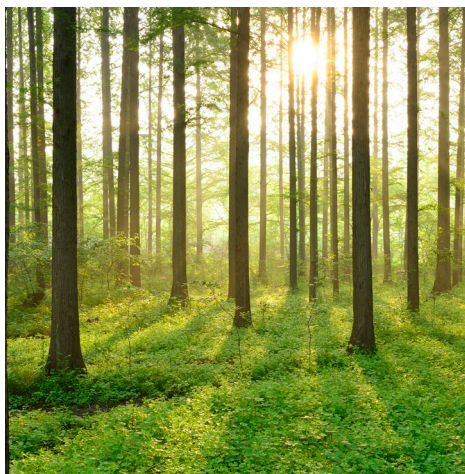


SYNTES AV FUTUREHEAT 2017-2021

RAPPORT 2022:877



 FUTUREHEAT



Syntes av FutureHeat 2017-2021

HENRIK GADD
KRISTINA LYGNERUD
KERSTIN SERNHED
SVEN WERNER

ISBN 978-91-7673-877-1 | © Energiforsk juli 2022

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Det här är en syntes av forskningsprogrammet FutureHeat's första och andra etapp. Dessa har pågått mellan 2017-2018 och 2019 – 2021. Syntesarbetet har genomförts för att sprida kunskap om forskningsresultaten från programmet och ge ett underlag till kommande forskningsplanering. Syntesarbetet har syftat till att utvärdera hur väl forskningsresultaten bidrar till de övergripande målen i FutureHeat och utgör ett viktigt underlag för framtida prioriteringar.

FutureHeat är en fortsättning på samverkansprogrammet Fjärrsyn och har sedan det sistnämnda avslutades pågått i två etapper. FutureHeat finansieras av deltagande energibolag. Den här syntesen har genomförts av tre olika forskare med olika kompetenser vilket har givit en möjlighet att tolka resultaten och deras betydelse i olika perspektiv.

Syntesarbetet utformades och beställdes av styrgruppen i FutureHeat etapp 2 bestående av Jonas Cognell, Göteborg Energi (ordförande); Anders Moritz, Tekniska verken i Linköping; Anna Hinderson, Vattenfall AB; Charlotte Tengborg, E.ON Energiinfrastruktur; Fabian Levihn, Stockholm Exergi; Holger Feurstein, Kraftringen; Dan Bruhn, Jönköping Energi; Patrik Grönbeck, Borlänge Energi; Leif Bodinson, Söderenergi; Lena Olsson Ingvarson, Mölndal Energi; Magnus Ohlsson, Öresundskraft; Niklas Lindmark, Gävle Energi; Per Örvind, Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö; Petra Nilsson, Växjö Energi; Staffan Stymne, Norrenergi; Stefan Hjärtstam, Borås Energi och Miljö; Svante Carlsson, Skellefteå Kraft; Ulf Lindquist, Jämtkraft och Julia Kuylensstierna (adjungerande), Energiforsk.

Julia Kuylensstierna, programansvarig FutureHeat

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Denna rapport utgör en syntes av forskning- och utvecklingsprogrammet FutureHeats två första etapper. Syntesarbetet har utförts på uppdrag av Energiforsk och styrgruppen i etapp 2 och har genomförts för att ge en överblick och ett större helhetsperspektiv av den kunskap som har genererats inom de två periodernas 26 projekt, samt för att kunna utgöra underlag för planering av organisation och inriktning i kommande forskningsinsatser.

FutureHeat är ett forskning- och utvecklingsprogram om fjärrvärme som hanteras av Energiforsk och som finansieras av svenska fjärrvärmeföretag. Programmets huvudsakliga mål är att det ska identifiera nya möjligheter för fjärrvärmeföretagen i en marknad med ambitiösa miljö- och klimatmål, ökad konkurrens och åldrande system. Programmet etablerades 2017 och har haft två inledande etapper fram till och med 2021. Projekten i dessa två etapper har haft en total omsättning på 43 miljoner kronor, varav 19 miljoner har kommit från FutureHeat, och resterande från olika samfinansiärer.

