

Populärvetenskaplig sammanfattning på svenska

Klimatförändringarna är en av de största utmaningarna mänskligheten står inför, och att hantera dem kräver en radikal omställning av energisystemet. Denna omställning måste förena nettonollutsläpp av växthusgaser med energieffektivitet och hållbarhet. Ur ett europeiskt perspektiv innebär omställningen också en fördel i form av stärkt i form av minskat importberoende av energi och stärkt försörjningstrygghet och försörjningstrygghet.

Den gröna omställningen måste nå alla delar av energisystemet – inklusive uppvärmnings- och kylsektorn. I Europa står denna sektor för cirka en tredjedel av den totala slutanvändningen av energi och är fortfarande i stor utsträckning baserad på fossila bränslen som kol, olja och naturgas. För att ersätta dessa förorenande energikällor finns det ett antal teknologiska alternativ tillgängliga. Framför allt kan efterfrågan minskas genom bättre isolering av byggnader. Men efter en viss nivå blir ytterligare renoveringar oproportionerligt dyra. Det är därför också nödvändigt att ersätta fossilbaserad uppvärmning och kylning med lågutsläpps- eller nollutsläppskällor. Bland dessa alternativ finns individuella värmepumpar, biomassa samt fjärrvärme och fjärrkyla.

Fjärrvärme och fjärrkyla består av nätverk av rör som distribuerar värme och/eller kyla från en eller flera produktionsenheter till slutanvändare – huvudsakligen byggnaderbyggnader som används för bostäder och lokaler. Precis som elnätet har dessa system fördelen att de över tid kan integrera många olika värme- och kylkällor. De kan dessutom utnyttja överskottsvärme/kyla från källor som annars skulle gå förlorade. En annan väsentlig fördel med fjärrvärme är dess samspel med elsystemet. Termisk lagring i fjärrvärmesystem är avsevärt billigare än elektrisk lagring, och kopplingen mellan sektorerna via kraftvärmeverk, stora värmepumpar och elpannor gör det möjligt att utnyttja denna kostnadsfördel. På så sätt kan överskottsel från förnybara energikällor omvandlas till värme och lagras billigt – vilket underlättar integrationen av sol- och vindenergi i det övergripande energisystemet.

Tack vare dessa fördelar har flera europeiska länder prioriterat fjärrvärme, och i vissa av dessa täcker den mer än hälften av uppvärmningsbehovet i bostads- och lokalsektorn. Den genomsnittliga andelen i Europa är dock avsevärt lägre – omkring 10%. Mot bakgrund

av fjärrvärmens fördelar kan en vidareutveckling av teknologin ge ett betydande bidrag till den gröna omställningen av uppvärmnings- och kylsektorn. Det är därför avgörande att bedöma dess potential på europeisk nivå. Som tidigare studier har visat beror denna potential i hög grad på kostnaderna för rörinfrastrukturen, som varierar betydligt beroende på lokala förhållanden. Även om detaljerade nätkostnader kan uppskattas på kvarters- eller stadsdelsnivå med hjälp av hydrauliska och strukturella modeller, är det inte realistiskt att tillämpa dessa metoder på nationell eller europeisk nivå på grund av den datamängd och de beräkningar som krävs. Det är därför nödvändigt att utveckla förenklade modeller för att uppskatta nätkostnader i större skala.

Fjärrvärme kan anta olika former beroende bland annat på framlednings- och returtemperaturer samt produktionsanläggningens placering. Dessa och andra faktorer leder till olika typer av nätkonfigurationer, som i allmänhet kan delas in i två huvudtyper: Uppvärmda (konventionella) nät och tempererade nät som inte är förvärmda. I uppvärmda nät levereras värme vid den temperatur som krävs för rumsuppvärmning och tappvarmvatten. I tempererade nät levereras värmen vid en temperatur nära omgivningens, vilket innebär att slutanvändarna behöver värmepumpar för att höja temperaturen. Tidigare studier har lyft fram att tempererade nät kan vara mer konkurrenskraftiga eftersom de möjliggör användning av oisolerade rör (som för dricksvatten), eftersom värmeförlusten är minimal, samt att samma nät kan användas för både uppvärmning och kylning via tvåvägskommunikation med värmepumpar. Det finns dock få kvantitativa jämförelser mellan de två huvudtyperna.

