvist til at skulle investere i eller leje en individuel varmepumpe, fordi etableringen af et fjernvarmesystem ikke længere kan betale sig.

Der er også en risiko for flaskehalsproblemer, hvis mange fjernvarmeprojekter skal udrulles samtidig og på kort tid, som den politiske aftale om grøn varme lægger op til. Fjernvarmeselskaber rapporterer om lange ventetider på både entreprenører og fjernvarmeudstyr. Private kunder oplever samtidig flaskehalsproblemer og prisstigninger, når de skal købe og have installeret deres individuelle varmepumper. Men Klimarådets følsomhedsberegning viser, at økonomien i fjernvarmeudrulning er mere følsom overfor prisstigninger end individuelle varmepumper. Hvis alle potentielle fjernvarmeprojekter startes samtidig, vil det muligvis føre til øgede flaskehalsproblemer, høje priser og generelle forsinkelser på tværs af alle projekter.

Prioritering i tid i mellem fjernvarmeprojekterne har derfor en række fordele. Prioriteringen bør ske efter, hvor hurtigt fjernvarmeprojekterne kan etableres, og efter hvilke projekter der har den største samfundsøkonomiske gevinst fx fordi der er adgang til overskudsvarme eller en anden god varmekilde. For mindre rentable fjernvarmeprojekter er den samfundsøkonomiske fordel i forhold til individuelle varmepumper følsom over for stigninger i investeringsomkostningerne og tilslutningen til fjernvarmen. Hvis de mest attraktive projekter ikke prioriteres først, risikerer man flaskehalsproblemer og prisstigninger, som fører til at projekter kan blive urentable og derfor aflyses eller forsinkes.

Individuelle varmepumper på kort sigt kan erstattes af lavtemperaturfjernvarme på lang sigt

De fjernvarmeprojekter, som ikke prioriteres på kort sigt kan eventuelt udrulles over længere tid, hvis der sker en samtænkning mellem individuelle varmepumper på kort sigt og fjernvarme på lang sigt. Midlertidige løsninger, der muliggør en gradvis overgang til fjernvarme, kan således have et potentiale. Klimarådet har set på, hvor meget dyrere det vil blive samfundsøkonomisk, hvis fjernvarmen først udrulles efter fem til ti år, hvis der i mellemtiden opstilles midlertidige varmepumper i samarbejde med fjernvarmeselskaberne. Efter de fem til ti år antages det, at varmepumpen tages ned og genbruges andetsteds. Dermed er det kun installationsomkostningen, der går tabt.

Analysen viser, at det kun er lidt dyrere for samfundet at udskyde dele af fjernvarmeudrulningen, hvis der kan sikres en tilstrækkelig høj tilslutning i de efterfølgende år. Det vil samtidig give bedre muligheder for at foretage de energireoveringer, som gør bygningerne i stand til at klare sig med lavtemperaturfjernvarme. Og endelig vil det mindske presset på arbejds- og materialemarkedet på kort sigt.

Derfor kan fjernvarmeselskaberne samtænke udrulningen af fjernvarmen på lang sigt med individuelle varmepumper på kort sigt. Bygninger med nyetablerede varmepumper bør kunne tilkobles fjernvarmenettet senere, i takt med at deres varmepumper udskiftes. Hvis fjernvarmeselskaberne i samarbejde med private aktører får mulighed for at installere midlertidige varmepumper, vil det være med til at sikre en høj tilslutning til fjernvarmen på sigt. Samtidig vil det være en hjælp for husstande med gasfyr, der ikke har mulighed for en stor engangsinvestering i en individuel varmepumpe. Det skal dog bemærkes, at det allerede i dag er muligt at få en varmepumpe på abonnement gennem private selskaber eller at låne til en varmepumpe på lempeligere vilkår. Det skal også tænkes med i en sådan kombineret løsning.

Der er flere barrierer for at opnå en samfundsøkonomisk optimal udfasning af gasfyr

Sidste del af Klimarådets analyse samler op på de barrierer, der er for at opnå en samfundsøkonomisk optimal udfasning af naturgas til bygningsopvarmning. De væsentligste barrierer er:

- **Tilslutningsprocenten.** Selv hvor fjernvarme er klart billigst samfundsøkonomisk, har den svært ved at opnå tilstrækkelig tilslutning, fordi mange varmekunder vælger individuelle varmepumper som et hurtigere alternativ til det dyre gasfyr. Fjernvarmeselskaber og kommuner har ikke effektive redskaber til at forhindre dette.
- **Biomasseinvesteringer.** Der bliver stadig etableret nye biomassekedler til fjernvarme i dag, selvom Klimarådets beregninger viser, at det samfundsøkonomisk er den dyreste af de undersøgte scenarier. Etableringerne kan enten skyldes lokale forhold, at de kan levere høje temperaturer til det eksisterende fjernvarmenet, eller at fjernvarmeselskaberne prioriterer lave investeringsomkostninger højere end besparelser i driften på længere sigt.
- **Samspil.** Fjernvarmeselskaberne tænker ikke individuelle varmepumper på kort sigt nok sammen med fjernvarme på lang sigt.
- **Energireoveringer.** Ineffektive bygninger er potentielt en barriere for lavtemperaturfjernvarme, og det vil kræve større individuelle varmepumper, medmindre energitilstanden i bygningen forbedres. Få kritiske, ineffektive bygninger kan blokere for, at et helt fjernvarmenet kan sænke temperaturen. Det er derfor nødvendigt at identificere dem og få lavet tiltag, der gør, at de kan udnytte lavtemperaturfjernvarme. Det kan være justering af fjernvarmeenheder og andre dele af bygningens varmesystem, opsætning af nye radiatorer eller energireoveringer.
- **Flaskehalsproblemer.** Der er mangel på erfarne folk og knaphed på materialer, som risikerer at gøre både individuelle varmepumper og fjernvarmeudbygningen dyrere på kort sigt, hvis omstillingen speedes op. Det risikerer helt at stoppe en række fjernvarmeprojekter, mens installation af individuelle varmepumper blot forsinkes. Hvis der ikke prioriteres imellem de kommende fjernvarmeprojekter, så risikerer de at konkurrere om de samme materialer, ressourcer og arbejdskraft. Dermed forsinkes alle projekterne, og de bliver dyrere.

I kapitel 5 har Klimarådet set nærmere på disse barrierer og kommer med en række anbefalinger til, hvordan de kan håndteres. Anbefalingerne er opsummeret i boksen nedenfor.

Klimarådets analyse af udfasning af naturgas til opvarmning kan opsummeres i disse hovedkonklusioner:

- Ca. halvdelen af de naturgasfyrede bygninger er i relativt dårlig energimæssig stand, og de fleste af dem ligger i potentielle fjernvarmeområder. Det kan kræve bygningstilpasninger i forhold til at udnytte den energieffektive lavtemperaturfjernvarme. Dog viser Klimarådets analyse, at det sandsynligvis er relativt få og begrænsede tiltag i bygningerne, der er nødvendige for at kunne bruge lavtemperaturfjernvarme.
- I de områder, hvor der er adgang til overskudsvarme, er lavtemperaturfjernvarme den samfundsøkonomisk billigste og mest energieffektive varmeløsning. Lavtemperaturfjernvarme har desuden en række systemiske fordele, og energi-ineffektive bygninger vil sandsynligvis med relativt enkle tiltag kunne forberedes til lavtemperaturvarme.
- Hvis der ikke er overskudsvarme til rådighed, ligger omkostningerne ved de forskellige varmealternativer til gas relativt tæt. Det forudsætter dog en høj tilslutningsprocent til fjernvarmen. Uden en høj tilslutning er individuelle varmepumper typisk billigst for samfundet.
- Fjernvarme, baseret på biomasse, er det samfundsøkonomisk dyreste scenarie i langt de fleste situationer. Derudover bruger biomassebaseret fjernvarme mest energi, som i øvrigt kommer fra en knap biomasseresource, som vi bruger meget af.
- Fjernvarmeudrulningen kan bedst bidrage til at løse den akutte energikrise, hvis der er kort implementeringstid. Ellers vil folk enten fortsætte med gas, hvilket kan være meget dyrt og skidt for klimaet, eller de vil investere i en individuel varmepumpe, som potentielt kan hindre fjernvarmeprojekter i at blive realiseret.

Klimarådet har følgende anbefalinger for at sikre en omkostningseffektiv og hensigtsmæssig udfasning af naturgas til opvarmning:

- Konvertering væk fra naturgas bør ikke føre til øget biomasseforbrug. Noget tyder på, at der er markedsfejl, som gør, at dette ikke sker af sig selv. Derfor bør regeringen indføre regulering, der sikrer, at afbrænding af biomasse til energiformål ikke stiger. Klimarådet anbefaler desuden, at fjernvarmeselskaber og kommuner minimerer etableringen af ny biomassekapacitet i konverteringen væk fra naturgasfyre.
- Staten og kommuner bør sikre en overordnet prioritering og koordinering af udbygningen af fjernvarmenettet. Fjernvarmeprojekter med høj samfundsøkonomisk gevinst, og som kan implementeres hurtigt, bør iværksættes først, da alt ikke kan udbygges på én gang. Mangel på arbejdskraft og materialer kan blive fordyrende, og udgør ifølge flere interessenter en væsentlig barriere for udbygningshastigheden. For mindre rentable fjernvarmeprojekter er den samfundsøkonomiske fordel i forhold til individuelle varmepumper følsom over for stigninger i investeringsomkostningerne og tilslutningen til fjernvarmen. Hvis de mest attraktive projekter ikke prioriteres først, risikerer de at blive dyrere for forbrugerne og endda urentable over tid, i takt med at flere i mellemtiden har valgt individuelle varmepumper.
- Regeringen bør give kommuner adgang til at etablere tilslutningspligt til en vedtaget udvidelse af fjernvarmeforsyningen, på betingelse af at der kan sikres væsentlig forbrugerbeskyttelse, og at fjernvarmeforsyningen kan levere billigere varme end alternative løsninger.
- Kommuner og fjernvarmeselskaber bør samtidig undersøge, om fjernvarmen kan etableres med en længere udrulningstakt og en indledningsvis lavere tilslutning, hvis der opnås tilstrækkelig høj tilslutning på lang sigt. Dermed kan bygninger med nyetablerede varmepumper tilkøbes fjernvarmenettet, i takt med at deres varmepumper skal udskiftes.
- Fjernvarmeselskaber bør få bedre mulighed for at indgå i samarbejde med ejerne af energi-ineffektive bygninger for dermed at kunne sikre, at bygningerne kan udnytte lavtemperaturfjernvarme. Få kritiske, ineffektive bygninger kan blokere for, at et helt fjernvarmenet kan sænke temperaturen.
- Myndighederne bør håndhæve det eksisterende krav om energieffektivisering ved ombygninger, og der bør være bøde eller påbud, hvis reglementet ikke overholdes. Desuden bør der ydes hjælp til optimering af bygningers tekniske installationer fx gennem bedre information om potentialet ved energibesparelser og tilbud om gratis energitjek.

2 Fremtidens effektive varmesystem

Dette kapitel gennemgår rammerne for udfasningen af naturgas, samt hvilke teknologiske muligheder der findes som erstatning. Først gennemgås den politiske aftale *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022*, der har som mål at udfase de ca. 400.000 naturgasfyr.¹ I udfasningen af naturgas bliver der taget en række sideløbende beslutninger af borgere, kommuner og fjernvarmeselskaber, der potentielt set ikke stemmer overens. Derfor er det vigtigt at have øje for, hvordan disse beslutninger påvirker hinanden.

Kapitlet gennemgår også en række tekniske potentialer og muligheder for fremtidig varmforsyning. Centralt i disse potentialer står muligheden for at levere varme ved lavere temperaturer. Det muliggør en mere effektiv udnyttelse af elektricitet fra vind og sol samt en øget udnyttelse af overskudsvarme. Dog er det nødvendigt at se på, om bygninger i dårlig energimæssig stand kan udnytte denne lavtemperaturvarme. Bygningerne skal potentielt renoveres, have deres varmeanlæg justeret eller have opsat nye radiatorer, for at de kan blive tilstrækkeligt opvarmet med lave temperaturer.

2.1 Reguleringsmæssige rammer for gasudfasning

Aftale om grøn varme sætter retningen

Gas til bygningsopvarmning skal udfases hurtigt. Det blev besluttet i *Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022*, som blev indgået af et bredt politisk flertal i Folketinget i kølvandet på den russiske invasion af Ukraine. Aftalen skal bidrage til at reducere CO₂-udledningerne og afhængigheden af russisk gas. Aftalens vigtigste pointer er:

- Der skal ikke anvendes gas til rumopvarmning i danske husstande fra 2035, og Danmark skal senest i 2030 være 100 pct. forsynet med grøn gas.
- Gassen til rumopvarmning skal primært erstattes af fjernvarme og individuelle varmepumper.
- Kommuner skal give borgere med gasfyr besked om, hvordan de kan udskifte deres varmekilde. Det skal ske inden udgangen af 2022.
- Kommuner med gasforsynede områder skal udarbejde og godkende varmeplaner inden udgangen af 2022.
- Fjernvarmeselskaber skal udarbejde projektforslag, der indfrier varmeplanerne, inden udgangen af 2023.
- Evida skal i løbet af 2023 kortlægge, hvilke gasområder der kan lukkes, og i 2026 vil regeringen fremlægge mulige initiativer til at få tilbageværende gasfyr koblet af og dermed indfri aftalen.

Aftalen sætter dermed gang i et større arbejde. Kommuner og fjernvarmeselskaber skal her og nu vurdere mulighederne for at lave fjernvarme i de gasforsynede områder, og arbejdet skal gå stærkt, da borgerne skal have besked inden udgangen af 2022. I 2023 skal fjernvarmeselskaber udarbejde konkrete projektforslag på baggrund af de kommunale varmeplaner. Aftalen sætter fart på en udvikling, der allerede var i gang, nemlig udskiftningen af naturgas med individuelle varmepumper og fjernvarme. En oversigt over de vigtigste regelændringer på området siden 2018 er summeret i boks 2.1. Forskellen fra før er, at det nu skal ske i et accelereret tempo.

Klimarådets ambition er, at denne analyse kan kvalificere kommunernes og fjernvarmeselskabernes fortsatte arbejde med at få realiseret varmeplanerne til samfundsøkonomisk optimale projektplaner. Det kræver et overordnet blik på de udfordringer, som alle kommuner står over for samtidig.

Klimaet nyder godt af naturgasudfasning

En udfasning af naturgas er godt for klimaet. Cirka 5 pct. af Danmarks samlede drivhusgasudledninger stammede fra naturgasforbruget til rumopvarmning i 2020. Det svarer til ca. 1,8 mio. ton. CO₂e. I 2020 blev der ifølge Energistyrelsens *Klimafremskrivning 2022* anvendt knap 21 PJ naturgas til rumopvarmning i ca. 400.000 individuelle gasfyr i Danmark og ca. 12 PJ naturgas til produktion af fjernvarme i kraftvarme- og fjernvarmeanlæg.² I samme år udgjorde naturgasfyrene 15 pct. af de samlede varmeinstallationer i Danmark, imens langt størstedelen af varmeinstallationerne var fjernvarme. Det er vist i figur 2.1 nedenfor.

Boks 2.1 Politiske aftaler, der fremmer elbaseret opvarmning

De seneste år er der indgået en række væsentlige aftaler, der fremmer elbaseret opvarmning og udnyttelse af overskudsvarme, geotermi mv. Tilsammen understøtter aftalerne gasudfasningen:

Energiaftalen fra 2018:

- Elvarmeafgiften sænkes fra 30,7 øre pr. kWh til 15,5 øre pr. kWh fra 2021 og frem (2018-priser).
- Overskudsvarme fremmes gennem omlægning af regler for overskudsvarme, afskaffelse af PSO-afgiften og den varige lempelse af elvarmeafgiften til ca. 15 øre pr. kWh.
- Etablering af pulje i 2021-2024 på 20 mio. kr. årligt med tilskud til installation af individuelle varmepumper i forbindelse med skrotning af oliefyr.
- Afskaffelse af produktionsbindinger i form af kraftvarmekrav og brændselsbindingen (til naturgas).
- Varmepumper underlægges de samme regler for indregning og udtræk af overskud, som gælder i dag for industriel overskudsvarme, geotermi, solvarme og anlæg, der er fyret med biogas eller biomasse.
- Stop for nye forbrugerbindinger i form af tilslutnings- og forblivelsespligt fra 1. januar 2019

Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme fra 2019:

- Overskudsvarmeafgiften for intern overskudsvarme reduceres i gennemsnit fra 35 kr. pr. GJ til 25 kr. pr. GJ

Klimaaftale for energi og industri mv. fra 2020:

- Rumvarmeafgiften for fossile brændsler forhøjes fra 56,7 kr. pr. GJ til 62,3 kr. pr. GJ
- Elvarmeafgiften nedsættes yderligere fra 15,5 øre pr. kWh til henholdsvis 0,4 øre pr. kWh for erhverv og 0,8 øre pr. kWh for husholdninger (svarende til EU's minimumssatser). Ændringerne træder i kraft med virkning fra 1. januar 2021.
- Tilskudspulje til udfasning af olie- og gasfyr på i alt 4,2 mia. i perioden 2021-2030.
- Analyse af konsekvenserne ved et eventuelt forbud mod olie og naturgas til fjernvarmeproduktion fra 2030.
- Enighed om at stille lovkrav om bæredygtighed af træbiomasse til energi samt krav til dokumentation og verifikation.

Opfølgning i 2021 til klimaafspraken for energi og industri fra 2020:

- Udnyttelse af overskudsvarme fremmes ved at tillade overskudsvarmeleverandør og fjernvarmevirksomhed at aftale pris for overskudsvarmen, hvis de samlede omkostninger til udnyttelse af overskudsvarmen holdes under et VE-prisloft.
- Små overskudsvarmeleverancer med en kapacitet under 0,25 MW undtages fra prisreguleringen.

Aftale om målrettet varmecheck og udfasning af sort varme fra 2022:

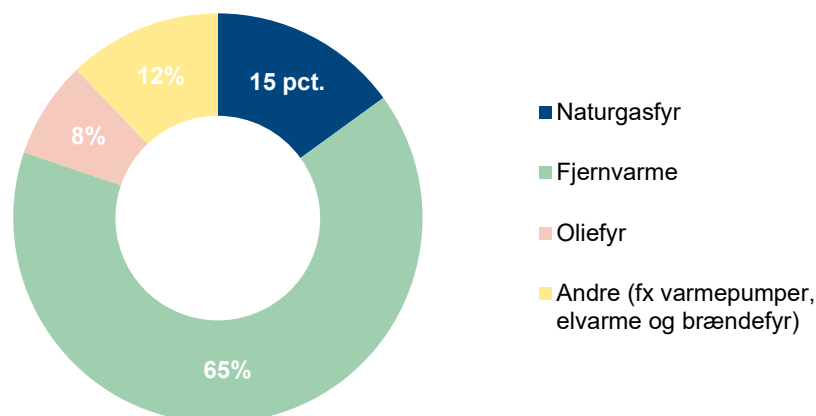
- Stop for nye gasfyr undersøges i forhold til EU.
- 250 mio. kr. ekstra til grøn varme – især fjernvarme.

Aftale om Grøn Varme fra 2022:

- Politisk ambition om 100 pct. grøn gas i 2030.
- Gas til rumopvarmning erstattes af fjernvarme eller varmepumper inden 2035.

Vinterpakke fra 2022:

- Elafgift sænkes fra 69,7 øre pr. kWh til 0,8 øre (EU's minimumssats) i 6 måneder fra 1. januar 2023.
- Puljen til udrulning af fjernvarme øges med 150 mio. kr. i 2022 og 100 mio. kr. i 2023.
- Der afsættes 25 mio. kr. i 2023 til etableringsstøtte til fjernvarmeselskaber, der giver tilskud til store varmepumper og solvarmeanlæg på fjernvarmeværker.
- Der afsættes yderligere 35 mio. kr. til afkobling af gasnettet i 2023.



Figur 2.1 Fordeling af varmeinstallationer i Danmark 2020

Kilde: Energistyrelsen 2021: *Energistatistik 2020*

Energistyrelsens *Klimafremskrivning 2022* forventer, at naturgasforbruget i husholdningerne vil falde med 87 pct. fra 2020 til 2030. Det er en ændring i naturgasforbruget fra 33 PJ ned til 2,7 PJ i 2030. I stedet forventer Energistyrelsen, at varmeproduktionen fra varmepumper i fjernvarmen vil stige fra 1,4 PJ i 2020 til 43,6 PJ i 2030, svarende til at store varmepumper går fra at udgøre 1 pct. af fjernvarmeproduktionen i 2020 til at udgøre 25 pct. i 2030. Samtidig forventes individuelle varmepumper at levere 20 pct. af husholdningernes samlede varmeforbrug i 2030. Klimafremskrivningen er en såkaldt frozen-policy fremskrivning, der er lavet på baggrund af vedtagen politik, og som blev udgivet før den politiske delaftale.

Biomasseforbruget fortsætter i fjernvarmen

I dag er der et stort forbrug af biomasse til opvarmning. Biomasse er træ, træpiller, flis, halm og andre bioenergiprodukter, der afbrændes for derved at producere varme. Der er udsigt til en fortsættelse af fjernvarmens biomasseforbrug og et fald i husholdningernes. Energistyrelsens fremskrivning viser, at husholdningernes biomasseforbrug forventes at falde svagt fra 33,5 PJ i 2020 til 30,4 PJ i 2030. I fjernvarmen forventes der imidlertid en stigning af biomasseforbruget på den korte bane, og derefter et fald, når vi nærmer os 2030. Dermed forventes biomasseforbruget i fjernvarme at gå fra 62 PJ i 2020 til 79 PJ i 2023 og tilbage til 63 PJ i 2030.

Klimarådet vurderer, at niveauet for biomasseforbruget er højt. Både niveauet i dag og det forventede niveau i 2030. Og der bliver stadig bygget biomassekapacitet i fjernvarmen, eksempelvis er det nyligt besluttet at bygge nye biomassefyrede fjernvarmekedler i Silkeborg og Esbjerg.^{3,4} Klimarådet har flere gange peget på, at det danske energiforbrug fra biomasse formentlig er væsentligt højere pr. indbygger end et globalt bæredygtigt niveau, og at Danmark i dag har den højeste import af biomasse i EU.^{5,6} Problemstillingen omkring biomasse er uddybet i boks 2.2.

Boks 2.2 Biomasseafbrænding er ikke altid klimaneutralt

Afbrænding af biomasse bogføres som CO₂-neutral i Danmarks klimaregnskab. Alligevel er en stigning i biomasseforbruget særligt problematisk af to grunde:

1. For det første er et stigende biomasseforbrug problematisk, fordi det ikke nødvendigvis er klimaneutralt at afbrænde biomasse. Klimarådets biomasserapport fra 2018 peger på, at afbrænding af især træ ofte forøger atmosfærens indhold af CO₂ i en periode. Det skyldes den tidsforskydning, der er fra CO₂-udledningen ved afbrænding af træet, indtil CO₂'en alternativt ville være udledt ved naturlig forrådnelse eller ved optaget i nye træer, der var plantet i stedet. Dette er senere blevet bekræftet af andre danske studier, som regeringen nu også har citeret.^{7,8} Biomasseafbrændingens klimapåvirkning er særlig problematisk for import af biomasse fra lande, som ikke følger bindende og stramme regnskabsregler for deres LULUCF-sektor, dvs. sektoren for arealanvendelse og skov.
2. For det andet er et stigende biomasseforbrug problematisk, fordi det danske forbrug af bioenergi formentlig i forvejen er væsentligt højere pr. indbygger, end hvad der er bæredygtigt på et globalt niveau. Danmark har i dag den højeste import af biomasse til energiformål i EU. Det har Klimarådet flere gange peget på.^{5,6} Nye rapporter indikerer desuden, at realiseringen af Danmarks og EU's nettonulmål for 2050 kan føre til kraftigt stigende efterspørgsel af biomasse til bl.a. kemikalier og materialer.^{9,10} Øget efterspørgsel forventes at føre til stigende priser på biomasse, der dermed kan sætte sig i varmeprisen på fjernvarme produceret på biomasse.

Klimarådet anbefalede i *Kommentering af Global afrapportering 2022*, at Energistyrelsen arbejder videre med at beregne en udledningsfaktor pr. energienhed forbrugt biomasse fremfor kun at vise den udledte mængde af CO₂ til atmosfæren i et tidsforløb.¹¹ En mulig metode til beregning af en udledningsfaktor fremgik af boks 2 i kommenteringen.¹² Faktoren vil størrelsesmæssigt svare til omkring en tredjedel af den udledning, der umiddelbart sker ved afbrænding af et givent udsnit af træbiomasse. Det svarer til, at afbrænding af 64 PJ biomasse i 2020 giver anledning til en udledning på omkring 2,5 mio. ton CO₂. Andre studier er kommet frem til lignende resultater – dog understreges det, at klimapåvirkningen afhænger meget af, hvilke træfraktioner der anvendes.⁹ Endelig peger andre analyser på, at det globale meroptag af CO₂ i biomasse på landjorden, som i væsentligt omfang skyldes højere CO₂-indhold i atmosfæren og højere temperaturer, tælles med i de officielle LULUCF-opgørelser.^{13,14}

Flere tiltag skal finansiere alternativerne til gas

For nogle bygningsejere kan der være udfordringer med at finansiere omstillingen fra gas til fjernvarme eller individuelle varmepumper, hvor de sidste kan være 3-4 gange dyrere end et nyt naturgasfyr. Der findes dog allerede en række finansieringsløsninger. Særligt *Aftale om mere grøn varme og udfasning af naturgas* rummer en række initiativer, der kan lette finansieringen af omstillingsprocessen for individuelle gaskunder:

- Fjernvarmeselskaberne får blandt andet mulighed for at tilbyde fremtidige kunder en midlertidig varmeforsyning i tilfælde af, at deres gasfyr bryder sammen, mens de venter på, at fjernvarmen udrulles. Det gælder dog kun, hvis gasfyret bryder sammen og ikke som erstatning for et gasfyr, der stadig virker.
- For de individuelle gasbrugere iværksættes et serviceeftersyn af tilskudspuljerne fra *Energiaftale 2018* målrettet udfasning af olie- og gasfyr. Serviceeftersynet fokuserer på forenkling og kortere sagsbehandlingstid.
- 70 pct. af *bygningspuljen* reserveres til konvertering væk fra olie og gas.
- Aftalen om grøn varme giver endvidere fjernvarmeselskaber bedre vilkår for investeringer i grøn fjernvarme. Der tillades længere afskrivningsperioder svarende til anlæggenes forventede levetid, og under- og overdækning kan fremover udlignes over en længere periode.