I syntesuppdraget ingick följande aktiviteter:

- Att göra en sammanställning av forskningsresultaten
- Att analysera och tolka forskningsresultaten och i vilken grad programmet som helhet uppnått de övergripande mål som definierats
- Att göra en sammanställning av hur långt har man kommit inom olika projekt och forskningsinriktningar och identifiering av kunskapsluckor
- Att ge rekommendationer om fortsatt forskning
- Att ge en utblick mot annan forskning och beaktning av omvärldsfaktorer med betydelse för svenska fjärrvärmebolag inför kommande forskningsplanering. Detta med utgångspunkt i utförarnas befintliga kunskap och kontaktytor mot omvärlden.

Syntesen har genomförts av fyra forskningsutbildade granskare från tre olika discipliner (energiteknik, ekonomi och beteendevetenskap) som alla har sina forskningsfält inom fjärrvärmeområdet. Samtliga rapporter har lästs av minst två av forskarna och en parvis multidisciplinär bedömning har gjorts av den kunskap som har genererats i forskningsprojekten och deras tillhörande forskningsrapporter. De fyra forskarna har sedan gemensamt diskuterat övergripande slutsatser, identifierat kunskapsluckor och bidragit med en utblick mot annan nationell och internationell forskning inom fjärrvärmeområdet.

De två första etapperna av FutureHeat har haft olika delmål, som använts för att styra inriktningen av forskningsstöden. Karaktären på målen har påverkat forskningsresultaten med avseende på urval, tidsperspektiv, inriktning och utförande.

I etapp 1 har funnits fyra delmål, tillika forskningsinriktningar:

- Nätet som strategisk infrastrukturresurs
- Värmelager (detta delmål hanterades dock i ett eget program och ingår därför inte i syntesens utvärdering)
- Byggnader som reglerresurser
- På ett positivt sätt bidra till andra sektors energi och klimatmål

Inom etapp 1 genomfördes 10 projekt. Av dessa bedöms:

- fem projekt ha bidragit till delmålet nätet som strategisk infrastrukturresurs; dessa projekt har antingen handlat om fjärde generationens fjärrvärmeteknik eller om statusbedömning av fjärrvärmerör.
- tre projekt har bidragit till delmålet att på ett positivt sätt bidra till andra sektors energi och klimatmål. Projekten har här handlat om att förstå hur el- och fjärrvärmesystem kan sektorkopplas och samverka, de har handlat om verktyg för klimativärdering av byggnaders energilösningar, samt vad som är avfallens roll i framtidens energisystem
- två projekt ha berört delmålet byggnader som reglerresurser - dessa projekt har handlat om metoder och värdering av efterfrågefleksibilitet.

Ett projekt i etapp 1 bedöms inte ha bidragit till något av de tre delmålen.

Målbilden för de projekt som genomfördes inom etapp 2 bestod i att forskningen skulle ge underlag för att utveckla fjärrvärme- och fjärrkylesystem samt företagens verksamhet, vilket kunde inordnas under följande fyra forskningsinriktningar:

- Nya termiska system
- Strategiska investeringsbeslut
- Minskade drift- och underhållskostnader i befintliga system
- Kundintresse och kunders möjlighet att vara en aktiv del i ett effektivt uppvärmningssystem

I etapp 2 genomfördes 16 projekt, varav ett projekt ej hade någon publicerad dokumentation, detta projekt har därför inte omfattats av syntesen. Av projekten i Etapp 2 bedöms:

- 11 ha bidragit till delmålet minskade drift- och underhållskostnader i befintliga system. Projekten har berört hela kedjan från produktion, distribution och användning; bland annat statusbedömning och livslängdsprediktering av fjärrvärmerör och komponenter, dimensionering av ledningar, arbetssätt för svetsning av rör, samt varmvattenflöden i flerbostadshus.
- tre projekt ha bidragit till delmålet kundintresse och kunders möjlighet att vara en aktiv del i ett effektivt uppvärmningssystem. Dessa projekt har handlat om hur prosumenter kan anslutas till fjärrvärmesystemet; de har handlat om affärsmodeller för samverkan mellan fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter; samt handlat om analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov.
- två projekt ha bidragit till delmålet nya termiska system. Dessa två projekt har handlat om möjligheter att tillvara spillvärme från datahall, samt analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov.

- Ett projekt bedöms ha bidragit till delmålet strategiska investeringsbeslut (återigen projektet om analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov).

Två projekt bedöms inte ha bidragit till något av delmålen inom etappen, ett av dessa projekt kan dock sägas ha uppfyllt delmålet i etapp 1 - Att på ett positivt sätt bidra till andra sektors energi och klimatmål och har behandlat miljövärden av fjärrvärme i framtidens hållbara bostadsområden.