Denna avhandling har behandlat dessa två huvudaspekter av fjärrvärme- och fjärrkylsystem och genomfört en skattning av fjärrvärmepotentialen i Europa samt beräknat kostnaderna för uppvärmda respektive tempererade nätkonfigurationer. Först analyserades potentialen för fjärrvärme på europeisk nivå. Som nämnts kräver detta förenklade modeller för att uppskatta nätkostnader över stora geografiska områden. En sådan modell har utvecklats av Persson och Werner och ger en omedelbar indikation av de förväntade kostnaderna. En nyckelparameter i deras modell är storheten effektiv bredd (eng. effective width), som anger den rörlängd som krävs i ett område för att etablera fjärrvärme. Tidigare studier har för denna parameter inte fastställt tillförlitliga värden för stadsområden med låg eller varierande befolkningstäthet och har endast i begränsad omfattning tagit hänsyn till anslutning av enskilda byggnader – fokus har främst legat på distributionsnätet.

Denna avhandling har genomfört en detaljerad geografisk analys av två av Danmarks största fjärrvärmesystem, vilket har möjliggjort utvecklingen av mer precisa metoder för att uppskatta effektiv bredd. Dessa metoder relaterar den effektiva bredden till byggnadstäthet, mätt som antal byggnader och bebyggd yta. Den uppdaterade modellen från Persson och Werner validerades därefter i flera testområden och visade sig ge rimligt noggranna uppskattningar på aggregerad nivå, men lägre precision i mindre skala.

Modellen förbättrades dessutom så att den tar hänsyn till att inte alla byggnader nödvän-

digttvis kommer att anslutas, samt att värmeförbrukningen förväntas minska framöver. Den uppdaterade modellen tillämpades därefter på hela EU för att uppskatta kostnader och potential för fjärrvärme. Ett centralt resultat är att sådana system på ett kostnadseffektivt sätt kan täcka en tredjedel av värmebehovet i bostads- och lokalsektorn i Europa år 2050 – och därmed utgöra en väsentlig del av vägen mot en grön omställning av den europeiska kontinenten.

Den andra delen av avhandlingen analyserade de ekonomiska förutsättningarna för uppvärmda respektive tempererade nätkonfigurationer – både för ren uppvärmning och för kombinerad uppvärmning och kylning. Analysen är baserad på en detaljerad fallstudie av en stadsdel i den spanska staden Bilbao, där alla nyckelkomponenter i ett fjärrvärmesystem inkluderades: Värme-/kylproduktion, distributionsnät och anslutning av slutanvändare. Resultaten visar att uppvärmda nätkonfigurationer för ren uppvärmning är mest kostnadseffektiva – dels på grund av efterfrågeaggregering (inte alla använder värme samtidigt), flexibilitet i energikällor, stordriftsfördelar vid värmelagring, samt lägre elpriser för industrikonsumenter – även när nätkostnaderna är högre. Dessa slutsatser förblir giltiga under olika ekonomiska antaganden, inklusive stigande gaspriser (till exempel som en följd av kriget i Ukraina) och höga räntor. När både uppvärmning och kylning ska levereras är däremot kostnaderna för uppvärmda och tempererade nät i stort sett likvärdiga. Uppvärmda nät kräver ett separat fjärrkylanät, medan tempererade nät inte kräver ytterligare infrastruktur, samt att deras driftskostnader är minimala.

Slutligen bedömde fallstudien av Bilbao hur konkurrenskraftiga fjärrvärmesystem är jämfört med andra lågutsläppslösningar som individuella värmepumpar och den mest utbredda uppvärmningsformen – naturgas. Jämförelsen visar att båda typerna av fjärrvärme är mer kostnadseffektiva än individuella värmepumpar, men att de inte kan konkurrera med naturgas – främst eftersom det saknas ett pris på koldioxidutsläpp som återspeglar naturgasens verkliga samhälls- och miljökostnader.