Udover direkte tilskud har regeringen og Finans Danmark indgået et partnerskab, *Fyr dit fyr*, til sikring af billig finansiering af omstillinger.¹⁵ Partierne bag aftalen om mere grøn varme er i den sammenhæng enige om at ophæve tinglysningsafgiften af pant for lån til udskiftning af olie- og gasfyr i perioden 2023-28. Desuden er der

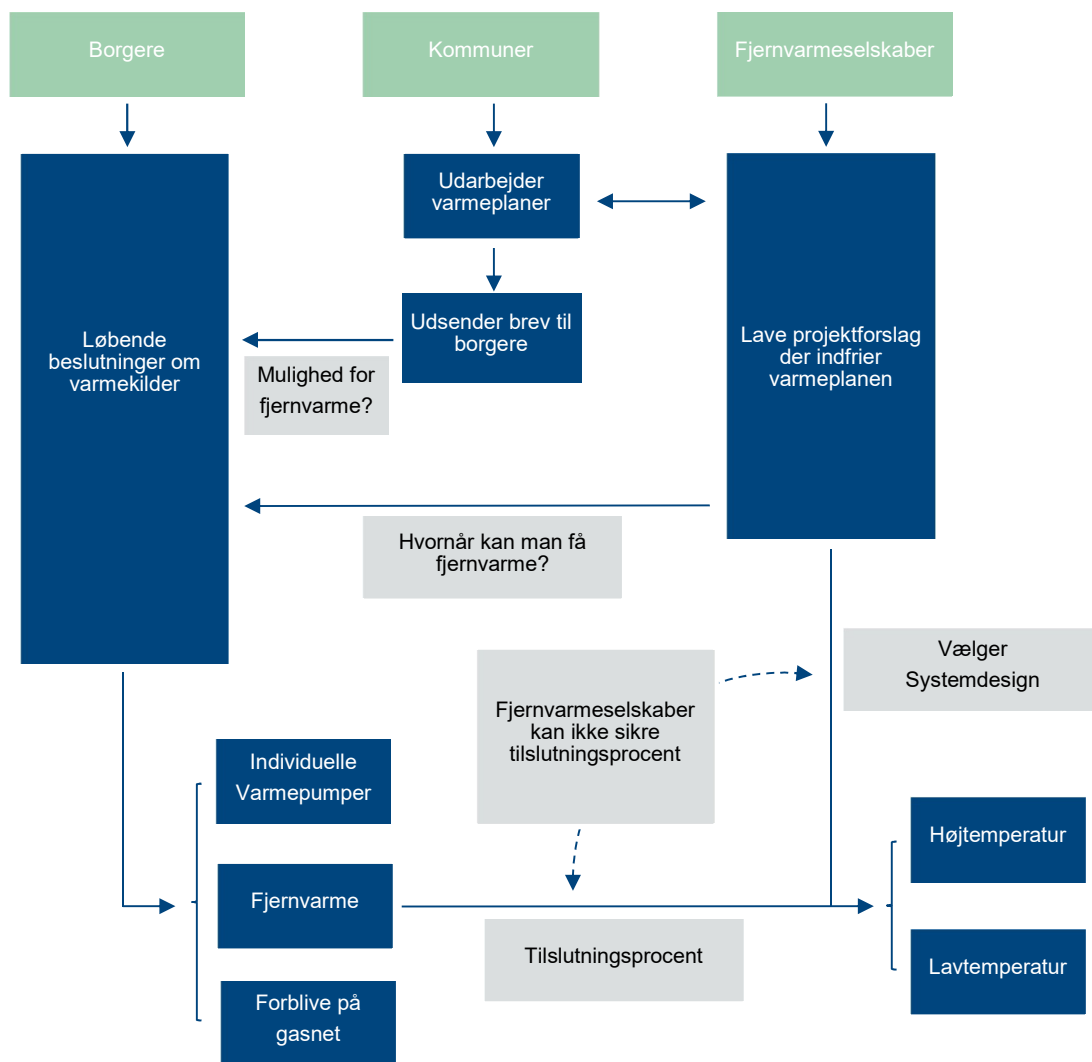
enighed om at indføre statsgaranti for lån i landdistrikter uden mulighed for fjernvarme, og hvor der er usikkerhed om værdiansættelsen af bolig og friværdi.

Allerede før aftalen om grøn varme tilbød en række fjernvarmeselskaber at finansiere tilslutning og installation af en fjernvarmeunit i bygninger, som herefter bliver afdraget over de løbende varmeregninger.^{16,17} Endelig er der etableret en række private selskaber, der tilbyder individuelle varmepumper på abonnement, som kan være en mulighed for folk, der har svært ved at klare en stor engangsinvestering, og som ønsker at udskifte gasfyret, mens de venter på fjernvarmen eller bare som alternativ til selv at investere i en varmepumpe.^{18,19}

Der tages en række sideløbende beslutninger omkring fremtidig varmeforsyning

Energikrisen og den tilhørende naturgasudfasning vil medføre et overlap af beslutninger om den fremtidige varmeforsyning. Dels er der igangsat et stort planlægningsarbejde, hvor kommuner og fjernvarmeselskaber udarbejder varmeplaner og projektforslag for, hvor der kan komme fjernvarme. Det gør de i 2022 og 2023. Dels vil en masse boligejere samtidig stå med et stærkt ønske om at komme af med det dyre naturgasfyrt hurtigst muligt. Og mange vil derfor begynde at investere i individuelle varmepumper.

Figur 2.2. illustrerer de mange sideløbende og overlappende beslutninger, der tages ved udskiftning af naturgasfyrt. Borgerne tager løbende beslutninger omkring deres varmekilde. De kan udskifte deres naturgasfyrt med en varmepumpe på ethvert tidspunkt. Kommunerne arbejder samtidig med at lave varmeplaner, der definerer, hvilke områder der kan få fjernvarme. Og fjernvarmeselskaber udarbejder efterfølgende projektforslag, der opfylder varmeplanerne.



Figur 2.2 Sideløbende beslutninger i valg af varmekilder

Kilde: Klimarådet

Varmepumperne bliver hurtigere installeret end fjernvarmen

Det er hurtigere at få installeret en varmepumpe end at få fjernvarme. I 2021 blev der solgt ca. 25.000 varmepumper i Danmark, og i første halvdel af 2022 blev der solgt ca. 20.000.^{20, 21} Dette tal tæller ikke luft til luft-varmepumper med, der overvejende bruges i fritidshuse mv. Hvis samme salgstal fortsætter i andet halvår af 2022, kan det forventes, at der vil blive solgt ca. 40.000 varmepumper i alt i 2022.

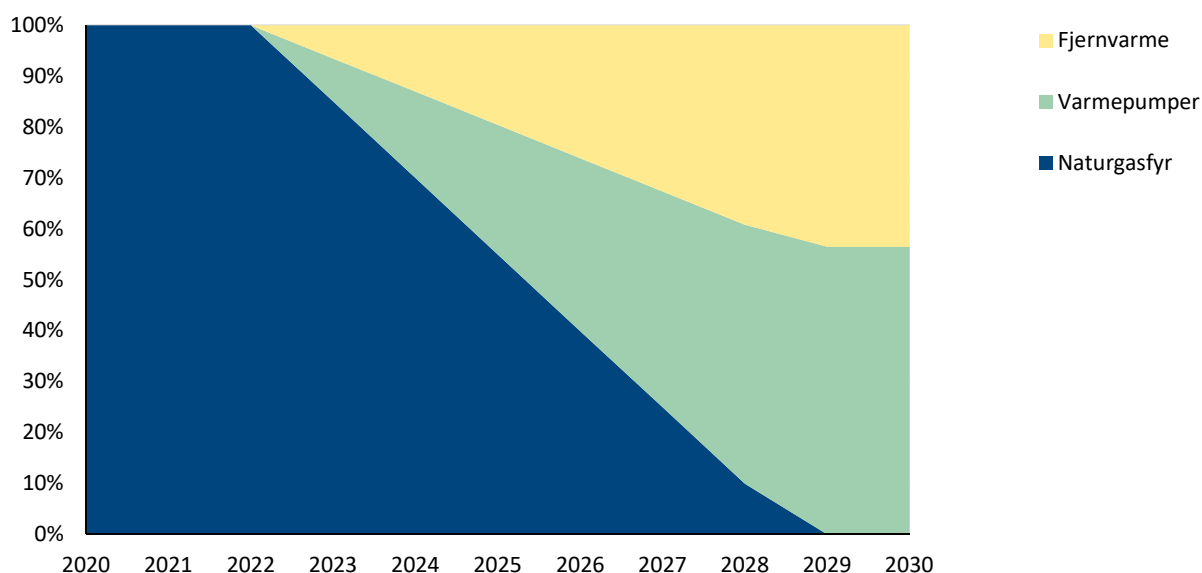
Fjernvarmeforsyning tager typisk en årrække at planlægge, godkende og etablere. I 2021 blev der tilsluttet 11.000 nye fjernvarmekunder og i 2022 forventer Dansk Fjernvarme, at 20.000 bygninger bliver tilsluttet. Forventningen til 2023 er, at ca. 27.500 bygninger kan tilsluttes.²²

Det er svært at vurdere, om disse forventninger til varmepumper og fjernvarme kan fremskrives flere år frem. Global materiale-mangel og mangel på arbejdskraft kan hæmme både opsætningen af varmepumper og udrulningen af fjernvarme. Samtidig er det dog lykkedes for både fjernvarmen og de individuelle varmepumpe at øge konverteringerne de sidste par år. En simpel antagelse kan derfor være, at der de kommende år kan konverteres det samme antal bygninger, som der forventes konverteret i 2022 og 2023.

Overgang til individuelle varmepumper og fjernvarme er allerede godt i gang

Klimarådet skønner, at 226.000 gas-, olie- og pillefyr potentielt kan blive udskiftet til varmepumper og 174.000 til fjernvarmetilslutninger på syv år. Det forudsætter dog, at individuelle varmepumper ikke gør mange nye fjernvarmenet urentable. Skønnet bygger på en overslagsberegning, som Klimarådet har lavet med udgangspunkt i den hidtidige hastighed for konvertering til varmepumper og fjernvarme. Resultatet er illustreret i figur 2.3. Beregningen tager ikke højde for, at det kan være svært at erstatte naturgas, olie mv. med varmepumper eller fjernvarme i enkelte bygninger.

Ikke alle nye varmepumper og ny fjernvarmeforsyning erstatter eksisterende gasfyr. Ifølge data fra Danmarks Statistik blev ca. 15 pct. af det samlede antal varmepumper sat op i nyopførte bygninger i 2021 og 2022.²³ Derudover er et ukendt antal olie- og træpillefyr blevet udskiftet med varmepumper. Med 40.000 solgte varmepumper i alt kan ca. 34.000 dermed forventes at blive installeret i eksisterende bygninger, hvoraf hovedparten formentlig er gasopvarmede. For fjernvarmen var det kun ca. 5 pct. af nybyggeri, der blev tilkoblet fjernvarmen. Med Dansk Fjernvarmes forventning om, at 27.500 bygninger kan tilkobles fjernvarmen i 2023, kan ca. 26.000 naturgas- og olie- og pillefyr dermed udskiftes med fjernvarme.²² Beregningen er lavet på baggrund af antal solgte varmepumper i 2022 og Dansk Fjernvarmes forventning til 2023.



Figur 2.3 Potentiel udfasningshastighed for naturgas med varmepumper og fjernvarme

Anm. 1: Figuren er ikke en vurdering af en samfundsøkonomisk optimal fordeling imellem fjernvarme og individuelle varmepumper

Kilde: Energistyrelsen, Danmarks Statistik, Dansk Fjernvarme og Klimarådets beregninger

Hurtig udrulning af varmepumper udhuler potentialet for fjernvarme

Hurtig udrulning af varmepumper har en række konsekvenser, der bør overvejes nøje. På den ene side vil en hurtig varmepumpeudrulning minimere gasforbruget og sikre en accelereret omstilling. Dermed er varmepumper et effektivt middel til at sikre hurtig uafhængighed af russisk gas og til at sænke CO₂-udledningerne. På den anden side kan en hurtig udrulning af varmepumper dog være en risiko for fjernvarmeprojekternes økonomi. Hvis et fjernvarmeprojekt tager flere år at planlægge, godkende, projektere og bygge, er der sandsynlighed for, at en række bygninger allerede vil have konverteret til varmepumper. Det udhuler potentialet i fjernvarmeprojektet og tvinger dermed resten af området til at vælge varmepumper. Hvis økonomien i fjernvarmeforsyning først er udhulet, er en individuel varmepumpe typisk den mest attraktive mulighed.

2.2 Tekniske potentialer for gasudfasning

Naturgasfyr kan erstattes med forskellige tekniske løsninger, som overvejende ventes at være individuelle varmepumper eller fjernvarme. Individuelle varmepumper producerer varmen i selve bygningen ved hjælp af elektricitet fra elnettet og med en varmekilde, som eksempelvis kan være luft eller jordvarme. Fjernvarme producerer varmen på et centralt anlæg, der derefter transporteres ud til forbrugerne i form af varmt vand.

Fjernvarme kan komme fra store varmepumper, elkedler, afbrænding af biomasse eller affald, geotermi, og fra overskudsvarme fra elproduktion, industri, datacentre eller power-to-X-anlæg. Dermed kan fjernvarme produceres på en blanding af forskellige varmekilder, der kan sammensættes efter det konkrete behov. Fjernvarmen er afhængig af, at der etableres et distributionsnet af fjernvarmerør til at transportere det opvarmede vand ud til forbrugerne. Individuelle varmepumper bruger derimod elnettet, som allerede er etableret. Dog kan store mængder individuelle varmepumper belaste elnettet og dermed nødvendiggøre, at elnettet skal udbygges yderligere.

Varmeproduktion skal fremover baseres på varmepumper og overskudsvarme

Klimavenlig varmeproduktion kan udnytte el produceret fra sol og vind gennem varmepumper.^{24, 9, 25, 26}

Fjernvarmesystemer kan herudover udnytte de potentialer for overskudsvarme og geotermi, hvor det giver økonomisk mening. Der er en række årsager til, at fremtidens varmeforsyning i stigende grad bør udnytte elektricitet fra vind og sol:

- Fossile brændsler må nødvendigvis udfases af klimahensyn og på grund af høje priser. Import af fossile brændsler kan desuden være en risiko for forsyningssikkerheden.
- El fra solceller og vind er i de fleste tilfælde blevet de billigste former for vedvarende energi, og omkostningerne ventes at falde yderligere.^{27,28,29}
- Ressourcerne af sol og vind er potentielt meget store og kan dække det danske energiforbrug. Dog er det nødvendigt at sørge for, at den vedvarende elproduktionskapacitet svarer til udbygningen af den elbaserede opvarmning.^{5, 28}
- Biomasse er globalt set en knap ressource, som også truer biodiversiteten.⁹ Danmarks forbrug af biomasse pr. indbygger er allerede mere end tre gange højere end det niveau, der anses for bæredygtigt på globalt niveau.^{5,30}
- Dertil kan fjernvarmen udnytte geotermiske ressourcer eller overskudsvarme gennem eldrevne varmepumper.

Boks 2.3 præsenterer en række forskellige overskudsvarmekilder, og viser hvordan disse har været udnyttet historisk.

Boks 2.3 Fjernvarmen har længe brugt overskudsvarme

Fjernvarme blev introduceret i Danmark i 1903, da man ville udnytte overskudsvarmen fra affaldsforbrændingen.³¹ Overskudsvarme fra el- og varmeproducerende anlæg leverer i alt knap to tredjedele af al fjernvarmeproduktion i Danmark inklusive affaldsforbrænding.³² Affaldsforbrænding alene leverer stadig godt en fjerdedel af varmeproduktionen. Dertil kommer knap 4 pct., som anden overskudsvarme fra fx industri og datacentre. Generelt har fjernvarme større mulighed for at udnytte overskudsvarme samt at skifte energiinput efter pris- og forsyningsmuligheder end individuelle varme anlæg. Under den nuværende energikrise har det været med til at sikre stabile fjernvarmepriser.

Der vil ske betydelige forskydninger i fjernvarmeproduktionen i de kommende år. Energistyrelsens analyser peger på, at en stor del af produktionskapaciteten på centrale kraftvarmeverker vil blive nedlagt frem mod 2040 i takt med nedslidning og udfasning af de særlige elproduktionstilskud.^{2, 33} Tilsvarende ventes varmeproduktionen på affaldsforbrændingsanlæg at falde i takt med, at mere affald sorteres. I stedet ventes en stor del af fjernvarmen fremover at blive produceret med store varmepumper, som blandt andet kan baseres på overskudsvarme fra industri, datacentre, spildevand samt geotermi.

Individuelle varmepumper er effektive, men mindre fleksible

Der er en række fordele og ulemper ved individuelle varmepumper og fjernvarme, som er nødvendige at have for øje. Individuelle varmepumper kan forsyne de fleste typer bygninger og er generelt uafhængige af bygningens placering. Dog kræver varmepumpen noget plads og kan derfor være svær at bruge i tætbebyggede områder.

Individuelle varmepumper bruger elektricitet til at trække energi ud af omgivelserne for derved at levere varme. Typisk leveres 2-4 enheder varme for hver enhed el, der forbruges. Individuelle varmepumper kan opsættes relativt hurtigt og kan dermed effektivt hjælpe med at nedbringe forbruget af naturgas.

Individuelle varmepumper kan i teorien opereres fleksibelt og bruge el, når prisen er lav og/eller elektriciteten er baseret på vedvarende energikilder. Dog er der særligt to barrierer for, at denne fleksibilitet kan bruges effektivt i virkeligheden. For det første skal bygningen være velisoleret, da varmetabet ellers vil være stort, og dermed skal varmepumpen køre mange timer. For det andet kræver fleksibiliteten enten, at forbrugeren selv tænder og slukker for varmepumpen, eller at digitale løsninger gør det muligt, at varmepumpen selv kan tænde og slukke, når det er hensigtsmæssigt.

Fjernvarme afhænger af store investeringer i fjernvarmenet, men har visse storskalafordele

Fjernvarme er især økonomisk fordelagtig, hvis der ligger mange bygninger tæt, men det kræver et fjernvarmenet, der sender varmt vand rundt til forbrugerne. Udbygningen af nettet kræver store investeringer, som man undgår med individuelle varmepumper. Modsat individuelle varmepumper kan fjernvarmesystemer udnytte overskudsvarme fra industri, datacentre, spildevand samt geotermi, hvilket mindsker behovet for varmeproduktion på store varmepumper. Store varmepumper til fjernvarme koster mindre pr. MW varmekapacitet end individuelle varmepumper. Desuden er der behov for en mindre samlet mængde installeret varmepumpekapacitet, end hvis alle har individuelle anlæg. Det skyldes, at ikke alle forbrugere vil have deres maksimale forbrug på samme tid i et fjernvarmesystem.

Fjernvarme har en række systemiske fordele i fremtidens energisystem

Udover at levere varme, har fjernvarmen også en række systemiske effekter, der forøges i fremtidens energisystem. Disse effekter har kun delvist kunnet kvantificeres i denne analyse og diskuteres derfor kvalitativt her:

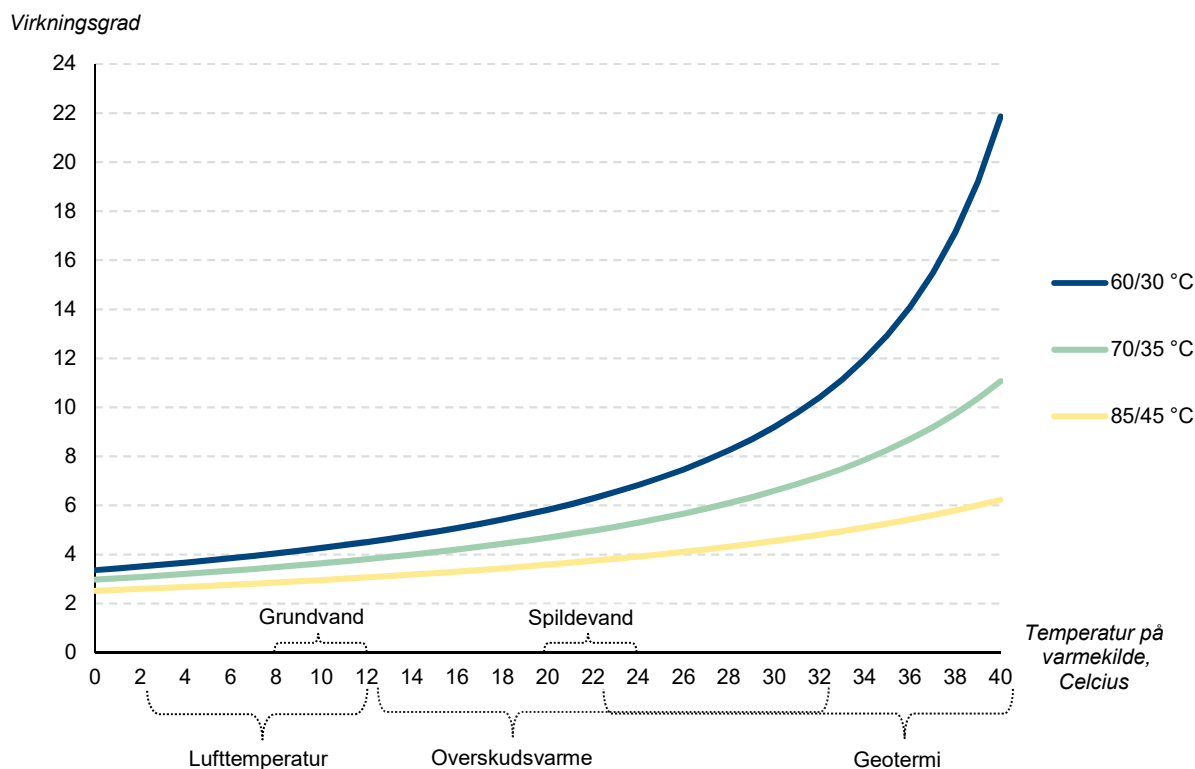
- **Fleksibilitet.** Elforbrug og produktion skal altid modsvare hinanden nøjagtigt for at undgå tekniske nedbrud i elsystemet. Men fremtidig elproduktion vil overvejende komme fra sol og vind, der dårligt kan reguleres i forhold til forbruget. I et sådant system vil forskydning af elforbrug til perioder med høj produktion i forhold til forbruget have stor værdi. Sådanne forbrugsforskydninger kan fjernvarmesystemer baseret på varmepumper og elpatroner levere ved hjælp af store og relativt billige varmelagre. I praksis kan varmeproduktionen styres efter prisprognoser, idet elpriserne vil være lave, når produktionen ventes at være høj i forhold til forbruget. Det er dog usikkert, om disse priser også vil være repræsentative for en fremtid med væsentlig højere andele af variabel elproduktion fra sol og vind. Derudover kan fjernvarmen bidrage til at opretholde stabiliteten på elnettet ved hurtig ind- og udkobling af elbaseret varmeproduktion, og dermed kan fjernvarme byde ind på balancemarkedet for el. Disse fordele har ikke kunnet værdisættes i denne analyse.
- **Forsyningsikkerhed.** Fjernvarme kan desuden sænke elforbruget til opvarmning ved at udnytte overskudsvarme fra industri, datacentre, spildevand og geotermi jf. ovenfor. Et lavt elforbrug kræver mindre fysisk elproduktion, som alt andet lige er en fordel, specielt i krisesituationer. Desuden vil de økonomiske konsekvenser af store elprisstigninger under forsyningskriser være mindre ved et lavt forbrug. De direkte økonomiske besparelser ved lavt elforbrug indgår i de samfundsøkonomiske beregninger i kapitel 4, men værdien af højere forsyningsikkerhed og mindre prischok i krisesituationer har ikke kunnet kvantificeres.
- **Færre støjproblemer og færre grundvandsproblemer fra lodrette borer.** Der kan være lokale støjproblemer ved individuelle varmepumper, som ikke er værdisat. Hertil kommer potentielle problemer med grundvandet ved lodrette borer i forbindelse med vand til vand-varmepumper. Disse effekter giver alt andet lige en øget fordel til fjernvarmen, men de kunne eventuelt også løses ved at etablere såkaldte termonet, som er et alternativ til fjernvarme og består af plastikrør, der løber på tværs af

mange bygninger. Termonet er dog en relativ ny teknologi, som Energistyrelsen med fordel kunne undersøge nærmere og inkludere i sit teknologikatalog.

Varmepumper er energieffektive i kombination med lavtemperaturvarme og overskudsvarme

Varmepumper kan meget effektivt levere varme. Effektivitet forstås her ved, hvor mange enheder varme, der leveres ved én forbrugt enhed elektricitet. Dette kaldes også for virkningsgraden. Varmepumper virker ved, at temperaturen fra en varmekilde løftes ved hjælp af elektricitet. Varmekilden er det, varmepumpen henter varmen fra, og det kan enten være udeluft, jordvarme, søer, havvand eller overskudsvarme fra industri eller datacentre. Sammenhængen mellem virkningsgrad og varmekilde er illustreret i figur 2.4.

Varmepumper kan opnå høj effektivitet, når de kun skal levere mindre løft af temperaturen fra deres varmekilde til det varmeanlæg, de skal forsyne. Udbredelsen af varmepumper medfører derfor et stort fokus på højst mulige temperatur af mulige varmekilder og lavest mulige temperatur i de varmesystemer, de skal levere til. Dette er specielt relevant for store varmepumper i fjernvarmen, der har mulighed for at udnytte flere varmekilder end de små individuelle varmepumper kan. Figur 2.4 viser, at varmekilder med høje temperaturer giver højere virkningsgrader. Men den viser også, at virkningsgraden øges, hvis man sænker den leverede temperatur, hvis man skifter fra en kurve til en anden. En virkningsgrad på 6 kan eksempelvis nås med en varmekilde på 40°C og en leveret temperatur på 85°C. En virkningsgrad på 6 kan også nås, hvis man har en varmekilde på 20°C, og hvis man til gengæld kun skal levere 60°C.