Ett konstaterande som kan göras utifrån analys av delmål och forskningsinriktning är att de mål som ställts för forskningen inom FutureHeat har varit tämligen snäva. Detta har å ena sidan resulterat i intressanta forskningsresultat inom de begränsade områdena, men på bekostnad av andra potentiellt viktiga områden. Det kan vidare konstateras att måluppfyllnaden inom etapp 1 kan sägas vara god utifrån de mål man har ställt, medan det i etapp 2 har varit en stor övervikt på forskning om befintliga system och teknik. Frågor som rör nya termiska system, framtida affärsvillkor och nödvändig förändring för konkurrenskraftigt erbjudande har beaktats i ringa omfattning.

Åtta projekt har lyfts fram i denna syntesrapport som exempel på projekt som har extra stor potential att bidra med nytta för branschen eller som adresserar särskilt viktiga frågor, perspektiv eller utmaningar för branschen. Dessa projekt har rört digitalisering, restvärmeanvändning, arbetssätt och riktlinjer för svetsning av fjärrvärmerör, riktlinjer för varmvattenflöden, affärsmodeller som tar hänsyn till kundens perspektiv på uppvärmningsfrågan, dimensionering av distributionssystem, fjärrvärmesystemens roll för balans i elsystemet, samt avfallets roll i framtida energisystem.

Utifrån den genomgång och analys av programmets projektrapporter som genomfördes i syntesarbetet kunde konstateras en mycket varierande kvalitet på forskningsrapporterna. Det finns exempel på rapporter där syfte och frågeställningar överhuvudtaget ej har redovisats eller ej besvarats i rapporternas resultatdelar, eller som helt saknar metodbeskrivningar. Några rapporter saknar helt referenser, flera har väldigt få referenser och med en tydlig övervikt mot svenska referenser. Då utövarna endast utgår från sig själva och sina egna erfarenheter får de svårt att sätta sina projekt och sin forskning i ett större sammanhang. FutureHeat har fördelen av att vara ett program där nya forskare kan lära sig om fjärrvärme. Nedsidan med avseende på hantverk i forskningen betyder inte nödvändigtvis att rapporternas innehåll inte är intressant.

Som input till kommande utlysningar av programmet ges ett antal rekommendationer kring möjliga forskningsområden och möjliga aktiviteter för att komma tillrätta med identifierade brister.

Följande kunskapsluckor har identifierats som viktiga att adressera i forskningen framåt:

- Vilka långsiktiga mål kan tänkas vara vägledande för den svenska fjärrvärmen?
- Framtidens verksamhet präglas av ramverk, hur kommer EUs föreslagna taxonomi att påverka städer och dessas fjärrvärmeföretag?
- Hur ser framtidens bränslemix ut? Ingår biobränsle och avfall?

- Hur ska nuvarande förbränning av omkring en miljon ton/år plast i svensk avfallsförbränning hanteras inför 2030 när fjärrvärmens ska vara helt fossilfri?
- Vilka förutsättningar och möjligheter finns för helt fossilfri topp- och reservlast utöver spårundenheten baserad på traditionell förbränning inför total fossilfrihet 2030?
- Hur kan värmepumpar användas som en del av systemlösningen?
- Hur ska fjärrvärmecentraler och fjärrvärmeledningar som installeras nu dimensioneras för morgondagens förutsättningar?
- Vilka olika samverkande nyttor finns med säsongslager? Det planeras eller byggs just nu mycket stora värmelager i danska, finska, tyska, schweiziska och österrikiska fjärrvärmesystem. Varför byggs inte sådana i Sverige?
- Vilka är drifterfarenheterna från unika kylsystem i svenska fjärrkylesystem? Det finns få dokument som verkligen beskriver vad som händer i de svenska fjärrkylesystemen. Sådan information skulle vara mycket intressant för andra länder inom EU.
- Hur kan affärsmodellen för fjärrvärme förändras? Hur ser kundens efterfrågan ut och vad krävs för att skapa en aktiv kund som bidrar till flexibilitet?
- Vilka digitala lösningar krävs för att möjliggöra ett utbyte av information med kund och göra kunder till en del i energisystemet? Och vilka andra nyttor kan en ökad digitalisering bidra med?