Figur 2.4 Virkningsgrad på varmepumpe afhængigt af temperatur på varmekilde for tre forskellige fremløbstemperaturer i fjernvarmesystem.

Anm. 1: Temperaturerne 85/45°C, 75/40°C og 60/30°C angiver hhv. fremløbs- og tilbageløbstemperaturerne i fjernvarmenettet.

Anm. 2: Temperaturniveauer for varmekilder er indikationer og ikke absolutte intervaller

Kilde Energistyrelsens teknologikatalog og Klimarådets beregninger

Mindre, individuelle varmepumper til parcelhuse og lignende er begrænsede af to årsager. For det første bruger de varmekilder som udeluft, grundvand eller jordoverfladen, hvilket oftest begrænser deres virkningsgrader til ca. 3 – 4. Derudover er de individuelle varmepumper meget afhængige af temperaturkravene i deres varmesystemer, hvor de højeste virkningsgrader for varmepumper opnås i huse med gulvvarme eller store radiatorarealer, som kan nøjes med lave fremløbstemperaturer.

Flere steder har fjernvarmesystemer derimod potentiel adgang til overskudsvarme eller geotermi med temperaturer mellem 10 og 40°C.²⁴ De kan derigennem opnå høje virkningsgrader, specielt hvis de kan nøjes med at levere lavtemperaturfjernvarme ved temperaturer på under 60°C i fremløbstemperatur. Fremløbstemperaturen er den temperatur, som leveres til fjernvarmenettet, mens returtemperaturen er den temperatur, som det returnerede vand har. Store varmepumper anvendt i fjernvarmesystemer kan desuden have lidt højere virkningsgrader end små varmepumper anvendt i parcelhuse. Denne fordel skal dog ses i forhold til varmetabet i fjernvarmenettet, som ikke berører individuelle varmepumper.

Bygningers stand afgør energiforbruget til varme

Enkelte ældre, ineffektive bygninger kan diktere fremløbstemperaturen i hele fjernvarmesystemet. Mange fjernvarmeselskaber arbejder dog målrettet med at sænke fremløbstemperaturerne i fjernvarmenettene, både for at lette integrationen af varmepumper og for at mindske varmetabet fra fjernvarmenettene.^{34,35}

Forskellige tiltag kan gøre bygninger klar til lavtemperaturvarme

Energiforbedringer sænker energibehovet, mens andre tiltag gør det muligt, at bygninger kan opvarmes tilstrækkeligt med lavtemperaturvarmeforsyning fra enten fjernvarmen eller individuelle varmepumper.

Energiforbedringer og andre tiltag kan for eksempel omfatte følgende:

- **Radiatorer.** Flere og/eller større radiatorer øger varmeanlæggets kapacitet til at afgive varme ved lavere fremløbstemperaturer. Det kan være relativt hurtigt og billigt at sætte flere eller større radiatorer op og justere varmeanlægget.^{36,37,38}
- **Justering af varmeanlæg:** Bygningers eksisterende varmeanlæg er i nogle tilfælde ikke korrekt justeret. En optimal indstilling kan i nogle tilfælde gøre, at bygningen kan nøjes med en lavere fremløbstemperatur.
- **Varmepumpens størrelse.** Størrelsen af de individuelle varmepumper kan øges.
- **Energirenoveringer.** Energirenovering af vægge, tage, vinduer og døre sænker varmebehovet, hvorved komforttemperaturerne kan sikres med lavere fremløbstemperaturer i det eksisterende varmeanlæg.

Energirenovering af eksisterende bygninger kan sænke energiforbruget, men tager ofte lang tid at implementere. Flere analyser viser, at der ofte kan opnås en god økonomi i energirenovering, hvis de foretages i forbindelse med andre renoveringer af bygningerne fx efterisolering, når et slidt tag skal skiftes.^{39,40} De refererede analyser antager, at de andre bygningsrenoveringer realiseres gradvist over en 30-års periode, og samme tidsramme vil derfor gælde for en omkostningseffektiv udnyttelse af det fulde energisparepotentiale. Dermed er energirenoveringer et tiltag, som muligvis ikke kan gøres samfundsøkonomisk omkostningseffektivt, samtidig med at gasfyret udskiftes. Udfasningen af gasfyr skal ske over en væsentlig kortere årrække, og omkostningseffektive renoveringer af vægge, tag osv. vil i begrænset omfang kunne anvendes til at sikre nødvendige sænkninger af fremløbstemperaturer. Over tid vil energirenoveringer dog sænke temperaturbehovet i varmesystemerne, og det kan også hæve virkningsgraden af installerede varmepumper. Derfor vil der i mange tilfælde være god økonomi i at energirenovere – selv efter et skifte til lavtemperaturfjernvarme eller individuel varmepumpe.

EU-Kommissionen har foreslået en betydelig forøgelse af effektiviseringsindsatsen i eksisterende bygninger – især de mindst energieffektive.⁴¹ Forslaget forhandles stadig, men foreløbige resultater indikerer, at også Danmark må forcere indsatsen. En øget indsats for energirenoveringer kan potentielt samtænkes med gasudfasningen.

Der er mange fordele ved fortsat energirenovering i forhold til elforbrug, effektiviteten af systemet og sundhed

Der er en række fordele ved energirenovering, som kan give væsentlige bidrag til et mere effektivt og robust energisystem samt sundere boliger:

- Forbedringer af klimaskærmens isolering vil muliggøre yderligere sænkning af fremløbstemperaturer i bygningers varmesystemer. Derved kan effektiviteten af individuelle varmepumper forbedres. De vil også muliggøre yderligere sænkninger af fremløbstemperaturer i fjernvarmesystemer med tilhørende reduktion af nettab og elforbrug til varmeproduktionen.
- Lavere energiforbrug betyder, at ny vedvarende energi kan prioriteres til andre formål.
- Mere effektive bygninger vil bidrage mindre til spidsbelastninger af elnettet på kolde dage og kan lettere kobles ud i kortere eller længere tid, hvis der er akutte spidsbelastningsproblemer.⁴²
- Et lavt energiforbrug mindsker de økonomiske virkninger som følge af energikriser med tilhørende prisstigninger – både for den enkelte forbruger og for landet som helhed.
- Velisolerede bygninger reducerer helbredsproblemer hos beboere, fordi det mindsker træk og skimmelsvamp mv.^{43,44,45}
- Forsatte energirenoveringer vil bidrage til overholdelse af kommende renoveringskrav i EU's forslag til et revideret bygningsdirektiv.⁴⁶

Energirenoveringer af bygninger har dermed en række fordele, som ikke opnås ved at justere radiatorkapaciteten eller ved at opsætte større, individuelle varmepumper. Der er dermed god grund til løbende at sikre, at bygninger energirenoveres. Dog er energirenovering ikke et værktøj, der omkostningseffektivt kan accelereres på grund af den tid, det tager, før bygninger alligevel skal renoveres. Ved en hurtig omstilling væk fra naturgas er der dermed sandsynligvis behov for at se på de løsninger, der hurtigt kan gøre bygninger i stand til at benytte lavtemperaturfjernvarme og individuelle varmepumper.

Det er sandsynligvis muligt at gøre bygninger klar til lavtemperaturvarme

Det er usikkert, hvor mange tiltag der er behov for i de ældre og energiineffektive bygninger, for at de kan forsynes med lavtemperaturvarme. Boks 2.4 gennemgår en række praktiske eksempler og teoretiske studier af behovet for renoveringer og bygningstiltag i ældre bygninger, der skal kunne varmes op med vand ved lave temperaturer.

Der kan overordnet drages to konklusioner på baggrund af den eksisterende forskning på området. For det første var det muligt at opvarme langt de fleste bygninger i studierne tilstrækkeligt med ingen eller meget få tiltag. Tiltagene går fra udskiftning af radiatorer til optimering af drift og anlæg. For det andet mangler der vidensopsamling fra de konkrete eksempler på indførelse af lavtemperaturfjernvarme. De videnskabelige studier er enten casestudier af få, bestemte bygninger eller teoretiske beregninger. Omvendt er der ikke fundet studier, der viser behov for gennemgribende bygningstiltag ved konvertering til lavtemperaturfjernvarme. Derfor virker det sandsynligt, at lavtemperaturfjernvarme kan forsyne en stor andel af de ineffektive bygninger med relativt få tiltag. Bygningernes tilstand er dermed sandsynligvis ikke en stor barriere for at udbygge med lavtemperaturfjernvarme, da mange bygninger forventeligt kan forsynes med ingen eller få tiltag. Der er dog en væsentlig barriere i form af, at fjernvarmeselskaber mangler viden om, hvilke bygninger der kan eller ikke kan opvarmes tilstrækkeligt, hvilke værktøjer der findes til at identificere de pågældende bygninger, og hvilke muligheder der findes for at gennemføre de nødvendige energitiltag. Denne barriere er yderligere diskuteret i kapitel 5.

Kun få bygninger har behov for højtemperaturvarme

Behovet for højtemperaturvarme er sandsynligvis begrænset til relativt få bygninger, og selv her kan problemet muligvis håndteres relativt let og billigt. Eksempelvis med større radiatorer eller større varmepumper. Det vil dog ikke nedsætte energiforbruget, og derfor bør energirenoveringer gennemføres i takt med øvrige bygningsrenoveringer. Det vil både give et mere effektivt og fleksibelt energisystem, og det vil begrænse behovet for udbygning af mere vedvarende energi. Derfor bør en udbygning af lavtemperaturfjernvarme og individuelle varmepumper se på bygningstiltag på kort og på lang sigt. På kort sigt skal det sikres, at bygningerne kan opvarmes tilstrækkeligt. Det kan ske ved justering af varmeanlæg og opsætning af nye radiatorer. På lang sigt skal en fortsat energirenoveringsindsats sikre et samfundsøkonomisk optimalt energiforbrug, reducere spidsbelastning, og sikre at bygningsmassen bidrager til godt og sundt indeklima.

Boks 2.4 Analyser af renoveringsbehov i ældre bygninger ved etablering af lavtemperaturfjernvarme

Der har været gennemført en del analyser af, om eksisterende bygninger kan opnå tilstrækkelige komforttemperaturer, hvis fremløbstemperaturen i fjernvarmesystemer sænkes til et lavtemperaturniveau på omkring 60°C. Følgende punkter summerer en række konklusioner fra forskningen på området:

Konkrete erfaringer fra fjernvarmeselskaber:

- **Albertslund Forsyning** har indført lavtemperaturdrift for godt 100 ældre bygninger fra 1960'erne og 70'erne. Ifølge fjernvarmeselskabet krævede det kun mindre og billige tilpasninger i 5-6 bygninger.³⁵
- **Viborg Fjernvarme** har over en årrække sænket fremløbstemperaturen til slutkunderne til 60°C og under i størstedelen af året, og de undgår problemer hos kunderne ved at hæve fremløbstemperaturen til op mod 70-80°C de få timer om året, hvor udetemperaturen er under 0°C.⁴⁷

Konklusioner fra forskningsartikler:

- **Fire bygninger fra 1930'erne:** Kun nødvendigt at udskifte ni radiatorer i to af bygningerne for at sikre lavtemperaturdrift.⁴⁸
- **Fire bygninger fra 1980:** Ingen ændringer var påkrævet for at sikre lavtemperaturdrift.⁴⁹
- **Én ældre boligblok fra 1970:** Lavtemperaturdrift var mulig ved små ændringer af indstillinger i varmesystem og ved brug af alle radiatorer i lejlighederne.⁵⁰
- **Fire boligblokke fra 1970:** Lavtemperaturdrift var mulig gennem optimeret drift af eksisterende varmesystem.⁵¹
- **Beregning baseret på gennemgang af varmeanlæg i 1.645 bygninger, bygget i 1620-2014:** Lavtemperaturfjernvarme kan sikre tilstrækkelig varmekomfort i alle bygninger uden radiatorudskiftninger, men returtemperaturen fra bygninger med små radiatorarealer kan stige i koldt vejr.⁵²

Hverken de praktiske eksempler eller de nævnte analyser krævede kostbar efterisolering, nye vinduer eller lignende.

Større kapacitet på individuelle varmepumper kan forsyne ineffektive bygninger

Individuelle varmepumper er mest effektive ved lave fremløbstemperaturer, ligesom det gælder for de store varmepumper i fjernvarmen. Derfor kan ineffektive bygninger også potentielt opleve problemer med at blive tilstrækkeligt opvarmet fra individuelle varmepumper. En potentiel løsning på kort sigt er at købe en individuel varmepumpe med en højere kapacitet.⁵³ Dels kan nye frekvensregulerede varmepumper i højere grad tilpasse sig varmebehovet i bygninger uden at påvirke energieffektiviteten negativt, og dels stiger prisen på varmepumper ikke proportionalt med kapaciteten.⁵³ Energistyrelsens teknologikatalog anfører således, at en varmepumpe på 15 kW maksimalt koster 30 pct. mere end en halvt så stor varmepumpe på 7 kW.⁵⁴

Det kan dog være problematisk at opsætte større varmepumper til at forsyne ineffektive bygninger, fordi det medfører et større elforbrug. Det vil både øge elforbruget generelt og bidrage til en spidsbelastning af elnettet. Derfor bør ineffektive bygninger stadig energirenoveres løbende, når det er økonomisk rentabelt.

3 Effektivitet af naturgasopvarmede bygninger i potentielle fjernvarmeområder

Klimarådet undersøger i dette kapitel omfanget af gasopvarmede bygninger, der har et højt varmeforbrug, og som dermed potentielt har behov for energireoveringer og/eller udskiftning af radiatorer for at kunne forsynes med lavtemperaturvarme. Bygningernes energitilstand er vigtig i forbindelse med, at naturgasfyret skal erstattes med et varmesystem, der skal være effektivt i fremtiden. Standen af bygningerne vil nemlig på den ene side have betydning for størrelsen og effektiviteten af de individuelle varmepumper. Og på den anden side vil standen have betydning for, hvor mange tilpasninger bygningerne skal have, for at fjernvarmeforsyningen kan øge effektiviteten ved at sænke temperaturen. Det vil medføre, at fjernvarmen kan bevæge sig væk fra biomasse og over på varmepumper, overskudsvarme, solvarme og geotermi. Dette er nærmere beskrevet i afsnit 2.2.

Klimarådets analyse identificerer, hvilke naturgasopvarmede bygninger der er i så dårlig energimæssig stand, at de potentielt vil have svært ved at kunne opvarmes tilstrækkeligt med lavtemperaturvarme uden at forbedre bygningens energitilstand. Efterfølgende har Klimarådet undersøgt, hvor mange af disse bygninger, der ligger i potentielt nye eller udvidede fjernvarmeområder.

3.1 Datagrundlag og forudsætninger for identificering af ineffektive bygninger

Boks 3.1 Detaljeret datasæt for ca. 350.000 naturgasfyrede bygninger ligger bag analysen

Klimarådets analyse er foretaget på baggrund af et datasæt, som omfatter naturgasforbrug, bygningsinformationer og informationer om placeringen af de bygninger, der er opvarmet med naturgas. Placeringen af de enkelte bygninger er koblet med de potentielle fjernvarmeområder, som er beskrevet i *Varmeplan Danmark 2021*, udarbejdet af Aalborg Universitet.²⁴

I analysen medtages bygningstyper, der bruger naturgasfyr til opvarmning, og disse er inddelt i kategorierne:

- stuehuse,
- parcelhuse,
- række, kæde- og dobbelthuse,
- etagebygninger og lignende,
- handel og service, samt
- institutioner.

Der tages altså udgangspunkt i bygninger og ikke kun husstande i denne analyse. I bilag 1 uddybes datakilder, databearbejdning og beskrivelse af bygningstyper.

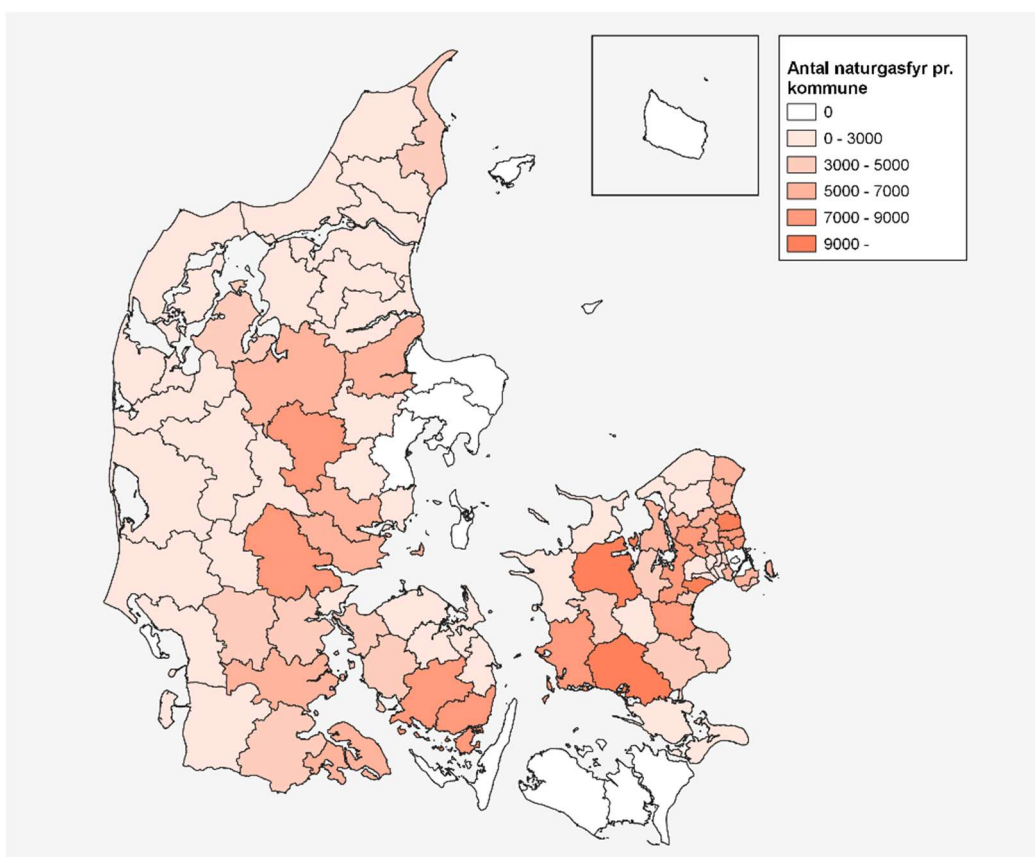
Datasættet består af 344.339 observationer for bygninger forsynet med naturgas til opvarmning i 2020. Dette er det samlede antal observationer, der ligger til grund for analysen efter udvælgelse af bygningstyper og fjernelse af ugyldige observationer i datasættet.

Klimarådet har på baggrund af det målte naturgasforbrug estimeret varmeforbruget for hver bygning ved at korrigere for konverteringstab (uddybet i bilag 1). Datasættet består kun af bygninger med naturgas som hovedvarmekilde, og inkluderer derfor ikke bygninger med andre varmekilder såsom fjernvarme, varmepumper, oliefyre, pillefyre eller andet. Bygningerne kan godt have supplerende varmekilder såsom brændeovne. Dermed beskriver datasættet placering, antal og energiforbrug i de gasopvarmede bygninger, men ikke i den samlede bygningsmasse. Flere naturgasfyre vil i dag allerede være udskiftet med eksempelvis individuelle varmepumper, eftersom datasættet er fra 2020.

Natargasfyrede bygninger ligger på tværs af landet

Naturgasnettet og de naturgasopvarmede bygninger ligger fordelt over en stor del af landet. Dermed er det de fleste kommuner, som har naturgasfyr i deres bygningsmasse. Figur 3.1 nedenfor viser antal naturgasfyr pr. kommune. Mens de fleste kommuner har nogle naturgasfyrede bygninger, er der en række kommuner som har et højt antal. Holbæk, Rudersdal, Næstved, Greve, Køge, Egedal, Slagelse og Lyngby-Taarbæk har det højeste antal naturgasfyr. Der er dermed flere kommuner med et højt antal naturgasfyr på Sjælland. I Jylland er det Silkeborg, Vejle, Viborg, Randers, Horsens og Hedensted kommune, der har mange naturgasfyr. På Fyn har Svendborg og Faaborg-Midtfyn et højt antal.

Der er også en række kommuner uden naturgasfyr. Det er både kommuner med høje og lave indbyggertal. København, Frederiksberg og Aarhus har ingen naturgasfyr, eftersom bygningerne her overvejende er forsynet med fjernvarme. Lolland, Guldborgsund, Bornholm, Christiansø, Langeland, Ærø, Fanø, Samsø og Læsø har heller ingen naturgasfyr, da naturgasnettet ikke er blevet udbygget til de danske øer. Syddjurs og Norddjurs har heller ingen naturgasopvarmede bygninger.



Figur 3.1 Antal naturgasfyr pr. kommune

Kilde: Vurderingsstyrelsen, Danmarks Administrative Geografiske Inddeling og Klimarådets beregninger.

Ældre ineffektive bygninger er ikke bygget til lavtemperaturvarme

Analysen i dette kapitel undersøger både energitilstanden af de enkelte bygninger og deres placering. Første skridt i analysen ser på energitilstanden af og varmemeforbruget fra de enkelte bygninger. Her er der særligt fokus på de ældre, ineffektive bygninger. En *ældre, ineffektiv bygning* defineres som en bygning med et nettovarmeforbrug til rumopvarmning på over 85 kWh pr. kvadratmeter, og som er bygget før 1985. Baggrunden for dette er, at energikravene i *Bygningsreglementet* blev strammet betydeligt i slutningen af 1970'erne, og i 1985 indførtes de første krav om, at bygningers varmesystemer skulle være forberedt til lave fremløbstemperaturer. Desuden peger en analyse fra Institut for Byggeri, By og Miljø på Aalborg Universitet på, at de fleste bygninger kan komme ned på et nettovarmeforbrug på ca. 85 kWh pr. kvadratmeter – dog under forudsætning af, at komfortniveauet ikke øges i

de energireoverede bygninger.⁴⁰ Grænsen på 85 kWh pr. kvadratmeter stemmer derudover nogenlunde overens med kravene i *Bygningsreglementet 1985* for et gennemsnitligt hus på 150 kvadratmeter.⁵⁵ Dette er nærmere beskrevet i bilag 1.

Bygninger fra før 1985 vil muligvis kræve energiforbedringer ved tilslutning til lavtemperaturfjernvarme, hvis de ikke er blevet væsentligt energireoveret igennem tiden. Alternativt kan de have behov for en individuel varmepumpe, der er dimensioneret til et højt varmebehov og fremløbstemperatur. Bygninger opført efter 1985 med et nettovarmeforbrug på over 85 kWh pr. kvadratmeter antages at kunne klare sig med lavtemperaturvarme uden tilpasninger.

Fire typer fjernvarmeområder bruges i analysen

Andet skridt i analysen undersøger, hvor mange ineffektive bygninger der ligger i potentielle nye eller udvidede fjernvarmeområder. Dette er væsentligt, fordi nogle ineffektive bygninger i nye, potentielle fjernvarmeområder kan kræve energiforbedringer for at klare sig med de lavere fremløbstemperaturer i lavtemperaturfjernvarmen.

Analysen *Varmeplan Danmark 2021* fra Aalborg Universitet har beregnet, hvilke områder der har et muligt potentiale for fjernvarmeudbygning.²⁴ I *Varmeplan Danmark 2021* er områder med et beregnet samlet varmekonsum over 10 kWh pr. kvadratmeter i hele området defineret som potentielle fjernvarmeområder. Et givent områdes samlede varmekonsum udtrykt pr. kvadratmeter kaldes også *forbrugertætheden*.

Klimarådet har defineret fire typer varmekonsumsområder på baggrund af data fra *Varmeplan Danmark 2021*:

1. **Potentielle udvidelser af eksisterende fjernvarmeområder.** Områder med høj forbrugertæthed kan udgøre en udvidelse af den eksisterende forsyning, hvis området ligger direkte op til eksisterende fjernvarmeområder. Hvis der er ledig kapacitet i fjernvarmekonsumningen, vil tilslutningen primært afhænge af investeringer i fjernvarmenettet.
2. **Potentielle nye fjernvarmeområder.** Områder med høj forbrugertæthed kan potentielt udlægges til nye fjernvarmeområder, hvis det ligger langt fra eksisterende fjernvarmeområder. Det vil både kræve investeringer i produktion og fjernvarmenettet.
3. **Eksisterende fjernvarmeområder.** Bygninger med naturgasfyr i eksisterende fjernvarmeområder bør umiddelbart kunne tilkøbes fjernvarmen. Det kræver stikledninger til tilslutning af bygninger, potentielle investeringer i fjernvarmenettet, samt en eventuel udbygning af produktionskapaciteten, hvis den allerede er fuldt udnyttet.
4. **Områder uden for potentiel fjernvarmekonsumning.** Naturgasopvarmede bygninger kan også ligge i områder, hvor forbrugertætheden er for lav til en fremtidig fjernvarmekonsumning. Disse bygninger vil overvejende skulle forsynes med individuelle varmepumper.

De fire typer områder fremgår af figur 3.2 nedenfor.

Klimarådet.

Det er vigtigt at fremhæve, at en fremtidig varmeforsyning afhænger af de specifikke, lokale forhold. Og det kan afhænge af en konkret vurdering, om fjernvarme er en fornuftig og rentabel løsning. Der kan dermed sagtens være områder, hvor forbrugertætheden indikerer et potentiale for fjernvarme, men hvor eksempelvis individuelle varmepumper alligevel er det samfundsøkonomisk bedste valg.



Figur 3.2 Eksempel på forskellige typer fjernvarmeområder i Klimarådets analyse. Kortet viser et område omkring Fredensborg.

Anm. 1: Scenarierne fra *Varmeplan Danmark 2021* er beregnet for hele Danmark og har dermed ikke alle lokale forhold med. Kortet viser beregningsteknisk, hvordan de naturgasopvarmede bygninger allokeres til forskellige områder. Udlægning af konkrete fjernvarmeområde skal altid ske på baggrund af en konkret vurdering.

Anm. 2: Områder kan godt have et potentiale for fjernvarme, selvom der ingen naturgasfyr er. Der kan være andre bygninger med andre varmekilder, der dermed udgør et fjernvarmepotentiale.

Kilde: *Varmeplan Danmark 2021*, Plansystem.dk og Klimarådets beregninger.

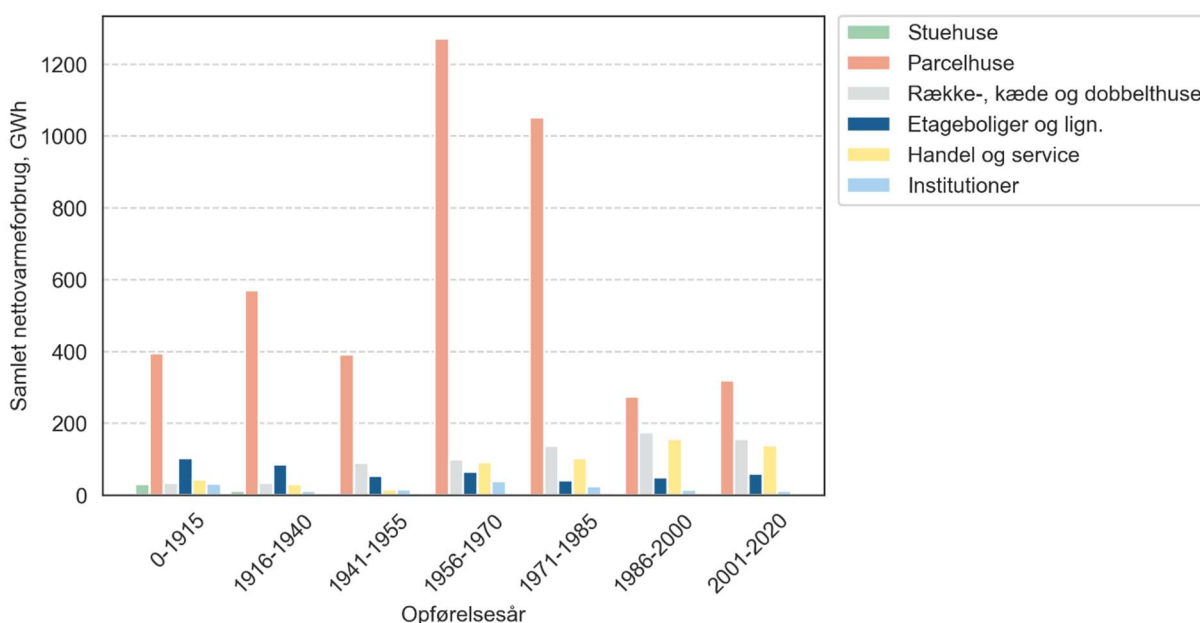
3.2 Omfanget af ældre, ineffektive bygninger

I dette afsnit fremlægges resultaterne fra Klimarådets analyse af effektiviteten af de naturgasopvarmede bygninger. Indledningsvis beskrives naturgasforbruget i bygningerne. Derefter identificeres de ældre, ineffektive bygninger, og endelig undersøges det, i hvilke områder bygningerne er placeret i forhold til fjernvarmen.

Langt størstedelen af gasforbruget sker i parcelhuse

Parcelhuse fra før 1985 står for langt størstedelen af det samlede gasforbrug, som det fremgår af figur 3.3. Dette skyldes først og fremmest, at 80 pct. af bygningerne med naturgas er parcelhuse. Lidt over halvdelen af disse parcelhuse er ældre bygninger opført mellem 1956 og 1985, og kun 14 pct. af de naturgasopvarmede parcelhuse er opført efter 1985.

Det samlede naturgasforbrug i de naturgasopvarmede bygninger opgøres til 6.540 GWh i 2020 i analysen. Ved et konverteringstab på 5 pct. giver det et samlet nettovarmeforbrug på 6.213 GWh til opvarmning og varmt vand. Heraf estimeres 5.303 GWh alene at være gasforbrug til opvarmning.



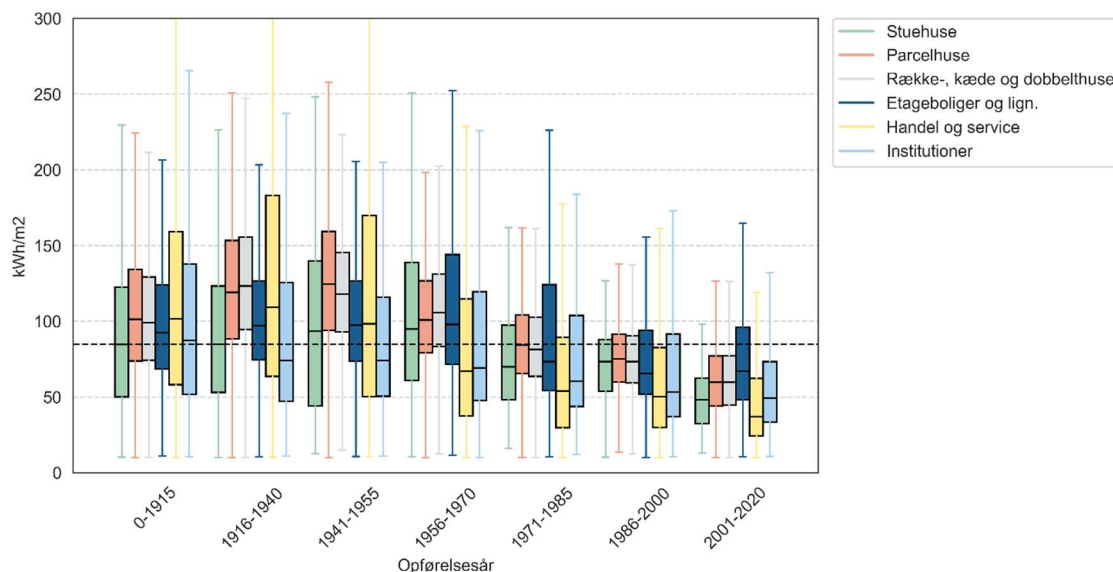
Figur 3.3 Samlet nettovarmeforbrug til opvarmning og varmt vand i 2020 for bygninger forsynet med naturgas fordelt på bygningstype og alder

Kilde Vurderingsstyrelsen og Klimarådets beregninger.

Nettovarmeforbrug pr. kvadratmeter er særligt højt for de ældre bygninger

Det gennemsnitlige varmeforbrug pr. kvadratmeter er generelt højere for de ældre bygninger. Figur 3.4 nedenfor viser, at ældre bygninger gennemsnitligt har et nettovarmeforbrug til rumopvarmning pr. kvadratmeter på over 85 kWh pr. kvadratmeter. Dette niveau er illustreret med en stiplede linje i figuren. Størstedelen af de bygninger, der er opført inden 1971, har et forbrug, der overstiger denne grænse. Nyere bygninger på tværs af bygningstyper har overvejende et lavere nettovarmeforbrug pr. kvadratmeter. Derudover fremgår det af figuren, at spredningen i nettovarmeforbruget for de forskellige bygningstyper er stor. Spredningen er dog større for bygninger opført før 1985 end for dem opført efter, hvilket kan skyldes, at nogle af de ældre bygninger allerede er blevet renoveret, mens andre ikke er.

Der er en særlig stor andel af parcelhusene og etagebygningerne, hvor nettovarmeforbruget er højt. 60 pct. af parcelhusene og etagebygningerne har et forbrug, der overstiger 85 kWh pr. kvadratmeter, imens 50 pct. af række-kæde-, dobbelt- og stuehuse har et tilsvarende højt forbrug. Nettovarmebehovet er relativt lavt for størstedelen af de bygninger, der bruges til handel og service og institutioner. De store forskelle i nettovarmeforbruget inden for de enkelte bygningskategorier afhænger både af den enkelte bygnings stand samt de forbrugsvaner, der ligger til grund for forbruget.



Figur 3.4 Boksplot over nettovarmeforbrug pr. kvadratmeter i bygninger forsynet med naturgas fordelt på bygningstype og alder

Anm. 1: Den sorte stiplede linje angiver 85 kWh/m², og bygninger med nettovarmeforbrug over denne grænse vurderes at have et højt forbrug.

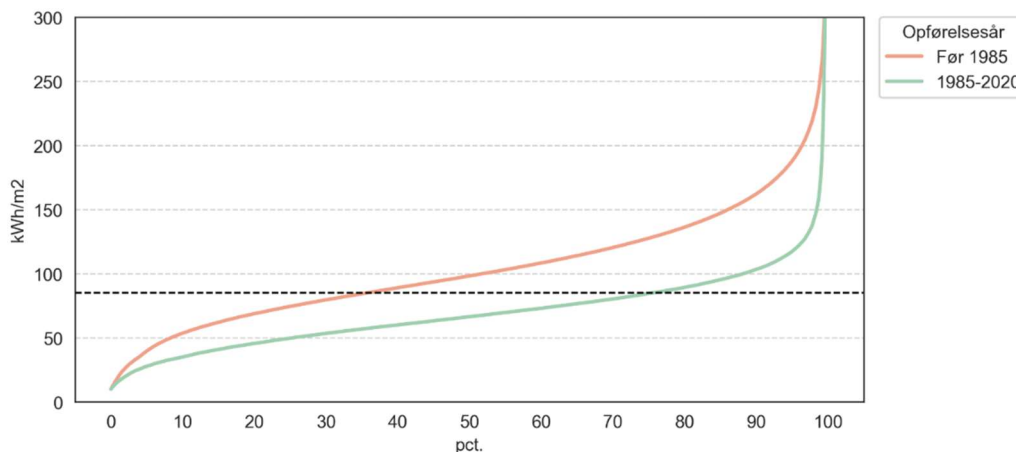
Anm. 2: De farvede bokse indeholder 50 pct. af observationerne med en streg for medianen. De lodrette streger indeholder observationer indenfor +/- 2,7 standardafvigelse svarende til 99 pct. af observationerne. Resten er defineret som outliers og er ikke vist på figuren.

Anm. 3: Figuren er skåret ved 300 kWh/m², selvom der er få outliers med højere forbrug.

Kilde: Vurderingsstyrelsen og Klimarådets beregninger.

Halvdelen af de naturgasopvarmede bygningerne er ældre og ineffektive

Klimarådets analyse viser, at ca. 169.000 naturgasopvarmede bygninger er ældre og ineffektive. Det betyder, at halvdelen af bygningerne i datasættet er opført inden 1985 og har et rumvarmeforbrug på over 85 kWh pr. kvadratmeter. Figur 3.5 nedenfor viser fordelingen af alle bygninger – både dem opført før og efter 1985. Bygningerne er sorteret fra det laveste rumvarmeforbrug pr. kvadratmeter til det højeste. Næsten 70 pct. af bygningerne, der er opført inden 1985, har et gasforbrug til rumopvarmning, der overstiger 85 kWh pr. kvadratmeter, imens kun lidt under 30 pct. af de nyere bygninger har et tilsvarende højt forbrug.



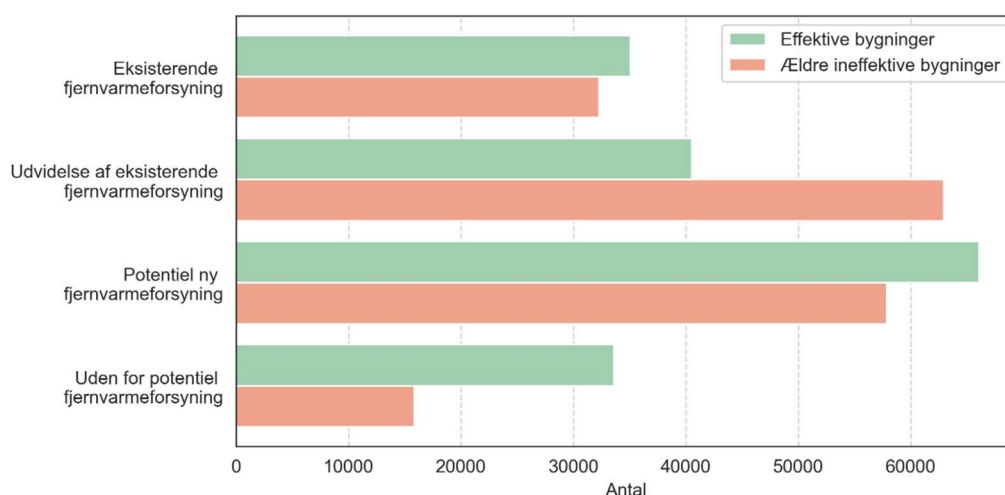
Figur 3.5 Fordeling af gasforbruget til rumopvarmning pr. kvadratmeter i bygninger forsynet med naturgas for bygninger opført før og efter 1985

Anm.: Figuren er skåret ved 300 kWh/m², selvom der er få outliers med højere forbrug.

Kilde Vurderingsstyrelsen og Klimarådets beregninger.

Et betydeligt antal ineffektive, naturgasopvarmede bygninger ligger i potentielle fjernvarmeområder

Klimarådet har beregnet, i hvilke typer varmeforsyningsområder hver af de ældre, ineffektive bygninger er placeret. Figur 3.6 nedenfor viser antallet af henholdsvis effektive og ineffektive, naturgasopvarmede bygninger fordelt på de fire typer af områder.



Figur 3.6 Antal effektive og ineffektive bygninger fordelt på områder

Kilde: Vurderingsstyrelsen, *Varmeplan Danmark 2021* og Klimarådets beregninger.

Ud af de i alt ca. 169.000 ældre, ineffektive, naturgasopvarmede bygninger, er der ca. 121.000 bygninger, der ligger i potentielle fjernvarmeområder. Det vil sige i områder, hvor den eksisterende fjernvarme kan udvides, eller i områder, hvor der kan etableres ny fjernvarme. Dette er altså størstedelen af de ældre, ineffektive bygninger med gasopvarmning. Heraf ligger ca. 58.000 af bygningerne i områder med potentiel fjernvarmeforsyning og ca. 63.000 i områder, hvor den eksisterende fjernvarmeforsyning kan udvides. Derudover ligger ca. 32.000 af de ældre, ineffektive naturgasopvarmede bygninger i eksisterende fjernvarmeområder. De resterende ca. 16.000 ældre, ineffektive bygninger ligger uden for potentielle fjernvarmeområder.

4 Samfundsøkonomiske analyser af varmeforsyning

I dette kapitel undersøges, hvilken eller hvilke forsyningsformer der bidrager til en samfundsøkonomisk optimal omstilling væk fra opvarmning med naturgas. De samfundsøkonomiske omkostninger ved forskellige typer varmeforsyning beregnes for et generisk område, hvor der etableres ny fjernvarmeproduktion og infrastruktur af fjernvarmenet. Omkostningerne ved udvidelse af et eksisterende fjernvarmenet er ikke beregnet, men udvidelser forventes i mange tilfælde at være billigere end et helt nyt fjernvarmenet, hvis der er ledig produktionskapacitet. Som beskrevet i kapitel 2, vurderes biogas ikke som et reelt alternativ til naturgas i opvarmningen, da det er en begrænset ressource, der bedre kan bruges til andet end bygningsopvarmning. I analysen er der heller ikke regnet på scenarier, hvor der fortsættes med naturgas, eftersom det politisk er besluttet, at alle gasfyr skal være udskiftet senest i 2035.

Lokale forhold vil i sidste ende være afgørende for, hvilken opvarmningsform der er samfundsøkonomisk optimal i et givent område. Eksempelvis vil adgangen til overskudsvarme, alder og energitilstanden af bygningerne, hvor tæt bygningerne ligger, samt hvor mange af bygningerne der tilslutter sig fjernvarmenettet, have betydning. Derfor analyserer Klimarådet, hvilke forhold der er vigtige for samfundsøkonomien, når det skal besluttes, hvilken varmeforsyning der skal afløse gasfyret. I forlængelse heraf foretages en række følsomhedsberegninger, der blandt andet belyser betydningen af ændrede energipriser og investeringsomkostninger.

Det er ikke alle potentielle gevinster og omkostninger, der kan sættes en pris på. Det gælder især fleksibilitet og mulighederne for at skifte til andre energikilder. Disse forhold vil blive berørt kvalitativt i den samfundsøkonomiske analyse.

4.1 Scenarier, forudsætninger og datagrundlag

Fem forskellige scenarier for varmeforsyning analyseres

Naturgasfyret erstattes enten af en individuel varmepumpe eller fjernvarme i de samfundsøkonomiske scenarier. I et repræsentativt naturgasområde på 1.000 bygninger beregnes de totale samfundsøkonomiske omkostninger ved udrulning af et nyt fjernvarmenet med ny varmeproduktion, hvor alle bygningerne tilsluttes nettet fra start. Udrulning af ny fjernvarme giver mening samfundsøkonomisk, hvis fjernvarmen kan konkurrere med individuelle varmepumper. Derfor sammenlignes omkostningerne ved fjernvarme med et basisscenarie, hvor alle 1.000 bygninger i stedet forsynes med individuelle varmepumper.

I tabel 4.1 præsenteres basisscenariet og de fire forskellige scenarier for udrulning af ny fjernvarme. I scenarie 2 og 3 investeres der i et nyt højtemperaturfjernvarmenet med en fremløbstemperatur på 75°C.

Højtemperaturfjernvarmen forsynes enten med en biomassekedel eller med store varmepumper. I scenarie 4 og 5 investeres der i et nyt lavtemperaturfjernvarmenet med en fremløbstemperatur på 60°C. I begge disse lavtemperaturscenarier forsynes fjernvarmen med store varmepumper, der er mere effektive ved en lavere fremløbstemperatur og dermed bruger mindre el end de store varmepumper i højtemperaturscenariet. Forskellen på de to lavtemperaturscenarier er, at der i det ene scenarie er adgang til overskudsvarme. Det betyder, at varmepumpen skal bruge endnu mindre el til at nå samme fremløbstemperatur. For at sikre en tilstrækkelig komforttemperatur i bygningerne er visse energiforbedringer i ældre og ineffektive bygninger en forudsætning i lavtemperaturscenarierne. Det antages ikke, at der er behov for energiforbedringer i basisscenariet, eftersom det beregnes, hvor stor kapacitet og virkningsgrad den individuelle varmepumpe skal have for at sikre en tilstrækkelig høj temperatur i hver enkelt bygning.

Klimarådet har ikke analyseret lastfordeling over året og har derfor ikke beregnet spidslastproduktion i fjernvarmen. Spidslast er de få timer, hvor forbruget er højest over året. Spidslast ligger typisk på de koldeste morgener, hvor der både bliver tændt for varmen, og hvor beboerne går i bad. Til at dække disse relativt få timer med højt forbrug, er der typisk installeret produktionskapacitet med lave installationsomkostninger på grund af de få driftstimer. Naturgasturbiner og oliekedler har traditionelt været brugt til at dække spidslast. Fremover kan spidslast produceres på elkedler, med bionaturgas, bioolie, træpiller eller med andre typer bioenergi. Spidslastproduktion kan også potentielt afhjælpes ved brug af fleksible varmelagre eller ved øget forbrugerfleksibilitet. Den konkrete strategi for at kunne dække et givent område spidslast vil afhænge af forbrugernes størrelse og forbrugsprofiler samt andre lokale forhold. Det er der ikke regnet på i denne rapport.

De individuelle varmepumper skal også dimensioneres til at dække spidslast. Individuelle varmepumper har indbygget en spidslastenhed i form af en elpatron, og omkostningerne hertil er estimeret ud fra teknologikatalogets gennemsnitlige årsvirkningsgrader. Det kan potentielt undervurdere omkostningerne for varmepumper, som er installeret i ineffektive bygninger, der kan have lavere årsvirkningsgrader end teknologikatalogets gennemsnitsværdier. Der vil derfor også være spidslastsituationer for de individuelle varmepumper, der ikke er reflekteret i beregningerne.

Tabel 4.1 Samfundsøkonomiske scenarier for alternativ varmeforsyning

Scenarier	Beskrivelse	Investeringer i bygninger
Scenarie 1 (basisscenarie)	Individuel varmepumpe	Ingen renovering
Scenarie 2	Nyt højtemperaturfjernvarmenet med biomassekedel	Ingen renovering
Scenarie 3	Nyt højtemperaturfjernvarmenet med store varmepumper	Ingen renovering
Scenarie 4	Nyt lavtemperaturfjernvarmenet med store varmepumper	Bygningstiltag antaget nødvendigt
Scenarie 5	Nyt lavtemperaturfjernvarmenet med store varmepumper og overskudsvarme	Bygningstiltag antaget nødvendigt

Anm.: I scenarie 3, 4 og 5 med store varmepumper er der også indregnet et varmelager, der kan bidrage til fleksibilitet.

Kilde: Klimarådet.

Lokale forhold og udvikling i omkostninger vil have en betydning for, hvilket varmeforsyningsscenarie der er samfundsøkonomisk optimalt. Tabel 4.2 viser de varianter af scenarier og følsomheder, som Klimarådet har regnet på i analysen.

Tabel 4.2 Varianter af samfundsøkonomiske scenarier for alternativ varmeforsyning

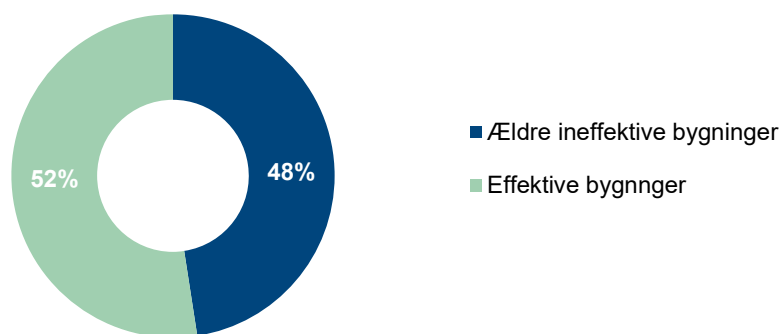
Varianter af scenarier	
Varianter af scenarie 2-4	Forskellige niveauer for fjernvarmetilslutning
Varianter af scenarie 2-4	Ændring i distributionsomkostninger
Varianter af scenarie 4-5	Omfang af radiatoromkostninger
Varianter af scenarie 4	Midlertidige individuelle varmepumper og gradvis fjernvarme efter hhv. fem eller ti år
Varianter af alle scenarier	Alternativ prisudvikling på biomasse og el
Varianter af alle scenarier	Følsomhedsberegninger ift. investeringsomkostninger, drift og vedligehold, diskonteringsrente

Kilde: Klimarådet.

1.000 repræsentative bygninger danner grundlag for beregningerne

De samfundsøkonomiske omkostninger beregnes for et område på 1.000 bygninger. Information om bygningerne stammer fra et datasæt over alle naturgasbygninger, som også danner grundlag for analysen i kapitel 3. Der er tilfældigt udvalgt 1.000 repræsentative bygninger i potentielle fjernvarmeområder fra datasættet. Spredningen i bygningernes alder, gasforbrug og areal er repræsentativt i forhold til hele datasættet, og 96 pct. af bygningerne er parcelhuse, stuehuse og række-, kæde- og dobbelthuse. Et givent naturgasforsynet område, der står over for konvertering væk fra gassen, vil i mange tilfælde også inkludere andre opvarmningskilder, såsom oliefyr, træpillefyr eller varmepumper. De naturgasopvarmede bygninger har et gennemsnitligt varmeforbrug på linje med bygninger med andre opvarmningsformer, som det fremgår af en analyse af Institut for Byggeri, By og Miljø på Aalborg Universitet fra 2021.⁴⁰ De antages derfor at have et varmebehov, der er repræsentativt for andre typer opvarmning. Desuden er der samtidig en væsentlig spredning i varmeforbruget på tværs af bygningerne. I den samfundsøkonomiske analyse er der brugt alder, bygningstype, areal, samlet varmeforbrug og varmeforbrug pr. kvadratmeter.

De 1.000 bygningers naturgasforbrug i 2020 ligger til grund for varmebehovet i bygningerne. Det gennemsnitlige energibehov pr. bygning er 18,2 MWh om året til både opvarmning og varmtvandsforbrug. Ser man på bygningernes varmeforbrug hver især, er der 48 pct. af de 1.000 bygninger i datasættet, der er ældre og ineffektive, som vist i figur 4.1 nedenfor. Det antages, at der er behov for forbedringer i alle ældre, ineffektive bygninger for at kunne benytte lavtemperaturfjernvarme.



Figur 4.1 Fordeling af naturgasopvarmede bygninger inden for potentielt fjernvarmeområde i forhold til deres mulighed for direkte tilslutning til lavtemperaturfjernvarme (energi-efektive bygninger)

Kilde: Vurderingsstyrelsen og Klimarådets beregninger.

Metoden for de samfundsøkonomiske beregninger følger Energistyrelsens vejledning

Klimarådets analyse er lavet i samarbejde med Niras og følger Energistyrelsens vejledning til samfundsøkonomiske beregninger på energiområdet.⁵⁶ Beregningerne følger altså en typisk metode til at beregne samfundsøkonomi i forbindelse med fjernvarmeprojektforslag. De totale omkostninger for alle 1.000 bygninger beregnes over perioden 2023-2043. For investeringsomkostninger beregnes årlige ydelser fordelt over investeringernes levetid. Den årlige ydelse er den samme over hele perioden fra 2023 til 2043, idet det antages, at der reinvesteres, når investeringerne har udtjent deres levetid. De totale omkostninger ved et scenarie opgives som en nutidsværdi i faste 2021-priser. Omkostningerne diskonteres her med en samfundsøkonomisk diskonteringsrente på 3,5 pct.⁵⁷

Brug af teknologikatalog og beregningsforudsætninger sikrer sammenlignelighed på tværs

Grundlaget for beregningerne er Energistyrelsens teknologikatalog og samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger fra 2022.^{58 59} Enkelte omkostninger er baseret på erfaringer og andre kilder. Det fremgår af tabel 4.3. Som nævnt regnes der i faste 2021-priser. Grundet den aktuelle inflation i 2022 kan der være midlertidige prisforskydninger. Derudover vil de absolutte omkostninger være højere i 2022-priser end i 2021-priser. Det er dog stadigvæk muligt at sammenligne på tværs af scenarierne. Kun hvis der er en differentieret inflation, vil inflationen give en bias. Dette kunne ske, hvis enten fjernvarmeudrulningen eller varmepumpeefterspørgslen forceres på tværs af landet.

Tabel 4.3 Centrale antagelser vedrørende investeringsomkostninger

Variabel	Antagelse	Kilde
Omkostninger ved nye radiatorer	I gennemsnit 19.292 kr. pr. ældre ineffektiv bygning og levetid på 25 år. Antager på pba. datasæt, at 48 pct. af bygningerne er ældre og ineffektive.	Energistyrelsens teknologikatalog og andre analyser (se boks 2.2)
Investeringsomkostninger til distribution – 75/40°C	6 mio. kr. for 1.000 bygninger	Erfaringstal fra Niras
Investeringsomkostninger til stikledninger – 75/40°C	40.000 kr. pr. bygning	Erfaringstal fra Niras
Investeringsomkostninger til distribution – 60/30°C	(+12 pct.) 6,7 mio. kr. for 1.000 bygninger	Niras' antagelse
Investeringsomkostninger til stikledninger – 60/30°C	(+12 pct.) 44.800 kr. pr. bygning	Niras' antagelse
Varmelager (8 timer eller 51 MWh)	3,8 mio. kr.	Niras' antagelse og Energistyrelsens teknologikatalog

Anm. 1: Temperaturerne 75/40°C og 60/30°C angiver hhv. fremløbs- og tilbageløbstemperaturerne i fjernvarmenettet.

Virkningsgrad og nettab er de vigtige antagelser i beregningerne

Effektiviteten af varmepumperne og af biomassekedlen er centrale forudsætninger i hvert scenarie og kaldes virkningsgraden. Virkningsgraden er i denne sammenhæng et udtryk for, hvor meget energi der skal bruges på at producere en vis mængde varme. Jo højere virkningsgraden er, des bedre er effektiviteten, hvilket er yderligere beskrevet i kapitel 2. I tabel 4.4 fremgår det, at virkningsgraden er relativt lav for biomassekedlen sammenlignet med varmepumperne. Virkningsgraden for varmepumperne er beregnet på baggrund af Energistyrelsens teknologikatalog ud fra varmebehovet i bygningerne, fremløbstemperaturer i fjernvarmenettene samt deres varmekilde. Af tabellen nedenfor fremgår det, at store varmepumper i lavtemperaturfjernvarmesystemer er mere effektive end både individuelle varmepumper og store varmepumper i højtemperaturfjernvarmesystemer. Dette er en af de vigtigste fordele ved lavtemperaturfjernvarme. En anden fordel er det lave nettab på 12 pct. i lavtemperaturfjernvarmenet sammenlignet med 20 pct. i højtemperaturfjernvarmenet, som vist tabel 4.4.

Samfundsøkonomiske elpriser afhænger af energiforbrug og grad af fleksibilitet

De forventede fremtidige elpriser, der er brugt i analysen, afhænger af, om der er tale om en individuel eller store varmepumper. Der er to forskellige grunde til, at elpriserne er forskellige:

1. **Forskellige tariffer.** For det første er der i Energistyrelsens samfundsøkonomiske priser på el differentieret imellem, hvilke tariffer der betales alt afhængigt af størrelsen på forbruget.⁵⁸ Hvis aftageren af el er en forbruger med en lille individuel varmepumpe, tilskrives en højere elpris, end hvis aftageren er en fjernvarmevirksomhed med store varmepumper. Da de samfundsøkonomiske elpriser inkluderer tariffer, er der som udgangspunkt taget højde for omkostninger ved udbygninger af fjernvarmenet.
2. **Forskellige grader af fleksibilitet.** Den anden grund til forskellige elpriser er, at en aftager af el belønnes for at være fleksibel. Dette gælder for store varmepumper i fjernvarmen, der gennem brug af varmelagre kan flytte forbruget til timer på dagen, hvor elprisen er lav. De store varmepumper tilskrives derfor en lavere elpris end den gennemsnitlige årspris. Der er altså til en vis grad taget højde for fleksibilitet i beregningerne.

Tabel 4.4 Centrale antagelser om virkningsgrader og nettab

Variabel	Antagelse	Kilde
Virkningsgrad for biomassekedel	1,1	Energistyrelsens teknologikatalog
Gennemsnitlig virkningsgrad for individuel varmepumpe	3,0	Energistyrelsens teknologikatalog, Teknologisk Institut og Klimarådets beregninger
Virkningsgrad for stor luft/vand varmepumpe til fjernvarme – 75/40°C	3,1	Energistyrelsens teknologikatalog og Klimarådets beregninger
Virkningsgrad for stor luft/vand varmepumpe til fjernvarme uden overskudsvarme – 60/30°C	4,0	Energistyrelsens teknologikatalog og Klimarådets beregninger
Virkningsgrad for stor luft/vand varmepumpe til fjernvarme med overskudsvarme – 60/30°C	7,1	Energistyrelsens teknologikatalog og Klimarådets beregninger
Nettab i højtemperaturfjernvarmenet	20 pct.	Erfaringstal fra Niras
Nettab i lavtemperaturfjernvarmenet	12 pct.	Erfaringstal fra Niras

Anm.: I tabellen vises den gennemsnitlige virkningsgrad for individuelle varmepumper på tværs af de 1.000 bygninger. For hver bygning i datasættet er det beregnet, hvor stor en individuel varmepumpe der skal til for at sikre en tilstrækkelig høj temperatur i bygningen. Virkningsgraden og investeringsomkostningerne i hver enkel bygning afhænger af varmepumpens størrelse.

Kilde: Se kolonne til højre.

Fjernvarmeselskaberne har dog også andre måder at kunne bidrage til fleksibilitet på end ved brug af varmelagre. Det er nemlig muligt for fjernvarmeselskaber at deltage på balancemarkedet for el med de kollektive varmepumper, hvor de kan belønnes for at ændre ellers planlagt produktion time for time, hvis der er ubalance mellem forbrug og produktion af el i nettet. Denne fleksibilitetsgevinst ved kollektive varmepumper i forhold til individuelle varmepumper er kompleks at sætte en pris på, og er derfor ikke medregnet i de samfundsøkonomiske beregninger her.

Fremtidige energipriser er et eksempel på en forudsætning i beregningerne, der er usikkerhed omkring. I boks 4.1 beskrives denne og andre usikkerheder i de samfundsøkonomiske beregninger.

Boks 4.1 Usikkerheder for den samfundsøkonomisk analyse

De samfundsøkonomiske analyser beror på en række forudsætninger, der har en række usikkerheder. De inkluderer:

- **Energipriser.** Fremskrivning af energipriser er forbundet med usikkerhed. Det er utroligt svært at vurdere, hvordan den fremtidige udvikling kommer til at se ud. Naturgasprisens himmelflugt i 2022 er blot det seneste eksempel på dette. Klimarådet vurderer, at der er særlig usikkerhed om den fremtidige pris på biomasse, fordi der muligvis kommer til at være knaphed på denne begrænsede ressource i fremtiden.
- **Teknologiudvikling.** Den fremtidige teknologiudvikling er usikker og svær at fremskrive. Eksempelvis sker der fremskridt indenfor store varmepumper, der bliver bedre til at levere høje temperaturer, små varmepumper får nye kølemidler, og produktionen kommer op i skala. På den anden side kan knaphed på materialer og arbejdskraft føre til prisstigninger.
- **Bygningsomkostninger.** Det er meget usikkert, hvilke omkostninger der er nødvendige for at gøre bygninger klar til lavtemperaturfjernvarme. I denne rapport er der taget udgangspunkt i udskiftning af radiatorer. Hvor mange radiatorer der skal udskiftes pr. bygning, og hvad andre alternative energiforbedringer i bygningerne ville koste, er behæftet med stor usikkerhed. Omkostningerne til radiatorer udgør et konservativt skøn for omkostninger til energiforbedring i bygningerne, da energirenoveringer som optimering af varmeanlæg, hulmursisolering, udskiftning af vinduer og tag, mv. som udgangspunkt forudsættes at være samfundsøkonomisk rentable over tid.
- **Modelområdet.** Der er regnet på et generisk område på 1.000 bygninger, men der kan være store forskelle fra dette område og så til konkrete naturgasområder.
- **Krydsvirkninger imellem følsomheder.** Klimarådet har regnet på en række følsomheder og deres påvirkning på resultaterne. Men der er ikke regnet på, hvordan flere følsomheder tilsammen påvirker resultaterne. Et konkret projekt vil opleve, at en række følsomheder på samme tid varierer.

Varmepumpekapaciteten for individuelle varmepumper afhænger af varmekonsumet

Energistanden, varmekonsumet og den nødvendige fremløbstemperatur for en bygning afgør, hvor stor en individuel varmepumpe der skal til for at kunne varme bygningen tilstrækkeligt op på kolde dage. En stor, ældre, ineffektiv bygning vil kræve en større varmepumpe end en mindre nybygget bygning. På baggrund af de 1.000 bygningers naturgasforbrug og areal er det derfor beregnet, hvor stor en individuel varmepumpe der skal til i hver enkelt bygning, når naturgasfyret skiftes ud i basissceneriet. Formlen til omregning af gasforbrug til varmepumpekapacitet er leveret af Teknologisk Institut til Klimarådet. Dette er nærmere beskrevet i bilag 1. Ud fra viden om varmepumpekapacitet for hver bygning er de samlede investeringsomkostninger og virkningsgrader beregnet på baggrund teknologikataloget.

Ældre ineffektive bygninger forberedes til lavtemperaturvarme ved udskiftning af radiatorer

Der kan være behov for, at ældre ineffektive bygninger forbedres for at kunne modtage lavtemperaturfjernvarme. Dette er beskrevet i afsnit 2.2. Der er ofte god samfundsøkonomi i energirenoveringer, hvis de foretages i forbindelse med andre renoveringer af bygningerne. Sådanne energirenoveringer tager dog tid, mens radiatorkapaciteten i en bygning ofte kan øges hurtigt og relativt billigt.^{36,37,38} Derfor antages det beregningsteknisk i denne analyse, at de ældre, ineffektive bygninger klargøres til lavtemperaturfjernvarme ved at installere ekstra radiatorkapacitet. Det anvendes som et overkantsskøn for omkostninger til nødvendige bygningstilpasninger for at kunne få lavtemperaturfjernvarme, da nogle effektiviseringstiltag må antages at være billigere set over investeringens levetid, fordi der spares energi. Installation af radiatorer mindsker ikke varmebehovet i den enkelte bygning, men gør det til gengæld muligt at spare energi i hele systemet ved overgang til lavtemperaturfjernvarme.

Det antages, at bygninger opført før 1985 skal have udskiftet et vist antal radiatorer, hvis de skal tilsluttes lavtemperaturfjernvarme. Antallet af nye radiatorer afhænger af bygningens varmeforbrug pr. kvadratmeter. Jo højere forbrug, jo flere radiatorer.

I boks 2.4 i kapitel 2 beskrives analyser af renoveringsbehov i ældre bygninger ved etablering af lavtemperaturfjernvarme. Der er dog ikke fundet videnskabelige casestudier af renoveringsbehovet ved den konkrete implementering af lavtemperaturfjernvarme i et stort antal danske bygninger. I mangel heraf har Klimarådet lavet et groft overkantsskøn af behovet for udskiftning af radiatorer for bygninger opført før 1985 med følgende parametre:

- Bygninger med et areal under 100 kvadratmeter antages at have fem radiatorer.
- Bygninger over 100 kvadratmeter antages at have en ekstra radiator for hver 15 kvadratmeter, som bygningens areal overstiger 100 kvadratmeter.
- Ved nettoenergiforbrug over 85 kWh pr. kvadratmeter udskiftes en andel af bygningens radiatorer svarende til den andel, som nettoenergiforbruget overstiger 85 kWh pr. kvadratmeter.

På baggrund af ovenstående metode, data for de 1.000 bygninger og radiatoromkostninger fra teknologikataloget beregnes en gennemsnitlig investeringsomkostning til udskiftning af radiatorer for ældre, ineffektive bygninger på 19.292 kr. pr. bygning. Metoden er uddybet i bilag 1.

Investeringsomkostningerne ved udnyttelse af overskudsvarme er relativt lave

Investeringsomkostningerne er lavere ved at investere i store varmepumper, der udnytter overskudsvarme, end hvis varmepumpen bruger udeluft. Dette fremgår af Energistyrelsens teknologikatalog og er vist i tabel 4.5 nedenfor. Forklaringen på de lave investeringsomkostninger er, at en varmepumpe, der udnytter overskudsvarme, ofte bliver tilkoblet et allerede eksisterende kølesystem fx i et datacenter. Derfor er det mere simpelt og billigere at investere i en sådan varmepumpe, hvis overskudsvarmekilden ellers ligger tæt på fjernvarmenettet.

I beregningerne er det forudsat, at fjernvarmeselskaberne står for at sætte de store varmepumper op, der hvor der er overskudsvarme til rådighed. Eksempelvis ved et datacenter. Fjernvarmeselskaberne forestår alle investeringer samt drift og vedligehold af anlægget, og virksomheden, der leverer overskudsvarme, får til gengæld en gevinst ved nedkøling. Det forudsættes derfor, at overskudsvarmen er gratis. I praksis findes der forskellige forretningsmodeller for udnyttelse af overskudsvarme.

Tabel 4.5 Omkostninger til investering i store varmepumper i fjernvarmen, der kan forsyne alle 1.000 bygninger

	Investeringsomkostning (2021-priser)	Samlet effekt for anlæg
Store varmepumper i højtemperaturfjernvarme	ca. 46 mio. kr.	6,7 MW
Store varmepumper i lavtemperaturfjernvarme	ca. 45 mio. kr.	6,5 MW
Store varmepumper i lavtemperaturfjernvarme, der udnytter overskudsvarme	ca. 35 mio. kr.	6,5 MW

Anm.: Den nødvendige effekt af varmepumpen er lavere i et lavtemperaturfjernvarmenet. Det skyldes, at varmetabet i fjernvarmenettet er lavere. Se antagelser om nettab i tabel 4.4.

Kilde: Energistyrelsens teknologikatalog og Klimarådets beregninger.

Tabel 4.5 viser derudover, at der er behov for en lavere effekt af anlægget i et lavtemperaturfjernvarmenet. I et lavtemperaturfjernvarmenet er varmetabet i nettet lavere end i et højtemperaturfjernvarmenet. Fordi mindre varme bliver spildt, er der ikke behov for, at varmepumper i et lavtemperatursystem kan levere ligeså meget varme som en, der skal levere til et højtemperaturnet. En mindre varmepumpe med lavere effekt vil være en anelse billigere at investere i, som tabellen viser.

Nogle potentielle gevinster og omkostninger er svære at sætte en pris på

Den samfundsøkonomiske analyse tager ikke højde for alle potentielle gevinster og omkostninger. Det gælder blandt andet gevinsterne ved fleksibilitet i form af balancering af elmarkedet og mulighederne for at skifte til andre energikilder, som er beskrevet nærmere i kapitel 2. Disse effekter er svære at prissætte og er ikke inkluderet her. Derfor er det vigtigt at have disse yderligere fordele og ulemper ved de forskellige varmforsyningsformer i baghovedet, når man ser på resultaterne af den samfundsøkonomiske analyse.

4.2 Resultater af den samfundsøkonomiske analyse

I det følgende præsenteres resultaterne af den samfundsøkonomiske analyse. Analysen viser, hvilke former for varmforsyning der er samfundsøkonomisk optimale på lang sigt. Derudover viser analysen, hvilke lokale forhold og forudsætninger som vil have betydning for, om konkrete projekter er samfundsøkonomisk optimale. Dette gælder fx omkostninger til forbedring af bygningerne, ændringer i energipriser, hvor tæt bygningerne ligger, tilslutningsprocenten i området, og om der er overskudsvarme til rådighed. Den langsigtede, optimale løsning vil måske ikke kunne følge med en forceret udfasning af naturgas på kort sigt. Derfor opstilles også i slutningen af kapitlet nogle illustrative scenarier, hvor fjernvarmeselskaberne i samarbejde med private aktører investerer i individuelle varmepumper på kort sigt, samtidig med at der sker en gradvis udrulning af fjernvarmen.

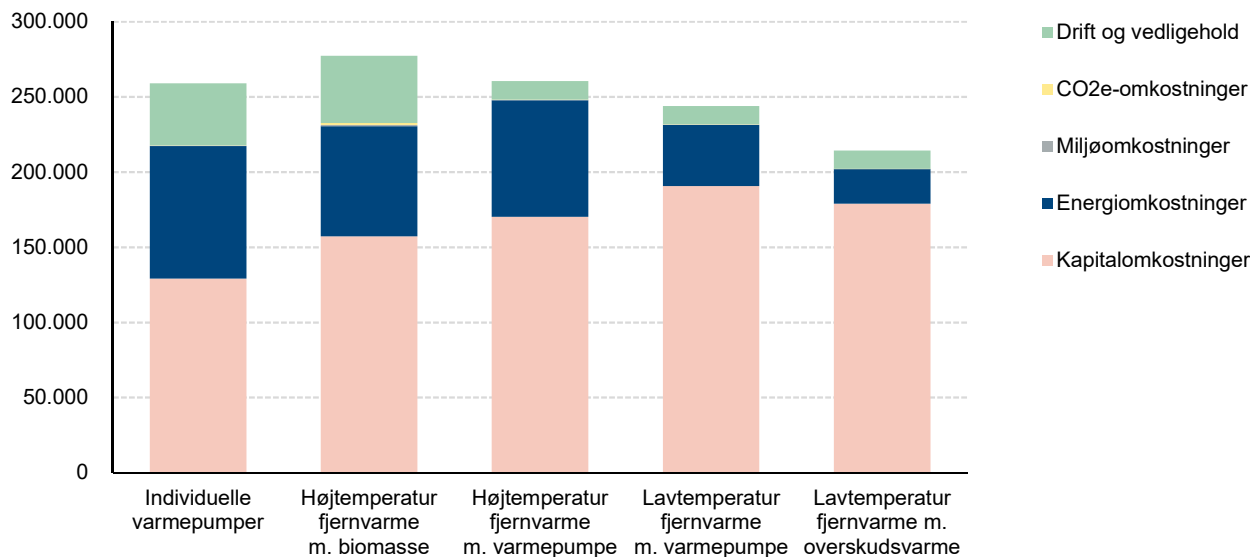
Den langsigtede og samfundsøkonomisk bedste varmforsyning afhænger af lokale forhold

Klimarådets resultater viser, at der ikke er én varmforsyningsform, der altid vil være den samfundsøkonomisk optimale. Af figur 4.2 fremgår det, at omkostningerne spænder mellem ca. 215.000 kr. pr. bygning og ca. 280.000 kr. pr. bygning over hele projektperioden på tværs af scenarierne og givet en tilslutningsprocent på 100 i fjernvarmescenarierne.

Der er ikke én varmforsyningsform, der er *markant* billigere end de andre. Derfor har ændringer i forudsætninger og lokale forhold stor betydning for det samfundsøkonomisk optimale scenarie. På de efterfølgende sider undersøges betydningen af relevante følsomheder. Der er dog tre overordnede konklusioner, som kan drages fra hovedresultaterne i figur 4.2:

- **Højtemperaturfjernvarme baseret på biomasse er den dyreste mulighed.** Det skyldes hovedsageligt høje energiomkostninger til forbrug af biomasse samt høje omkostninger til drift og vedligehold af biomassekedler.
- **Lavtemperaturfjernvarme inklusive forbedringer i bygninger er en samfundsøkonomisk fordelagtig varmforsyning.** Gevinsten er hovedsageligt drevet af et lavt energiforbrug sammenlignet med højtemperaturfjernvarme og individuelle varmepumper samt lave omkostninger til drift og vedligehold af store varmepumper. Dette opvejer omkostningen til energiforbedringer i de 48 pct. ineffektive bygninger.
- **Lavtemperaturfjernvarme med overskudsvarme er særligt en god mulighed.** Der er store besparelser at hente i områder, hvor der er overskudsvarme til rådighed, som kan udnyttes i store varmepumper i fjernvarmenettet. Det øger nemlig effektiviteten og den samfundsøkonomiske gevinst, og det mindsker elforbruget.

1.000 kr. (2021-priser)



Figur 4.2 Totale samfundsøkonomiske omkostninger i varmeforsyningsscenarier

Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043. Det antages, at tilslutningsprocenten til fjernvarmen er 100 pct. i hele perioden.

Anm. 2: CO₂e-omkostninger i højtemperaturfjernvarme m. biomasse-scenariet er fra metan og lattergasudledninger. CO₂-udledningerne fra biomasseafbrænding regnes som 0, idet afbrænding af biomasse bogføres som CO₂-neutralt i Danmarks klimaregnskab. Udledningerne fra metan og lattergas i alle scenarierne værdisættes ud fra Energistyrelsens skøn for omkostninger for CO₂-udledninger uden for kvotesektoren.

Anm. 3: Der er beregnet en afgiftsforvriddningseffekt i alle scenarier. Effekten er meget lille og er derfor ikke afbildet i figuren.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Selvom kapitalomkostningerne er højere for lavtemperaturfjernvarme i forhold til de andre scenarier, er der store besparelser at hente i form af lave energiomkostninger. Der er tre grunde til de lave energiomkostninger i lavtemperaturfjernvarme:

1. For det første er energiforbruget lavere end i de andre scenarier. Det skyldes dels, at varmetabet i fjernvarmenettet er lavere, at varmepumper generelt er mere effektive end biomassekedler, samt at varmepumper er endnu mere effektive, jo mindre de skal hæve temperaturen.
2. For det andet er prisen på el lavere for store forbrugere af el end mindre forbrugere af el, som fx husholdninger med individuelle varmepumper, grundet mindre behov for netudbygninger.
3. For det tredje gør varmelagrene i de elbaserede fjernvarmescenarier det muligt at forskyde forbruget af el til tidspunkter, hvor prisen på el er lav.

Overskudsvarme har de laveste samfundsøkonomiske omkostninger

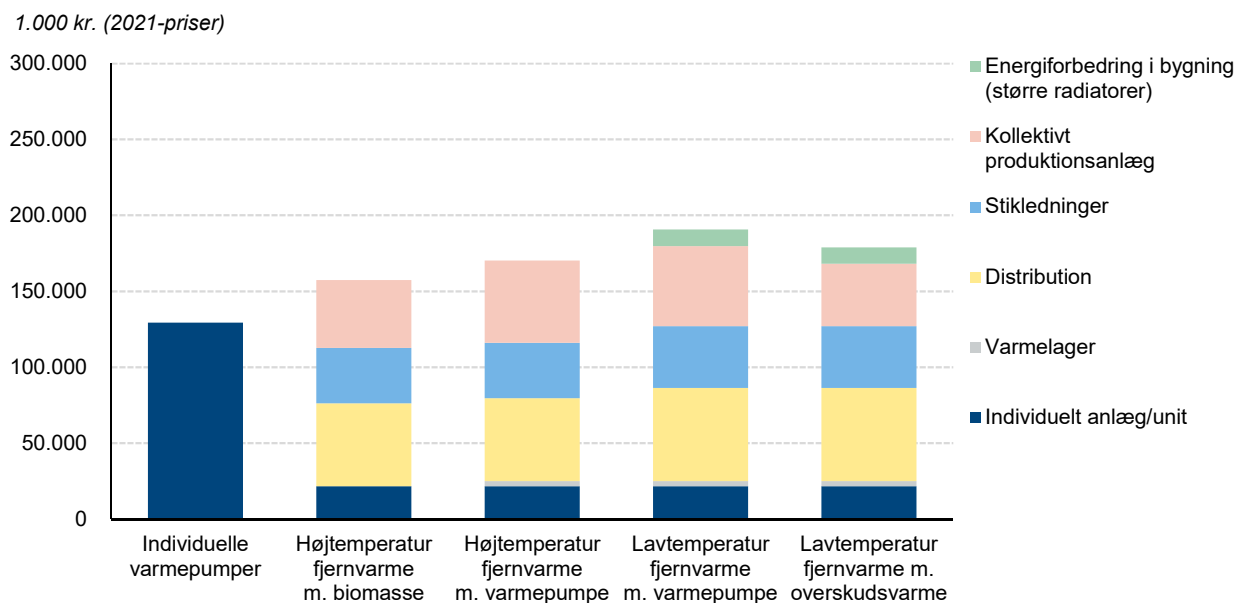
Lavtemperaturfjernvarme er særligt samfundsøkonomisk billigt, hvis der er gode varmekilder i lokalområdet fx overskudsvarme fra datacentre. Det skyldes, at varmepumpen er mere effektiv med overskudsvarme som input og dermed bruger mindre el til at løfte temperaturen til fjernvarmeniveau. Ifølge beregningerne kan der spares ca. 30.000 kr. pr. bygning i et lavtemperaturfjernvarmesystem med overskudsvarme i forhold til et lavtemperaturfjernvarmesystem uden overskudsvarme, og der kan spares ca. 45.000 kr. pr. bygning i forhold til en individuel varmepumpe, se figur 4.2. Det vil sige, at hvis der er overskudsvarme til rådighed i et område, er der store gevinster ved at udnytte denne i et kollektivt varmesystem.

Kollektive fjernvarmesystemer har højere kapitalomkostninger end individuelle varmepumper

Udbygning af fjernvarme kræver store, kollektive investeringer. Størstedelen af kapitalomkostningerne består af investeringer i et kollektivt produktionsanlæg og selve fjernvarmenettet med distribution og stikledninger. Det er vist i figur 4.3 nedenfor. Til sammenligning er kapitalinvesteringen ved individuelle varmepumpe lavere, idet der kun skal investeres i de individuelle anlæg. Forskellen mellem kapitalomkostninger i elbaseret lavtemperatur- og højtemperaturfjernvarme er, 1) at rørene i jorden er 12 pct. dyrere for lavtemperatur på grund af krav om lidt større rør, og 2) at der vil være brug for investering i energiforbedring af nogle af bygningerne. Disse omkostninger opvejes dog af energibesparelsen ved lavere fremløbstemperaturer i fjernvarmen.

Kapitalomkostningerne ved biomassebaseret fjernvarme er lavere end elbaseret fjernvarme. Det skyldes dels, at biomassekedlen er billigere at investere i sammenlignet med store varmepumper, der er baseret på udeluft. En varmepumpe, der udnytter overskudsvarme, kan dog godt konkurrere med en biomassekedel i forhold til investeringsomkostninger. Derudover investeres der også i de elbaserede fjernvarmescenarier i et varmelager, der kan bidrage til fleksibelt elforbrug.

Kapitalomkostninger er en større del af de samfundsøkonomiske omkostninger ved fjernvarme sammenlignet med individuelle varmepumper. Klimarådet har lavet en følsomhedsanalyse af en situation, hvor alle investeringsomkostningerne på tværs af de fem scenarier stiger med 25 pct. I en sådan situation vil der ifølge Klimarådets følsomhedsanalyse ikke være god samfundsøkonomi i fjernvarmen, medmindre det er lavtemperaturfjernvarme, hvor der er overskudsvarme til rådighed. Dette fremgår af bilag 1.



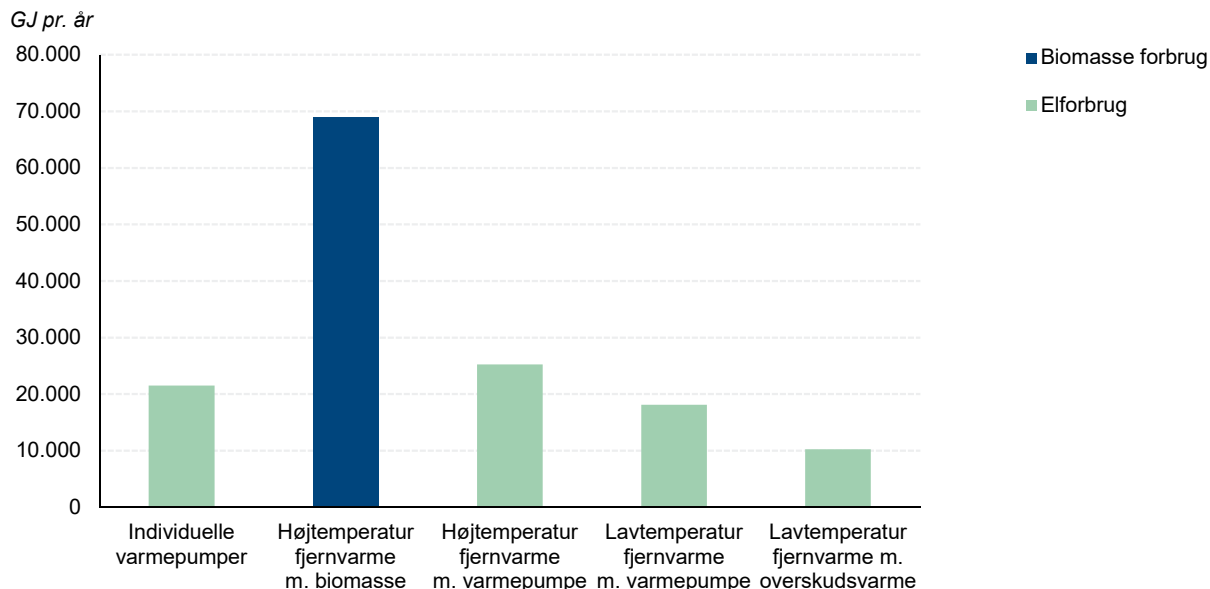
Figur 4.3 Kapitalomkostninger i varmeforsyningsscenarier

Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Varmepumper er langt mere effektive end biomassekedler

Elbaserede varmeforsyningsformer er langt mere effektive pr. energienhed end biomassekedler. Der skal mindst tre gange så mange gigajoule biomasse om året til at udfylde bygningernes varmebehov, end der skal el til i de øvrige scenarier. Det fremgår af figur 4.4 nedenfor. Det skyldes, at virkningsgraden for en biomassekedel kun er 1,1, imens virkningsgraden fx er 3 for en individuel varmepumpe jf. tabel 4.4.



Figur 4.4 Samlet energiforbrug for alle bygninger pr. år over projektperioden 2023-2043.

Kilde: Klimarådets beregninger.

I biomassescenariet er der et årligt energiforbrug på ca. 69.000 GJ for 1.000 bygninger. Hvis man antager, at der i gennemsnit bor 2,5 personer i hver bygning svarer det til et biomasseforbrug på ca. 28 GJ pr. person. Til sammenligning estimerede Klimarådet i dets *Statusrapport 2022*, at hvis biomasseforbruget skal fordeles ligeligt til alle verdens borgere og holde sig under en grænse på 100 EJ, som er estimeret som et muligt globalt bæredygtigt niveau, kan hver verdensborger kun forbruge 10 GJ.

Figur 4.4 illustrerer også, at elbaserede løsninger kan spare energi ved at overgå til lavtemperaturvarme. Dette skyldes hovedsageligt, at virkningsgraden af varmepumpen stiger, når den skal levere en lavere temperatur til fjernvarmenettet som vist i figur 2.3 i kapitel 2.

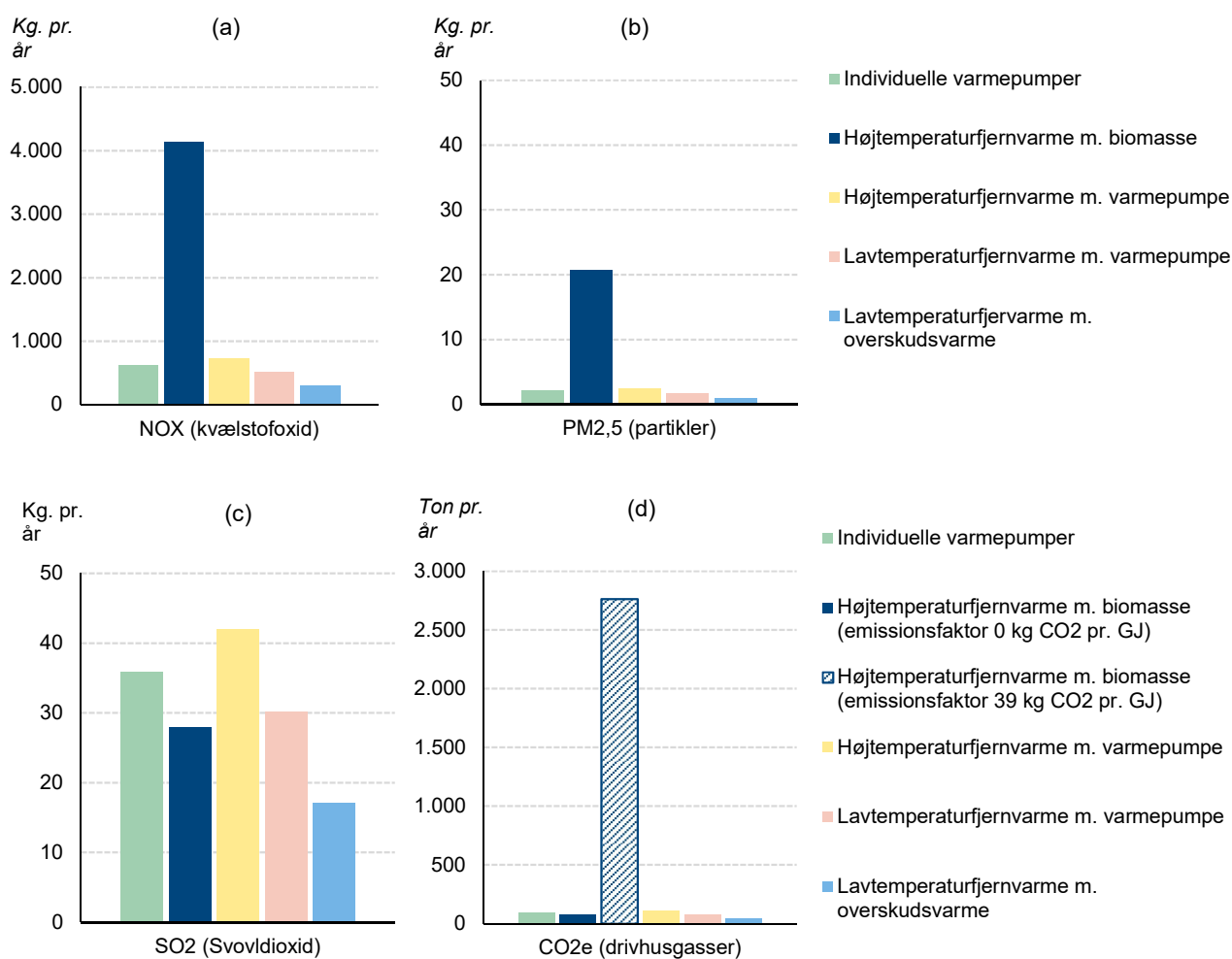
Miljøpåvirkninger og globale udledninger er højest fra biomassebaseret fjernvarme

Sammenlignet med elbaserede varmeforsynings-scenarier er afbrænding af biomasse mest skadelig for miljøet og for klimaet. Figur 4.5 (a) og (b) viser, at biomassebaseret fjernvarme fører til langt højere udledninger af NO_x og partikelforurening end de elbaserede varmeforsynings-scenarier. Udledningerne af svovldioxid er dog i sammenligning med biomassebaseret fjernvarme en anelse højere i de to elbaserede scenarier, hvor forbruget af el er højest, nemlig i scenariet med individuelle varmepumper og elbaseret højtemperaturfjernvarme. Det er vist i figur 4.5 (c).

Drivhusgasudledningerne er relativt lave i alle scenarierne, som det fremgår i figur 4.5 (d). Det skyldes for de elbaserede scenarier, at den gennemsnitlige emissionsfaktor for el falder over tid i de samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, i takt med at produktionen af el bliver mere baseret på vedvarende energi. Og i biomassescenariet skyldes den lave udledning, at afbrænding af biomasse bogføres som CO₂-neutral i Danmarks klimaregnskab. Afbrænding af biomasse fører dog ifølge Energistyrelsens teknologikatalog til udledninger af drivhusgasserne metan og lattergas, hvilket forklarer, hvorfor den mørkeblå søjle i figuren til højre ikke er lig 0.

Klimarådet har tidligere peget på, at biomasse ikke med sikkerhed kan regnes for at være CO₂-neutral i klimaregnskabet. Det skyldes den tidsforskydning, der er fra CO₂-udledningen ved afbrænding af træet, indtil

CO₂'en alternativt ville være udledt ved naturlig forrådnelse eller ved optaget i nye træer, der var plantet i stedet. Ny biomassebaseret fjernvarme vil i sagens natur føre til et øget forbrug af biomasse i Danmark. Det nuværende forbrug af biomasse i Danmark er allerede meget højt, og biomasse er en knap ressource. Derfor kan det med rimelighed forventes, at den ekstra biomasse til ny fjernvarme er importeret. I *Kommentering af Global Afrapportering 2022* har Klimarådet estimeret en mulig global emissionsfaktor på 39 kg CO₂ pr. GJ på importeret biomasse, som beskrevet i boks 2.2 i kapitel 2. Som et beregningseksempel kan denne emissionsfaktor lægges til grund i en følsomhedsberegning af scenariet med biomassebaseret fjernvarme. Ved brug af den globale emissionsfaktor vil de globale udledninger ved biomassebaseret fjernvarme være ca. 2.800 ton CO₂e om året for de 1.000 bygninger tilsammen. Dette er vist i figur 4.5 (d). Drivhusgasudledningerne er til sammenligning kun 96 ton CO₂e om året for alle bygningerne i scenariet med individuelle varmepumper. Det er dog en usikker faktor, som også medtager visse udledninger i udlandet, hvilket varmepumpeeksemplet ikke gør. Derfor er de ikke fuldt sammenlignelige.



Figur 4.5 Gennemsnitlige årlige miljørelaterede udledninger og drivhusgasudledninger i hvert scenarie med og uden en CO₂-emissionsfaktor på biomasse for 1.000 bygninger

Anm. 1: Udledningerne i de elbaserede scenarier er baseret på Energistyrelsens forventede udvikling i de årlige udledninger fra forbrug af el.

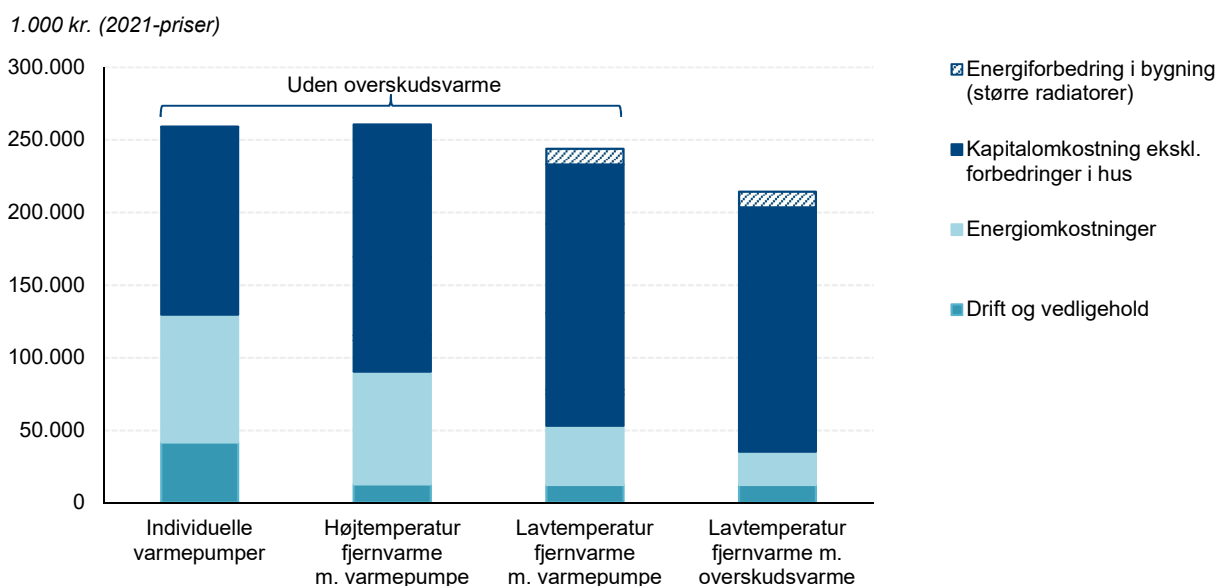
Anm. 2: Udledningerne i biomassescenariet er baseret på 2020-niveauet i Energistyrelsens teknologikatalog. CO₂-udledningerne i højtemperaturfjernvarme med biomasse er metan og lattergasudledninger. CO₂-udledningerne fra biomasseafbrænding regnes som 0, idet afbrænding af biomasse bogføres som CO₂-neutral i Danmarks klimaregnskab. Der omregnes til CO₂e ved at multiplicere metanudledningerne med 28 og lattergasudledningerne med 265.

Kilde: Klimarådets beregninger.

4.3 Varianter og følsomheder af samfundsøkonomiske scenarier

Lavtemperaturfjernvarme afhænger af omfanget af investeringer i bygningerne

Selvom der ikke er en god overskudsvarmekilde til rådighed, kan der være en gevinst ved at overgå til lavtemperaturfjernvarme. Den samfundsøkonomiske gevinst afhænger dog af, hvor store omkostningerne til energiforbedringer i bygningerne er. Omkostningerne til energiforbedringer er illustreret ved den skraverede søjle i figur 4.6. Omkostningen til udskiftning af radiatorer er estimeret til ca. 19.000 kr. pr. ældre ineffektiv bygning i gennemsnit. Dette er et overkantsskøn, og omkostningerne til forbedringer i bygningerne kan reelt være mindre end antaget i analysen. Hvis omkostningerne er lave, vil lavtemperaturfjernvarme med store varmepumper med overvejende sandsynlighed være den mest optimale opvarmningsform fra et samfundsøkonomisk perspektiv. Men hvis omkostningerne til forbedringer af bygningerne er høje, og der ikke er overskudsvarme til rådighed, vil der være en mindre gevinst ved at overgå til lavtemperaturfjernvarme i forhold til elbaseret højtemperaturfjernvarme og individuelle varmepumper. Det vil dog stadigvæk være samfundsøkonomisk billigst at overgå til lavtemperaturvarme.



Figur 4.6 Totale samfundsøkonomiske omkostninger i elbaserede scenarier med illustration af betydningen af omkostninger til forbedring i bygningerne

Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043.

Anm. 2: I det centrale skøn er det antaget, at radiatoromkostningerne i gennemsnit er ca. 19.000 kr. pr. bygning.

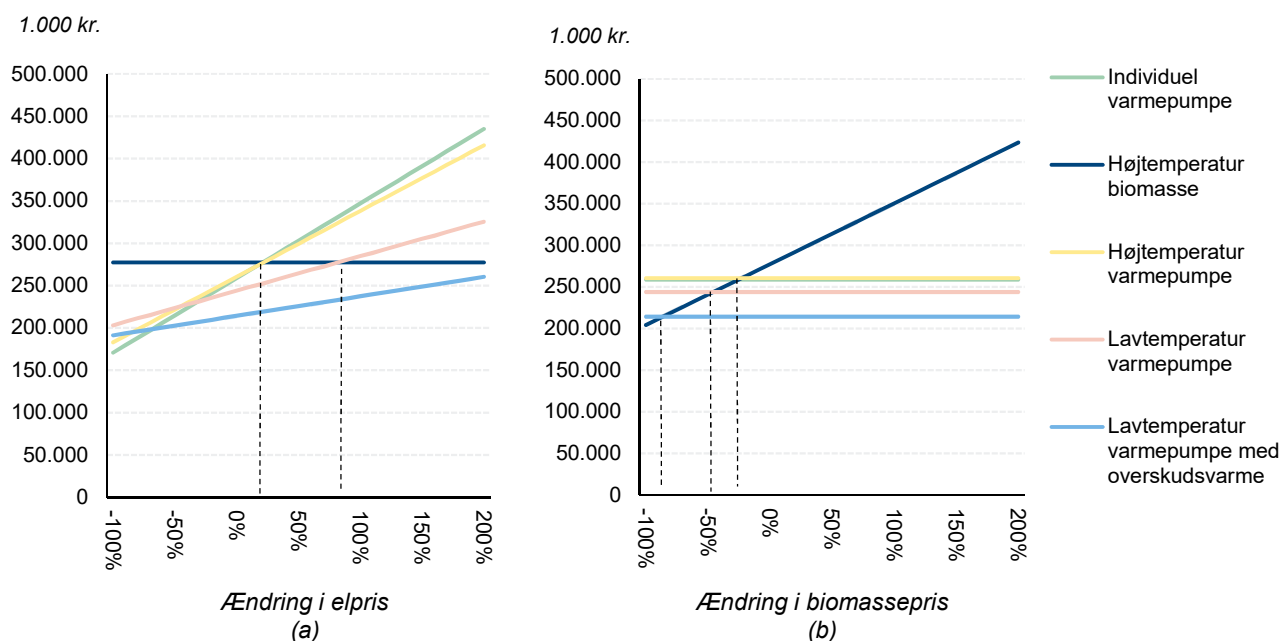
Kilde: Klimarådets beregninger.

Lavtemperaturfjernvarme er mindst påvirket af ændringer i energipriser

Ændringer i energipriser vil have betydning for omkostningerne i alle scenarierne. Lavtemperaturfjernvarme er mindst følsom for ændringer i elprisen, som vist i figur 4.7 (a). Det skyldes, at energiforbruget er mindre end i de andre scenarier. Det vil sige, at hvis prisen på el stiger, vil omkostningen ved lavtemperaturfjernvarme stige relativt mindre end omkostningen ved individuelle varmepumper. Dermed vil varmeforsyningsscenarier med lavt energiforbrug blive relativt mere fordelagtige. Figur 4.7 (a) viser derudover, at selv hvis elprisen stiger med 200 pct. og biomasseprisen er uændret, da vil lavtemperaturfjernvarme med overskudsvarme fortsat være samfundsøkonomisk billigere end biomassebaseret fjernvarme. Hvis der ikke er overskudsvarme til rådighed, vil biomassebaseret fjernvarme dog blive billigere end lavtemperaturfjernvarme, hvis elprisen stiger med mere end 80 pct., imens biomasseprisen er uændret.

Figur 4,7 (b) viser en situation, hvor prisen på biomasse ændres, imens elprisen er uændret. Figuren viser, at kun i en situation hvor biomasseprisen falder med mere end 20 pct. kan biomassebaseret fjernvarme konkurrere med de

andre scenarier. Men idet biomasse er en knap ressource, vil det være mere sandsynligt, at prisen på biomasse kommer til at stige i fremtiden. Desuden vurderes det sandsynligt, at el og biomasseprisen følger hinanden i et vist omfang. Omkostningen ved biomassebaseret fjernvarme er meget følsom overfor ændringer i priserne, idet energiomkostningen er en relativt stor del af den samlede omkostning. Det gør, at en stigning i biomasseprisen relativt til elprisen vil betyde, at biomassebaseret fjernvarme bliver en langt dyrere varmforsyning sammenlignet med elbaseret varme.



Figur 4.7 Totale samfundsøkonomiske omkostninger ved relative ændringer i hhv. el- og biomassepris

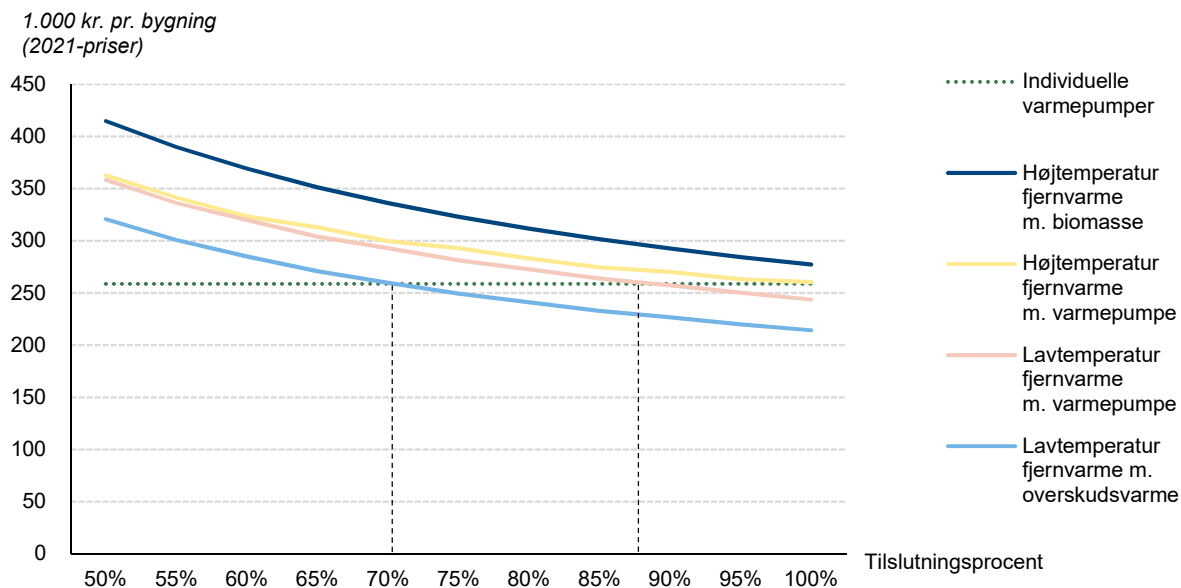
Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Fjernvarme afhænger af høj tilslutning

Tilslutningsprocenten har stor betydning for de samfundsøkonomiske omkostninger ved fjernvarme sammenlignet med individuelle varmepumper. Omkostningerne til det fælles distributionsnet er mere eller mindre faste, uafhængigt af hvor mange der tilslutter sig. Derfor falder omkostningerne pr. bygning, når tilslutningsprocenten stiger. Og derfor er der brug for høj tilslutning til fjernvarmen. Omkostningen pr. bygning ved individuelle varmepumper er omvendt den samme uanset antallet af bygninger. Det er i grundscenariet antaget, at der er 100 pct. tilslutning i fjernvarmeområderne. I virkelighedens verden vil man dog ikke forvente 100 pct. tilslutning med det samme. Tilslutningsprocenten i gamle, centrale fjernvarmeområder ligger mange steder over 95 pct. I nye projekter vil den ofte starte lavt og i løbet af en årrække komme op, i takt med at der tilsluttes bygninger. 75 pct. tilslutning vil ofte være en nedre grænse for forventet tilslutning efter ti år.⁶⁰

Ifølge Klimarådets analyse vil individuelle varmepumper være samfundsøkonomisk mere fordelagtige end lavtemperaturfjernvarme uden overskudsvarme, med mindre tilslutningsprocenten kommer over 90 pct. Det er vist i figur 4.8 nedenfor. Her skal det bemærkes, at der i beregningen antages den samme gennemsnitlige tilslutningsprocent over hele perioden. I realiteten vil den starte lavt og stige over tid. Det indikerer, at en tilslutningsprocent på under 90 pct. kan sikre tilstrækkeligt lave samfundsøkonomiske omkostninger, hvis tilslutningen efterfølgende stiger over tid, hvilket typisk vil være tilfældet i fjernvarmeprojekter. Hvis der derimod er overskudsvarme til rådighed, vil lavtemperaturfjernvarme med en tilslutningsprocent på ned til 70 pct. stadig være samfundsøkonomisk billigst.



Figur 4.8 Samfundsøkonomiske omkostninger pr. bygning i scenarierne med forskellige tilslutningsprocenter i området

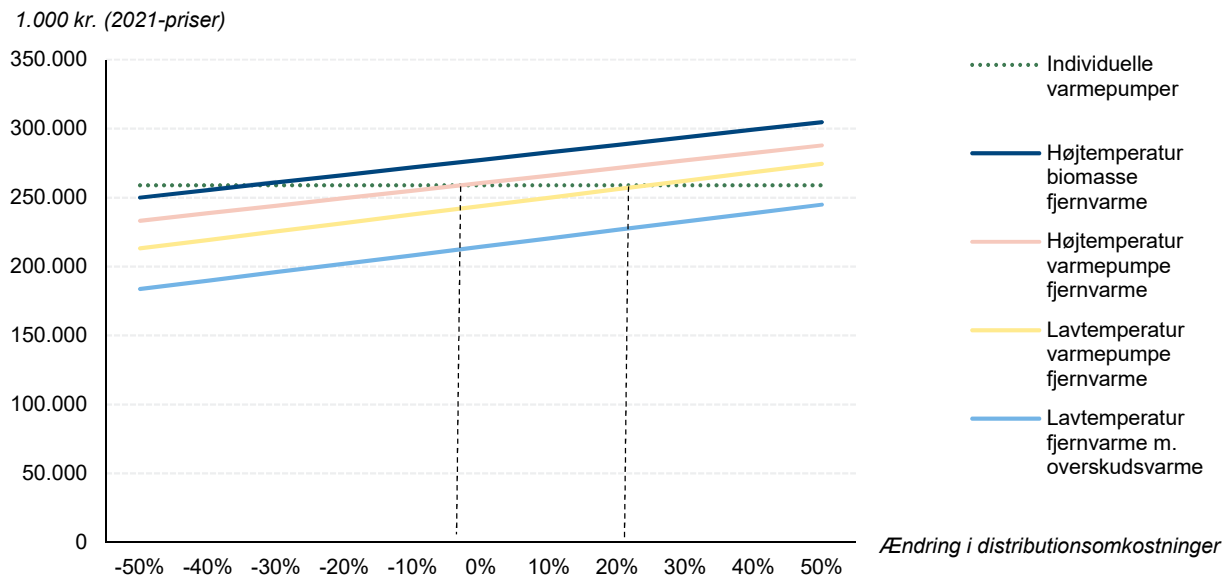
Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger pr. bygning over perioden 2023-2043.

Anm. 2: Det antages, at tilslutningsprocenten er uændret over perioden. Det betyder, at beregningen antager en given tilslutningsprocent på fx 90 pct. gennem hele perioden og altså ikke stigende op mod 100 pct. Det indikerer, at en given tilslutningsprocent på under fx 90 pct. kan blive tilstrækkelig billig samfundsøkonomisk, hvis tilslutningen efterfølgende stiger over tid, hvilket typisk vil være tilfældet i fjernvarmeprojekter.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Fjernvarme er mere fordelagtig, når bygningerne ligger tæt

Mindre afstand mellem bygningerne mindsker omkostningerne til distribution af varme i fjernvarmenettet. Lokale forhold vil betyde, at der vil være nogle områder, hvor afstanden mellem bygningerne – eller forbrugertætheden, som det kaldes – vil være højere eller lavere end i datasættet for de 1.000 bygninger. For at undersøge, hvad dette vil betyde for resultaterne, beregnes de samfundsøkonomiske omkostninger ved 50 pct. højere eller lavere distributionsomkostninger. I realiteten vil mange områder med høj forbrugertæthed allerede have fjernvarme i dag. Figur 4.9 viser, at lavere distributionsomkostninger vil øge fjernvarmens konkurrencekraft i forhold til individuelle varmepumper. Lavtemperaturfjernvarme med overskudsvarme vil fortsat være den billigste mulighed, selvom distributionsomkostningerne stiger med 50 pct. Men hvis der ikke er overskudsvarme til rådighed, vil lavtemperaturfjernvarme blive dyrere end individuelle varmepumper, hvis distributionsomkostningerne stiger med mere end 23 pct. Lavere distributionsomkostninger vil omvendt gøre fjernvarmen mere samfundsøkonomisk fordelagtig. Hvis distributionsomkostningerne falder med 5 pct. eller mere vil elbaseret højtemperaturfjernvarme være billigere end individuelle varmepumper.



Figur 4.9 Totale samfundsøkonomiske omkostninger ved ændringer i distributionsomkostninger

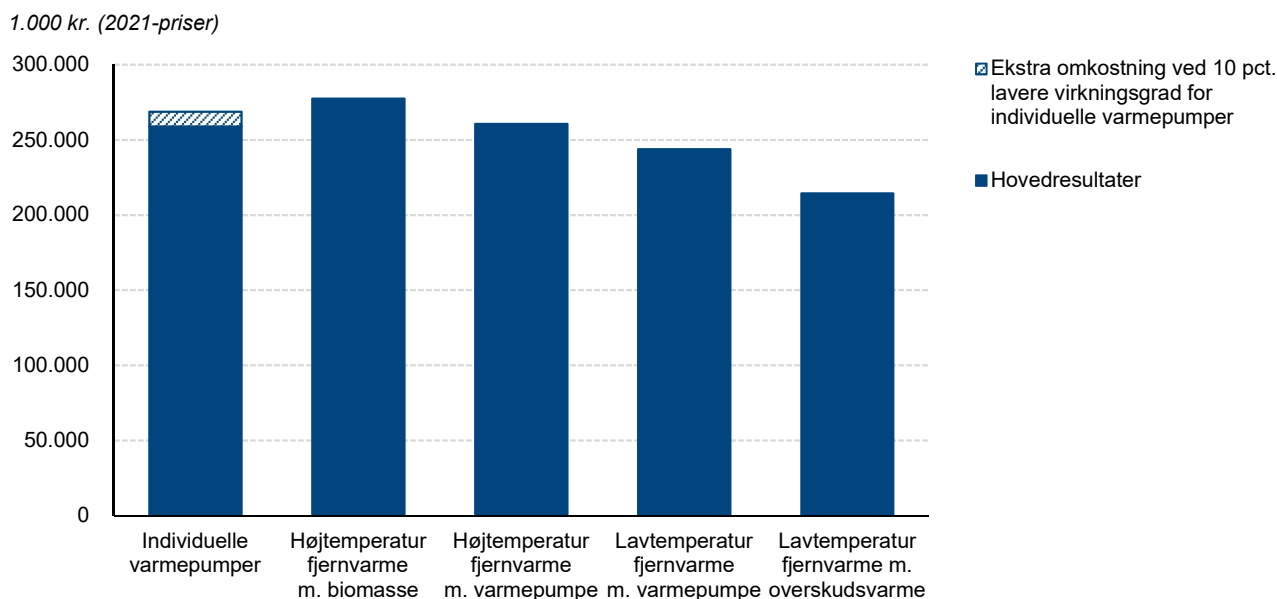
Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Forkert indstillede individuelle varmepumper kan føre til et højere elforbrug

Hvis en varmepumpe ikke er indstillet korrekt vil den være mindre effektiv og dermed bruge mere energi end nødvendigt. Det vil sige, at den vil køre med en lavere virkningsgrad, end hvad der er optimalt for den enkelte varmepumpe. Teknologisk Institut har undersøgt kvaliteten af varmepumpeinstallationer i danske enfamiliehuse for Energistyrelsen i en rapport fra 2021.⁶¹ Undersøgelsen viser, at der var fejl i 25 pct. af varmepumpeinstallationerne. En stor del af disse fejl var relateret til indregulering af varmefordelingsanlægget. Derfor er det relevant i denne samfundsøkonomiske analyse at undersøge, hvad en lavere effektivitet af de individuelle varmepumper vil betyde for omkostningerne herved.

I denne analyse er den gennemsnitlige virkningsgrad 3 på tværs af de individuelle varmepumper. I en situation hvor hver enkelt individuel varmepumpe er 10 pct. mindre effektiv end hidtil antaget, vil den gennemsnitlige virkningsgrad være ca. 2,7. Dette stemmer nogenlunde overens med det nedre spænd af gennemsnitlige virkningsgrader observeret i Teknologisk Instituts undersøgelse. Figur 4.10 nedenfor viser, at de samfundsøkonomiske omkostninger stiger med næsten 10.000 kroner pr. bygning, der har en individuel varmepumpe, når effektiviteten af varmepumpen falder med 10 pct. over hele projektperioden. Stigningen i omkostningen skyldes 11 pct. højere energiomkostninger, når elforbruget stiger. En 10 pct. lavere effektivitet betyder samme procentmæssige stigning i elforbruget, hvilket alt andet lige fører til ekstra brug af elnet og højere spidsbelastning.



Figur 4.10 Totale samfundsøkonomiske omkostninger ved mindre effektive individuelle varmepumper

Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Midlertidige individuelle varmepumper på kort sigt kan samtænkes med fjernvarme på lang sigt

Individuelle varmepumper kan i de fleste tilfælde sættes op hurtigere end fjernvarmen, som beskrevet i kapitel 2. I områder, hvor der er lang udsigt til fjernvarme, kan en investering i en individuel varmepumpe være en måde at få udfaset naturgasfyret hurtigt. Hvis et betydeligt antal af bygninger i et område gør dette, vil det betyde, at tilslutningsprocenten til fjernvarmen falder, hvilket vil udhule økonomien i fjernvarmeprojekterne.

Klimarådet har lavet et beregningseksempel, hvor de samfundsøkonomiske omkostninger beregnes for en situation, hvor et fjernvarmeselskab i samarbejde med varmepumpeinstallatører får mulighed for at investere i midlertidige individuelle varmepumper i bygninger, der skal af med gasfyret. Disse varmepumper vil i eksemplet blive udskiftet, i takt med at fjernvarmen gradvist udrulles efter henholdsvis fem eller ti år. Det skal bemærkes, at beregningseksemplet er teoretisk, og at det formentlig vil kræve regelændringer for at blive realiseret.

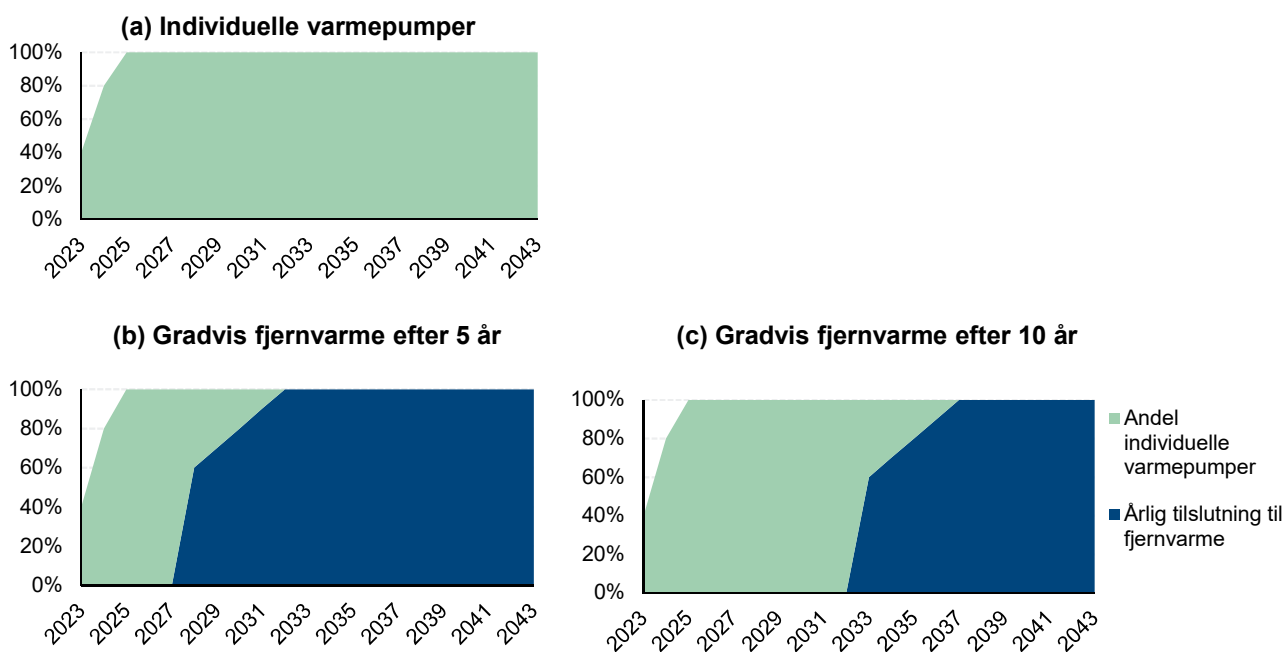
Hvis fjernvarmeselskaberne får mulighed for at investere i midlertidige varmepumper, vil det være med til at sikre en høj tilslutning til fjernvarmen på sigt. Samtidig vil det være en hjælp for husstande med gasfyret, der ikke har mulighed for en stor engangsinvestering i en individuel varmepumpe. Der er dog også andre muligheder for at slippe af med gasfyret på kort sigt. Det er nemlig muligt at få en varmepumpe på abonnement gennem private selskaber. Derudover er der indført en række initiativer, som kan lette finansieringen af omstillingsprocessen for individuelle gaskunder. Dette er nærmere beskrevet i kapitel 2.

Referencescenarie med individuelle varmepumper

Der vil i praksis ikke være nok individuelle varmepumper på markedet eller nok installatører til, at alle naturgasejere kan udskifte deres fyr samtidigt. Derfor antages det i alle tre scenarier, at der i løbet af de første tre år sker en gradvis indfasning af individuelle varmepumper med 40 pct. i hvert af de to første år og 20 pct. det sidste. Dette er en hurtigere indfasning end antaget muligt for hele samfundet i kapitel 2, idet fjernvarmeselskabet og private aktører koordinerer opsætningen af varmepumper for de 1.000 bygninger. Det skal dog pointeres, at det er et overordnet regneeksempel. I referencescenariet beholder alle bygningsejere den individuelle varmepumpe, indtil levetiden er udtjent efter 16 år. Herefter reinvesteres i en ny individuel varmepumpe. Nedtagningsomkostninger er ikke medregnet i nogen de tre scenarier, idet det antages, at nedtagning kan ske forbindelse med enten installation af en ny varmepumpe eller af fjernvarme. Referencescenariet er illustreret i figur 4.11 a).

To fjernvarmescenarier med gradvis udrulning

I beregningerne er der to gradvise udrulningsscenarier for fjernvarmen, som er illustreret i figur 4.11 b) og c). I begge scenarier investeres i en individuel varmepumpe som i referencescenariet, men efter henholdsvis fem eller ti år sker der en gradvis udrulning af fjernvarmen, hvor de individuelle varmepumper bliver udskiftet gradvist. De individuelle varmepumper bliver altså udskiftet, inden de har udtjent deres 16-årige levetid. Derfor vil der være nogle installationsomkostninger, som går til spilde. I fjernvarmescenarierne antages en tilslutning på 60 pct. det første år og at denne stiger med 10 procentpoint om året, indtil tilslutningen er 100 pct. efter fire år. Det antages, at de bygningsejere, der først har investeret i en individuel varmepumpe, også er dem, der først får fjernvarme, når den gradvist udrulles.



Figur 4.11 Illustrative scenarier for gradvis udrulning af individuelle varmepumper og fjernvarme

Anm. 1: Procenterne angiver andelen af de 1.000 bygninger, der enten får fjernvarme eller individuelle varmepumper.

Kilde: Klimarådets beregninger.

Metode til beregning af investeringsomkostninger

I scenarierne opdeles de samlede investeringsomkostninger for individuelle varmepumper i henholdsvis installationsomkostninger og investeringsomkostninger fra teknologikataloget. Eftersom den individuelle varmepumpe afskaffes inden levetiden er udtjent, antages det, at det er muligt at sælge selve varmepumpen videre og få en scrapværdi for den, som det anbefales i Energistyrelsens vejledning. Installationsomkostningen vil derimod være tabt, og den årlige ydelse af denne del af investeringen vil derfor være højere, jo tidligere varmepumpen udskiftes.

Lavtemperaturfjernvarme uden overskudsvarme

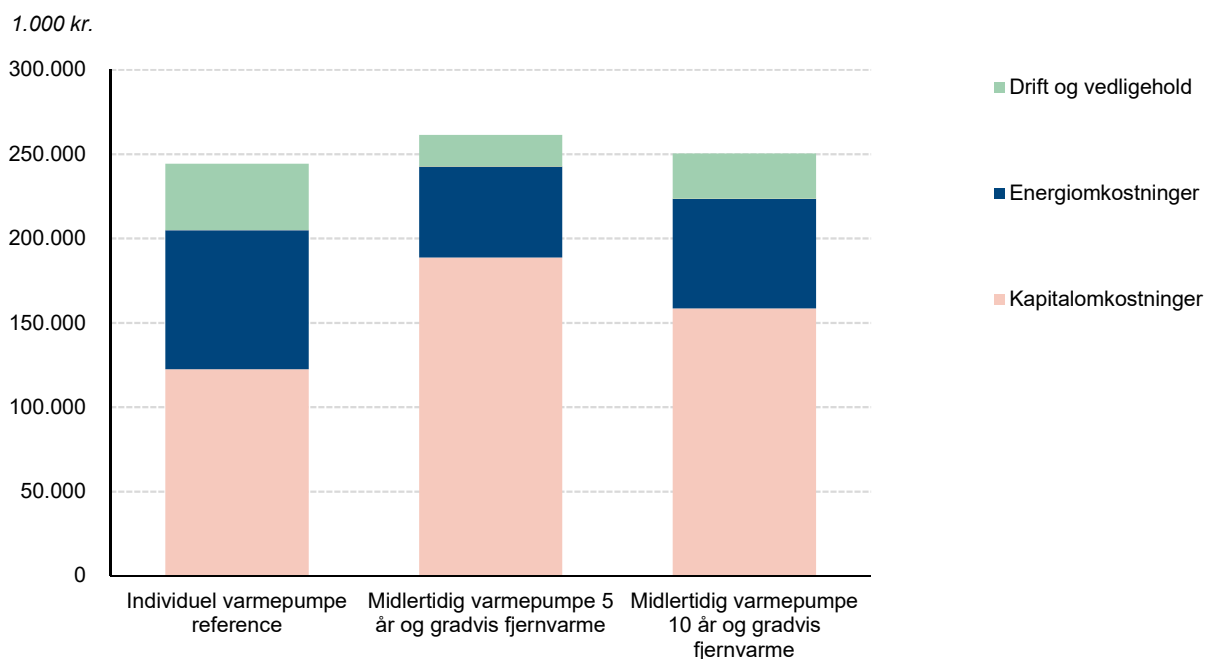
I scenarierne med gradvis udrulning tages der udgangspunkt i lavtemperaturfjernvarme med en varmepumpe uden overskudsvarme. Grundet teknologiudvikling vil investeringsomkostningerne være lavere, og virkningsgraderne være højere efter henholdsvis fem og ti år. Der er taget udgangspunkt i teknologikatalogets tal for dette. Det forventes derudover, at der over tid er foretaget energirenoveringer i bygningerne. Derfor antages det, at det kun er 50 pct. af de ældre ineffektive bygninger, der skal have nye radiatorer for at være klar til lavtemperaturfjernvarme efter fem år og kun 25 pct. efter ti år.

Resultater fra analyse af midlertidige varmepumper og gradvis fjernvarme

Gradvis udrulning af fjernvarme sparer energi, men medfører også tabte installationsomkostninger. De samfundsøkonomiske omkostninger er omtrent de samme i en situation, hvor de individuelle varmepumper

udskiftes med fjernvarme efter ti år, som hvis der blot fortsættes med individuelle varmepumper. Det viser resultaterne i figur 4.12. Hvis fjernvarmen udrulles efter fem år, er der en energibesparelse ved hurtigere overgang til lavtemperaturfjernvarme. Sparede energiomkostninger kan dog ikke opveje den tabte installationsomkostning, hvis varmepumpen allerede udskiftes efter fem år, som det fremgår af de høje kapitalomkostninger i figuren. En mindre del af installationsomkostningen går derimod tabt, hvis fjernvarmen først udrulles efter ti år. I det scenarie er der også en energibesparelse, i forhold til en situation hvor fjernvarmen ikke udrulles.

Gevinsten ved midlertidige varmepumper vil afhænge af lokale forhold. Omkostningerne ved scenarierne i figur 4.12 ligger meget tæt. Derfor vil det være lokale forhold, der afgør, om midlertidige varmepumper er en god idé fra et samfundsøkonomisk perspektiv. Højere forbrugertæthed vil eksempelvis mindske omkostningerne til distributionsnettet i fjernvarmen. Standen af bygningerne vil derudover også have betydning for, hvor mange investeringer der skal til i bygningerne for at kunne modtage lavtemperaturvarme. Derudover vil det særligt have en stor betydning, om der er adgang til overskudsvarme i området. Klimarådets analyse viser nemlig, at der er relativt store samfundsøkonomiske gevinster at hente ved at udnytte overskudsvarme i fjernvarmen, som vist i figur 4.2.



Figur 4.12 Totale samfundsøkonomiske omkostninger i scenarie med gradvis udrulning

Anm. 1: Figuren viser nutidsværdien af de totale omkostninger for alle bygninger over perioden 2023-2043.

Kilde: Klimarådets beregninger.

5 Barrierer for og anbefalinger til en samfundsøkonomisk optimal udfasning af naturgas

Det er givet, at vi skal udfase naturgas til opvarmning af vores bygninger hurtigst muligt. Men hvordan gør vi det klogest? Og hvilke barrierer kan vi støde på i vores omstilling? Klimarådet har identificeret en række barrierer for en effektiv og samfundsøkonomisk optimal omstilling væk fra naturgas – en omstilling, som både skal løse et ønske om hurtigst muligt at blive uafhængig af opvarmning med naturgas, og som skal pege frem mod den mest optimale løsning på lang sigt. Derudover skal omstillingen tage højde for klimalovens guidende principper, hvor principper som Danmark som foregangsland, omkostningseffektivitet, sammenhængskraft, beskæftigelse og dansk erhvervsliv samt den langsigtede grønne omstilling er særlig relevante i forbindelse med denne analyse. De guidende principper med relevans for denne analyse er opsummeret i boks 5.1.

Klimarådet har identificeret en række barrierer

I omstillingen væk fra naturgas vil man nødvendigvis støde på en række barrierer. Klimarådet har identificeret disse barrierer ud fra resultaterne af analyserne i kapitel 3 og 4 og ud fra interviews med en række interessenter, herunder kommuner, fjernvarmeselskaber, forskere, myndigheder og eksperter, der arbejder med naturgasudfasningen. Bagerst i udgivelsen findes en liste over aktører, som Klimarådet har været i kontakt med.

De identificerede barrierer er:

- Biomasse er en knap ressource og kan opfattes som klimaneutral, selvom det ikke altid er tilfældet
- Det er svært at sikre høj nok tilslutning til fjernvarmeprojekter med lang implementeringstid
- Hurtig opsætning af individuelle varmepumper tænkes ikke sammen med fjernvarme på lang sigt
- Ineffektive bygninger er potentielt en barriere for lavtemperaturfjernvarme
- Der er mangel på erfarne folk og knaphed på materialer

I dette kapitel vil de enkelte barrierer blive gennemgået og fulgt op af Klimarådets anbefalinger til håndtering. Anbefalingerne vil også blive begrundet af udvalgte guidende principper. Det skal understreges, at Klimarådets samfundsøkonomiske analyse er baseret på et gennemsnitligt område, hvor der i dag fyres med naturgas, og hvor forbrugertætheden er over 10 kWh pr. kvadratmeter, hvilket er analysens kriterie for et muligt nyt fjernvarmeområde. Klimarådet har lavet en række følsomhedsberegninger, som styrker rådets konklusioner, men der kan være visse lokale forhold, der kan variere fra analysens gennemsnitsbetragtninger.

Biomasse er en knap ressource og kan opfattes som klimaneutral, selvom det ikke altid er tilfældet

Fjernvarmen er i høj grad forsynet med biomasse, og udvidelser af eksisterende fjernvarmeområder vil derfor ofte føre til øget biomasseforbrug. Klimarådets analyse har vist, at elbaserede varmepumper i lavtemperaturfjernvarmenet er samfundsøkonomisk billigere end biomasse og langt mere energieffektive. Elbaseret fjernvarme bør derfor prioriteres både ved udvidelser af eksisterende fjernvarmeforsyning og ved etableringer af nye områder.

Der bliver dog stadig etableret biomassekedler i dag. Nogle steder kan det give mening, fx hvis der er adgang til lokal, billig biomasse, der ikke kan bruges til andre formål. Biomassekedler kan også blive etableret i samspil med anden varmeproduktionskapacitet, eller fordi der er krav om høje temperaturer i fjernvarmenettene. Lokal, billig biomasse kan være fornuftigt at bruge, hvis der ikke findes alternativ anvendelse af biomassen, men fjernvarmeselskaber bør dels undersøge elbaseret produktion og dels arbejde på at sænke temperaturerne i fjernvarmenettet i stedet for at etablere ny kapacitet til høje temperaturer.

Biomasse, der lever op til bæredygtighedskravene, kan blive opfattet som klimaneutral, selvom det ikke altid er tilfældet. Det skyldes de tidsmæssige forskydninger i optaget og udledningerne af CO₂. Endelig er knapheden på biomasse næppe fuldt ud afspejlet i de nuværende samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, der ikke tager fuldt højde for den begrænsning, der er på biomasseressourcen. EU's nyligt vedtagne LULUCF-krav må forventes at begrænse udbuddet af træbiomasse og føre til højere priser. Fjernvarmeselskaber kan derfor nemt opfatte biomasse som en klimaneutral og fremtidssikret forsyning, selvom flere faktorer peger på, at det ikke er tilfældet.

Klimarådet anbefaler derfor, at udfasningen af naturgas ikke bør føre til øget biomasseforbrug. Derfor bør regeringen indføre regulering, der sikrer, at mængden af biomasseafbrænding til energiformål ikke stiger.

Klimarådet anbefaler desuden, at fjernvarmeselskaber og kommuner minimerer etableringen af ny biomassekapacitet i konverteringen væk fra naturgasfyrd. Klimarådets beregninger viser, at højtemperaturfjernvarme baseret på biomasse er den samfundsøkonomisk dyreste løsning på lang sigt – ikke mindst, hvis prisen på biomasse stiger relativt til elprisen på længere sigt. Derfor risikerer fjernvarmeselskaberne at stå med urentable anlægsinvesteringer på længere sigt. Der er således to faktorer, der ligger til grund for denne anbefaling. For det første, at biomasseforbruget trækker på en begrænset global og fælles ressource, og for det andet, at Klimarådets samfundsøkonomiske beregninger viser, at biomassebaseret fjernvarme er dyrest for samfundet. Begge disse faktorer er også væsentlige med hensyn til det guidende princip om Danmarks rolle som foregangsland.

Det bliver svært at sikre tilstrækkelig høj tilslutning til fjernvarmeprojekter med lang implementeringstid

Fjernvarmeprojekter kan oftest ikke finansieres, hvis der ikke er nok kunder, der ønsker at tilslutte sig. Fjernvarmen er altså udfordret af, at bygningsejere kan vælge at købe en individuel varmepumpe, fordi den kan etableres hurtigere end fjernvarmen.

Klimarådets samfundsøkonomiske analyse viser, at individuelle varmepumper er samfundsøkonomisk billigere end lavtemperaturfjernvarme, der kommer fra store varmepumper uden overskudsvarme, hvis tilslutningsprocenten er under 90 pct. Det gør konkurrencen svær for fjernvarmeprojekter, hvor der er længere implementeringstid end et par år, og hvor varmepriisen ikke vil blive markant billigere end en individuel varmepumpe. Hvis et område alligevel bliver udlagt til fjernvarme, så kan borgerne i området ikke få støtte til individuelle varmepumper, og dermed vil man potentielt holde nogle borgere på en dyr gasforsyning i flere år frem.

Klimarådet anbefaler derfor, at kommuner og fjernvarmeselskaber prioriterer i deres potentielle fjernvarmeprojekter. Prioriteringen skal ske, efter hvor hurtigt fjernvarmeprojekterne kan etableres, og efter hvilke projekter der har en klar samfundsøkonomisk gevinst. De samfundsøkonomisk mest rentable fjernvarmeprojekter vil være dem, hvor bygningerne ligger tilstrækkeligt tæt, hvor der er overskudsvarme eller andre gode varmekilder til rådighed, eller hvor eksisterende fjernvarmeområder relativt hurtigt kan udvides. Disse projekter bør prioriteres og implementeres hurtigt, dvs. inden for tre til fem år. Og når disse områder først er udpeget, bør det ikke være muligt at få tilskud til individuelle varmepumper, sådan som reglerne også er i dag. Prioriteringen af fjernvarmeprojekterne vil mindske risikoen for, at de bedste projekter bliver urentable over tid, i takt med at der kommer flere individuelle varmepumper. En mere gradvis udrulning af fjernvarme vil også mindske et eventuelt ressourceproblem på kort sigt.

Regeringen bør give kommuner adgang til at etablere tilslutningspligt til en vedtaget udvidelse af fjernvarmeforsyningen. En mulighed for tilslutningspligt bør betinges af væsentlig forbrugerbeskyttelse, det vil sige, hvis fjernvarmeforsyningen kan garantere at man kan levere billigere varme end alternative varmeløsninger. Følgende forhold kan med fordel indgå i en ny model for tilslutningspligt:

- Fjernvarmenettet skal være vedtaget og etableres indenfor en given, relativt kort årrække. Eksempelvis 3-5 år.
- Den forventede fjernvarmepris skal aktuelt ligge under prisen for varme fra individuelle varmepumper.
- Fjernvarmeselskabet skal sikre midlertidig varmforsyning til den forventede fjernvarmepris, indtil fjernvarmenettet etableres. Den midlertidige varmepris må ikke overstige prisen på varme fra individuelle varmepumper.
- Tilslutningspligten må først omfatte bygninger, der allerede har en varmepumpe som hovedvarmekilde, 16 år efter varmepumpen er installeret, hvor varmepumpen vil have udtjent sin levetid.

En model med ovenstående principper bør kunne sikre udrulning af fjernvarme i områder, hvor det har lavere samfundsøkonomiske omkostninger end individuelle varmepumper, uden at binde forbrugerne til fjernvarme til en pris, der ikke er konkurrencedygtig.

Hurtig opsætning af individuelle varmepumper tænkes ikke sammen med fjernvarme på lang sigt

Fjernvarmeprojekter med lang etableringstid risikerer at udhule den positive samfundsøkonomi, da flere bygninger sandsynligvis vil have installeret individuelle varmepumper i mellemtiden. Dertil er der risiko for, at en høj efterspørgsel på materialer og arbejdskraft kan forværre økonomien relativt mere for den investeringstunge fjernvarme i forhold til de individuelle varmepumper. Der er ikke stor forskel på de samfundsøkonomiske omkostninger imellem de individuelle varmepumper og lavtemperaturfjernvarme uden overskudsvarme, og derfor skal der ikke store samfundsøkonomiske ændringer til, før individuelle varmepumper er billigere end fjernvarmen. Fjernvarmeselskaberne og kommunerne laver løbende vurderinger af samfunds- og projektøkonomien i fjernvarmeprojekter. Derfor vil eventuelle prisændringer løbende blive indregnet, og et projekt kan gå fra at have positiv samfundsøkonomi i dag til negativ samfundsøkonomi om nogle år. Det kan betyde, at nogle fjernvarmeprojekter droppes efter en årrække, når man nærmer sig etablering. Fjernvarmeprojekter, der først har været udmeldt, men senere droppes, vil potentielt set forsinke den samlede omstillingshastighed, da flere borgere vil være blevet på gasforsyningen, i håbet om at fjernvarmen blev etableret.

En samtænkning af individuelle varmepumper på kort sigt med fjernvarme på længere sigt, kan afhjælpe dette problem. Nogle fjernvarmeprojekter vil kunne planlægges med en længere udrulningstakt, der inkluderer etablering af individuelle varmepumper først, og herefter en etablering af fjernvarme. Samtænkningen kan sikres enten ved at give tilskud til individuelle varmepumper mod tilkobling til fjernvarmen senere eller ved at tilbyde midlertidige varmepumpeløsninger, fx på abonnement, indtil fjernvarmen er udrullet på længere sigt.

Klimarådet anbefaler, at kommuner og fjernvarmeselskaber undersøger, om fjernvarmen kan etableres med en længere udrulningstakt og lavere tilslutning til at starte med, hvis der kan opnås et tilstrækkeligt varmegrundlag på lang sigt. Dermed kan bygninger med nyetablerede varmepumper tilkobles løbende. Fjernvarmeselskaber og kommuner kan allerede i dag begynde at arbejde med *perspektivområder*, der potentielt kan tilkobles om fem til ti år, alt afhængigt af samfunds- og selskabsøkonomien. Det giver tid til løbende at renovere bygningsmassen i de givne områder, så alle bygninger kan modtage og udnytte lavtemperaturfjernvarme.

Klimarådets beregninger viser, at de samlede omkostninger for samfundet kun stiger lidt, hvis varmepumper udskiftes til fjernvarme efter fem til ti års drift, sammenlignet med en situation, hvor der fortsættes med individuelle varmepumper. Det forudsætter, at selve varmepumpen kan genbruges, og at det kun er installationsomkostningen, der går tabt.

Endelig bemærkes det, at fjernvarmen generelt har en række systemfordele sammenlignet med individuelle varmepumper, som ikke er prissat i beregningerne såsom fleksibilitet, forsyningssikkerhed, og at der kan undgås støjgener. Disse systemfordele bør medtages i vurderingerne af, om det giver mening for samfundet at planlægge efter fjernvarme på lang sigt i områder, der udlægges med individuelle varmepumper på kort sigt.

Klimarådet opfordrer til, at regeringen undersøger, om fjernvarmeselskaber kan få bedre muligheder for nye forretningsmodeller, og om de kan tilbyde midlertidige overgangsløsninger i samarbejde med private aktører, der hvor det giver mening. Nye forretningsmodeller kunne kombinere varmepumper på abonnement med fremtidig tilkobling til fjernvarmen. Denne løsning ville kunne sikre en hurtig udfasning af naturgas samtidig med en langsigtet udnyttelse af fjernvarmepotentialet. Det kan eventuelt involvere et samarbejde mellem fjernvarmeselskaber og private firmaer, der tilbyder varmepumper på abonnement. Denne anbefaling har særlig fokus på det guidende princip om sammenhængskraft og behovet for at sikre en alternativ varmeløsning for alle. Desuden er der taget hensyn til den langsigtede grønne omstilling.

Ineffektive bygninger er potentielt en barriere for lavtemperaturfjernvarme

En andel af de ældre, ineffektive bygninger kan være svære at opvarme tilstrækkeligt med lavtemperaturfjernvarme. Der mangler dog viden om, hvor mange, og hvilke bygninger det drejer sig om. Flere praktiske eksempler på udrulning af lavtemperaturfjernvarme og forskning på området tyder på, at ældre, ineffektive bygninger i mange tilfælde alligevel godt kan opvarmes med lavtemperaturfjernvarme. Det kræver dog, at disse bygninger kan identificeres. Ellers vil nogle fjernvarmeselskaber muligvis se højtemperaturfjernvarme som en mere sikker løsning, selvom den ikke er samfundsøkonomisk eller klimamæssig optimal.

Digitalisering og smarte målere kan give nye muligheder for at måle den enkelte bygnings forbrug. Fjernvarmeselskaber får altså bedre og bedre mulighed for at finde enkelte bygninger med høje varmeforbrug i allerede eksisterende fjernvarmenet. Digitaliseringen er allerede i gang, og eksempelvis kan præcise målinger af energiforbrug give gode muligheder for optimering af anlæg, fejlfinding, information og opfølgning, samt give mulighed for at udnytte potentielt variable priser.

Fjernvarmeselskaber kan alternativt forsøge at sænke temperaturen i fjernvarmenettet gradvist for derved at finde de bygninger, der ikke kan opvarmes tilstrækkeligt. Når en bygning oplever problemer, skal fjernvarmeselskabet have mulighed for hurtigt at møde op, hjælpe med korrekt indstilling af varmesystemet, kunne give tilskud og hjælp til opsætning af nye radiatorer eller give tilskud til energireovering. Sandsynligvis vil små og relativt billige tiltag betyde, at bygninger kan udnytte lavtemperaturfjernvarme. Men det kræver et samarbejde mellem fjernvarmeselskaberne og bygningsejerne samt en mulighed for at agere hurtigt.

Klimarådet anbefaler derfor, at fjernvarmeselskaber får bedre mulighed for at indgå i samarbejde med ejerne af ineffektive bygninger og dermed at kunne sikre, at bygningerne kan udnytte lavtemperaturfjernvarme. Få kritiske, ineffektive bygninger kan blokere for, at et helt fjernvarmenet kan sænke temperaturen. Derfor bør fjernvarmeselskaber have mulighed for at give målrettede tilskud og hjælp til at få enkelte kritiske bygninger ned i temperatur. Det kan være tilskud til indstilling af varmeanlæg eller enkelte investeringer i bygninger.

Klimarådet anbefaler også, at myndigheder håndhæver det eksisterende krav om energieffektivisering ved ombygninger. Det har Klimarådet også tidligere anbefalet.⁶² Håndhævelsen kan fx ske gennem stikprøvekontrol kombineret med bøde eller påbud, hvis reglementet ikke overholdes. Desuden bør der ydes hjælp til optimering af bygningers tekniske installationer fx gennem bedre information om energisparepotentialer og ved tilbud om gratis energitjek.

Endelig påpeger Klimarådet, at der mangler viden om omfanget af tiltag, der er nødvendige for, at bygninger kan varmes tilstrækkeligt op med lavtemperaturfjernvarme. Det kan være en barriere for fjernvarmeselskaber, der overvejer lavtemperaturfjernvarme, men har svært ved at vide, hvor dyrt det er, og om det kan lade sig gøre. Disse anbefalinger taler ind i de guidende principper om sammenhængskraft og samfundsøkonomisk effektivitet.

Der er mangel på erfarne folk og knaphed på materialer

Mangel på arbejdskraft, prisstigninger og knaphed på materialer kan forsinke og fordyre omstillingen væk fra naturgas. En forceret udrulning af fjernvarme og varmepumper kan potentielt føre til knaphed og dermed prisstigninger på arbejdskraft og materialer, hvis fjernvarmeprojekter internt konkurrerer om knappe ressourcer. Fjernvarmeprojekter risikerer at strække sig over mange år, før de er planlagt, vedtaget og etablerede. Hvis investeringsomkostningerne stiger i mellemtiden, kan nogle fjernvarmeprojekter, som ellers var samfundsøkonomisk fordelagtige, ende med ikke at være det længere. Selvom knaphed og mangel på arbejdskraft påvirker både varmepumper og fjernvarmen, er udfordringen størst for fjernvarmeudbygningen på grund af det ressourcekrævende anlægsarbejde og de store kapitalinvesteringer. Det er usikkert, hvorvidt en den forceret udrulning vil føre til mangel på arbejdskraft, knaphed på materialer og prisstigninger. I interviews med interessenter på området angives dette imidlertid som en væsentlig barriere for fjernvarmeudrulningen.

Klimarådet anbefaler derfor, at kommuner og fjernvarmeselskaber over de kommende tre til fem år prioriterer ressourcer og arbejdskraft på de fjernvarmeprojekter, der kan etableres hurtigst og er mest rentable. Hvis der ikke prioriteres imellem de kommende fjernvarmeprojekter, så risikerer de at konkurrere om de samme materialer, ressourcer og arbejdskraft. Dermed forsinkes alle projekterne. Med denne anbefaling tages der særligt hensyn til det guidende princip om beskæftigelse og erhvervsliv samt til hensynet om at undgå, at den grønne omstilling bliver unødigt dyr for samfundet.

Boks 5.1 Guidende principper

Nedenfor gives en kort oversigt over, hvilke guidende principper fra klimaloven som vurderes at være særligt relevante for denne analyse:

- **Foregangsland.** Danmark kan være et foregangsland ved at vise, hvordan naturgas omkostningseffektivt og hurtigt kan udfases. Flere lande i EU har både en høj gasandel i deres bygningsopvarmning samt en gammel og ineffektiv boligmasse. Danmark kan vise, hvordan man håndterer gasudfasning fra en ineffektiv bygningsmasse på en måde, der har et langt sigte, passer ind i den overordnede klima- og energiomstilling, samt giver mening for forbrugerne. Flere lande er også interesserede i en udbygning af fjernvarmen, og Danmark kan potentielt set levere gode eksempler på, hvordan man erstatter gas med lavtemperaturfjernvarme og udnytter overskudsvarme. Det vil omvendt ikke være i overensstemmelse med foregangslandsprincippet, hvis fjernvarmeudvidelser baseres på et øget forbrug af biomasse.
- **Omkostningseffektivitet.** Analysen viser, hvilke alternativer til gas der er mest effektive for samfundet. For det første, at lavtemperaturfjernvarme er en effektiv, langsigtet løsning, hvis der er adgang til gode varmekilder som overskudsvarme. For det andet, at et øget biomasseforbrug i fjernvarmen ikke vil være omkostningseffektivt. Og for det tredje, at en høj tilslutningsprocent er afgørende for den samfundsøkonomiske effektivitet af fjernvarmeforsyning, og at individuelle varmepumper er billigst, hvis der ikke kan opnås høj tilslutning.
- **Beskæftigelse og dansk erhvervsliv.** Fokus på energieffektivisering, fjernvarme og varmepumper er umiddelbart positivt for dansk erhvervsliv. Det er dog et potentielt problem, at der er mangel på arbejdskraft og på materialer. Klimarådet angiver, at en mulig løsning er at prioritere ressourcer og arbejdskraft til de projekter, der kan implementeres hurtigst og med bedst samfundsøkonomi. Der er dog ikke regnet beskæftigelseseffekter af de enkelte scenarier, da beregningerne kun ser på et enkelt udvalgt gennemsnitsområde og ikke er skaleret op til hele økonomien.
- **Sammenhængskraft og social balance.** Der er risiko for social ulighed, hvis gasudfasningen kræver høje omkostninger i form af investeringer og installationsomkostninger, eller hvis det kræver større energireoveringer. Samtidig er der risiko for meget høje varmepriser, hvis de fremtidige varmesystemer ikke implementeres med omtanke. Derfor er det vigtigt at tænke i forskellige finansieringsmodeller, der sikrer, at alle uanset indkomst kan blive afkoblet fra naturgas.
- **Den langsigtede grønne omstilling.** Den bedste og mest energieffektive omstilling væk fra gasopvarmning skal tænkes sammen med løsninger på kort sigt, der hurtigt kan gøre danske bygninger fri af gas. Analysen ser derfor særligt på, hvordan kortsigtede varmepumpeløsninger kan tænkes sammen med langsigtede energiforbedringer og udrulningen af den effektive lavtemperaturfjernvarme.

Hvem har vi talt med?

I arbejdet med analysen har Klimarådet og Klimarådets sekretariat haft drøftelser med en række organisationer og eksperter: Peter Sorknæs, Steffen Nielsen, Rasmus Magni Johannsen, Aksel Bang (alle fire fra Institut for Planlægning, Aalborg Universitet), Concito, Energistyrelsen, Dansk Fjernvarme, Grøn Energi, PlanEnergi, Varmepumpeindustrien, Tekniq, Teknologisk Institut, Jesper Kragh (BUILD AAU), Danish Board of District Heating, EA Energianalyse, EVIDA, Vurderingsstyrelsen, Albertslund Forsyning, Rudersdal Kommune, Tårnby Forsyning, Viborg Fjernvarme, Gate 21, Svend Svendsen (professor emeritus, DTU), Kommunernes Landsforening

Klimarådets samfundsøkonomiske analyse følger Energistyrelsens vejledning til samfundsøkonomiske beregninger på energiområdet og omkostninger fra teknologikataloget, i det omfang de er tilgængelige. NIRAS har bistået med metode, beregninger og forudsætninger, mens Klimarådet har lavet de endelige analyser, beregninger, indsamling af forudsætninger og data samt kvalitetskontrol. Klimarådet påtager sig det fulde ansvar for de endelige beregninger.

Referencer

- ¹ Regeringen, *Klimaafgørelse om grøn strøm og varme 2022*, 2022.
<https://www.regeringen.dk/media/11470/klimaafgørelse-om-groen-stroem-og-varme.pdf>
- ² Energistyrelsen, *Klimastatus og -fremskrivning 2022*, 2022.
- ³ Klimamonitor, *Øget afbrænding af biomasse: Silkeborg opfører nyt varmeværk*, 5. oktober 2022.
<https://klimamonitor.dk/nyheder/art9009792/Silkeborg-opfoerer-nyt-varmevaerk>
- ⁴ Politiken, *Verdens største CO₂-kølede havvands-varmepumpe skal levere varme til 50.000 dansker*, 11. juni 2022. <https://politiken.dk/klima/art8776087/Verdens-stoeste-CO2-kolede-havvands-varmepumpe-skal-levere-varme-til-50.000-danskere>
- ⁵ Klimarådet, *Statusrapport 2022*, 2022.
- ⁶ Klimarådet, *Biomassens betydning for grøn omstilling*, 2018.
- ⁷ Nielsen AT, Bentsen NS, Nord-Larsen T, *CO₂ emission mitigation through fuel transition on Danish CHP and district heat plants: Carbon debt and payback time of CHP and district heating plant's transition from fossil to biofuel*, 2020.
- ⁸ Concito, *Optimeret biomasseanvendelse til el- og fjernvarmeproduktion mod 2040*, 2021.
- ⁹ Material Economics, *EU Biomass Use In A Net-Zero Economy - A Course Correction for EU Biomass*, 2021.
<https://materialeconomics.com/latest-updates/eu-biomass-use>
- ¹⁰ Det Nationale Bioøkonomipanel, *Foreløbige anbefalinger - Bioressourcer til grøn omstilling*, 2022.
- ¹¹ Energistyrelsen, *Global Afrapportering*, 2022.
- ¹² Klimarådet, *Kommentering af Global afrapportering 2022*, 2022.
- ¹³ Grassi m.fl., *Nature Climate Change, Critical adjustment of land mitigation pathways for assessing countries climate progress*, 2021.
- ¹⁴ Henttonen, H. m.fl., *Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – An analysis based on National Forest Inventory*, 2017.
- ¹⁵ Finans Danmark, *"Fyr dit fyr" - Aftale om partnerskab mellem regeringen og Finans Danmark om attraktive grønne lån til husholdningers udskiftning af olie- og gasfyr*, 6. Maj 2022.
<https://finansdanmark.dk/nyheder/2022/partnerskabet-om-fyr-dit-fyr-baner-vejen-for-billig-finansiering-til-groenne-varmekilder/>
- ¹⁶ Skive Fjernvarme hjemmeside, *Sådan gør du, hvis du vil lease en fjernvarmeveksler*, i.d.
<https://www.skivefjernvarme.dk/selvbetjening/leasing-af-veksler/saadan-goer-du/>
- ¹⁷ Viborg Varme hjemmeside, *Lej dit nye fjernvarmeanlæg*, i.d. <https://viborgvarme.dk/lej-anlaeg/>
- ¹⁸ OK hjemmeside, *Spar energi og penge med en luft til vand-varmepumpe*, i.d.
https://www.ok.dk/privat/produkter/varmepumper/luft-til-vand-varmepumper?gclid=EAIaIQobChMIi4vFlMu3-wIVxfZRCh10Bgp9EAAYASAAEgK_5vD_BwE&gclid=aw.ds
- ¹⁹ Nærværme hjemmeside, *Leasing af varmepumpe nemt og hurtigt*, i.d. <https://naerværme.dk/leasing-af-varmepumpe/>
- ²⁰ Energistyrelsen, *Energistatistik: metoder mm.*, i.d.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/udvikling_i_salg_af_varmepumper_fra_2014-2022_q2.pdf
- ²¹ Energistyrelsen, *Varmepumper installeret fra 2014 til 2. kvartal 2022*, 2022. <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/energistatistik-metoder-mm>
- ²² Dansk Fjernvarme hjemmeside, *Presseklip*, 27. OKT 2022.
<https://www.danskfjernvarme.dk/aktuelt/presseklip/221027-dagens-overblik>
- ²³ Danmark Statistik, *Statistikbanken*, <https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1920>
- ²⁴ Mathiesen, B.V. m.fl., *Varmeplan Danmark 2021 - En Klimaneutral Varmeforsyning*, 2021.
https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/449742535/Varmeplan_Danmark_2021_Hovedrapport.pdf
- ²⁵ Lund, H., m.fl., *Klimasvar 2045: Sådan bliver vi klimaneutral*, 2021.
- ²⁶ EA Energianalyse, *Roadmap: udfasning af naturgas til rumvarme*, 2020.
- ²⁷ Energistyrelsen, *Analyse af elproduktionsomkostninger*, 2014.
- ²⁸ EU Kommissionen, *A clean planet for all*, 2018. https://climate.ec.europa.eu/system/files/2018-11/com_2018_733_analysis_in_support_en.pdf
- ²⁹ Lazard, *Levelized Cost of Energy, Levelized Cost Of Storage, and Levelized Cost Of Hydrogen*, 2021.
- ³⁰ Searchinger, T., *Why Dedicating Land to Bioenergy Won't Curb Climate Change*, 2015.
- ³¹ Mortensen, H. C., m.fl., *Fjernvarme*, 2009. <https://denstoredanske.lex.dk/fjernvarme>
- ³² Energistyrelsen, *Energistatistik 2020*, 2021.
- ³³ Energistyrelsen, *Analyseforudsætninger til Energinet 2022*, 2022.
- ³⁴ Jesper K., Dansk Fjernvarme, personlig kommunikation.
- ³⁵ Albertslund Fjernvarme, personlig kommunikation.

- ³⁶ Lund, H. m.fl., *4th generation district heating (4GDH) Integration smart thermal grids into future sustainable energy systems*, 2014.
- ³⁷ Dansk Energi, *Den lille blå om varmepumper*, 2019.
- ³⁸ NIRAS, personlig kommunikation, september 2022.
- ³⁹ Wittchen, K.B. m.fl., *Varmebesparelser i eksisterende bygninger – potentialer og økonomi*, 2017.
- ⁴⁰ Kragh, J. m.fl., *BUILD 2021: Varmebesparelser i eksisterende bygninger – segmentering*, 2021.
- ⁴¹ EU Kommissionen, *Forslag til revision af Bygningsdirektivet*, 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021PC0802&from=EN>
- ⁴² Mathiesen, B.V., m.fl., *Future Green Buildings*, 2016. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/234005850/Future_Green_Buildings_A_key_to_cost_effective_sustainable_energy_systems_ENGLISH.pdf
- ⁴³ US Environmental Protection Agency *Quantifying the Multiple Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy: A Guide for State and Local Governments*, 2022. <https://www.epa.gov/statelocalenergy/quantifying-multiple-benefits-energy-efficiency-and-renewable-energy-guide-state>
- ⁴⁴ IEA, *Multiple Benefits of Energy Efficiency*, 2019. <https://www.iea.org/reports/multiple-benefits-of-energy-efficiency>
- ⁴⁵ EU Kommissionen, *Macro-level and sectoral impacts of energy efficiency policies*, 2017. https://energy.ec.europa.eu/macro-level-and-sectoral-impacts-energy-efficiency-policies_en
- ⁴⁶ EU Kommissionen, *Forslag til revision af Direktivet om bygningers energimæssige ydeevne*, 2021.
- ⁴⁷ Diget, T., Viborg Fjernvarme, personlig kommunikation.
- ⁴⁸ Østergård, D.S. m.fl., *Replacing critical radiators to increase the potential to use low-temperature district heating – A case study of 4 Danish single-family houses from the 1930s*, 2016.
- ⁴⁹ Østergård, D. m.fl., *Space heating with ultra-low-temperature district heating – a case study of four single-family houses from the 1980s*, 2017.
- ⁵⁰ Benakopoulos, T. m.fl., *Improved control of Radiator Heating Systems with Thermostatic Radiator Valves without pre-setting Function*, 2019. <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/17/3215/htm>
- ⁵¹ Tunzi m.fl., *Digitization of the demand side: Use of heat cost allocators and energy meters to secure low-temperature operations in existing buildings*, 2022.
- ⁵² Østergård D.S. m.fl. *Are radiators typically over dimensioned? An analysis of radiator dimensions in 1645 Danish houses*, 2018, [1_s2.0_S037877881831702X_main\(1\).pdf](1_s2.0_S037877881831702X_main(1).pdf)
- ⁵³ Teknologisk Institut, *Investeringer i varmepumper sammenlignet med investeringer i renovering af klimaskærmen for boliger*, 2020.
- ⁵⁴ Energistyrelsen, *Teknologikatalog for individuelle varmeanlæg*, 2021.
- ⁵⁵ Byggestyrelsen, *Bygningsreglement for småhuse*, 1985.
- ⁵⁶ Energistyrelsen, *Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet*, juli 2021.
- ⁵⁷ Finansministeriet, *Dokumentationsnotat – den samfundsøkonomiske diskonteringsrente*, 2021.
- ⁵⁸ Energistyrelsen, *teknologikataloger*, i.d. <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger>
- ⁵⁹ Energistyrelsen, *Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner*, 2022.
- ⁶⁰ Hans Henrik Lindboe, Mailkorrespondance, Civilingeniør og Partner hos Ea Energianalyse.
- ⁶¹ Videncenter for Energibesparelser i Bygninger Teknologisk Institut, *Den gode installation af varmepumper - Version 2021 - Udarbejdet for: Energistyrelsen*, 2021
- ⁶² Klimarådet, *Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion*, 2020.