Inför kommande omgångar av forskningsprogrammet FutureHeat anses följande aktiviteter vara viktiga att beakta:

- Öka bredden på målen för programmet bortanför teknik
- För att etablera målen kan stöd tas in från akademi, värmekluster, Energimyndigheten med flera
- Säkerställ att beviljade projekt tillsammans täcker en önskvärd blandning av inriktningar och mål
- Etablera tydlighet i referensgrupper kring forskningsmetodik och rapportskrivning.
- Etablera ett bättre granskningsförfarande av projekt och projektrapporter.
- Se över finansieringsmodellen för att säkerställa att både utvecklingsprojekt och forskningsprojekt kan finnas med bland de projekt som finansieras.
- Säkerställ dokumentation av all forskning som genomförs på ett sätt som är spårbart.
- Vilka målsättningar finns för spridning av forskningsresultaten? För en direkt tillämpning av resultaten i den svenska fjärrvärmebranschen är svenska som språk i rapporterna eventuellt att föredra. För internationell spridning av forskningsresultaten krävs att rapporterna skrivs på engelska. Vilken målsättning är viktigast? Går det att göra en kombination?

Sist i rapporten ges en översikt över nationell och internationell forskning inom områdena fjärrvärme och fjärrkyla som pågår idag.

Nyckelord

Syntes, fjärrvärme, FutureHeat, forskningsresultat, Energiforsk

Summary

This report is a synthesis of the research and development program FutureHeats' first two stages. The synthesis work has been carried out on behalf of Energiforsk and the steering group in stage 2. It has been performed to provide an overview and a larger overall perspective of the knowledge generated in the two periods' 26 projects, and to form the basis for planning organization and focus in future research efforts.

FutureHeat is a research and development program on district heating which is managed by Energiforsk which is financed by Swedish district heating companies. The main goal of the program is to identify new opportunities for district heating companies in a market with ambitious environmental and climate goals, increased competition and an ageing system. The program was established in 2017 and has had two initial stages up to and including 2021. The projects in these two stages have had a total turnover of SEK 43 million, of which SEK 19 million has come from FutureHeat, and the rest from various co-financiers.

The synthesis assignment included the following activities:

- To make a compilation of the research results
- To analyze and interpret the research results and the extent to which the program as a whole has achieved the overall goals defined
- To make a compilation of how far one has come in various projects and research orientations and identification of knowledge gaps
- To make recommendations for further research
- To provide an overview of other research and consideration of external factors of importance to Swedish district heating companies for future research planning (based on the performers' existing knowledge and contact surfaces).

The synthesis has been carried out by four research-trained reviewers from three different disciplines (energy technology, economics and behavioral science) who all have their research fields in the district heating area. All reports have been read by at least two of the researchers and a paired multidisciplinary assessment has been made of the knowledge generated in the research projects and their associated research reports. The four researchers have jointly discussed overall conclusions, identified knowledge gaps and contributed with an outlook at other national and international research in the field of district heating.

The first two stages of FutureHeat have had different sub-goals, which have been used to guide the focus of research grants. The nature of the goals has influenced the research results with regard to selection, time perspective, focus and execution.

In stage 1, there have been four sub-goals, as well as research specializations:

- The network as a strategic infrastructure
- Heat storage (however, this sub-goal was handled in a separate program and is therefore not included in the synthesis evaluation)
- Buildings as balancing resources

- In a positive way contribute to other sectors' energy and climate goals

Within stage 1, 10 projects were implemented. Of these, it is assessed that:

- five projects have contributed to the sub-goal network as a strategic infrastructure; these projects have either been about fourth-generation district heating technology or about the status assessment of district heating pipes.
- three projects have contributed to the sub-goal of contributing in a positive way to other sectors' energy and climate goals. The projects have addressed how electricity and district heating systems can be connected and cooperate, they have been about tools for climate assessment of buildings' energy solutions, and the role of waste in the energy systems of the future
- two projects have touched on the sub-goal buildings as balancing resources - these projects have focused on methods and valuation of demand flexibility.

A project in stage 1 is not considered to have contributed to any of the three sub-goals.

The goal for the projects carried out within stage 2 was that the research would provide a basis for developing district heating and district cooling systems as well as the companies' operations, which could be classified under the following four research orientations:

- New thermal systems
- Strategic investment decisions
- Reduced operating and maintenance costs in existing systems
- Customer interest and customers' opportunity to be an active part of an efficient heating system

In stage 2, 16 projects were carried out, of which one project had no published documentation, this project has therefore not been covered by the synthesis. Of the projects in Stage 2, it is assessed that:

- 11 have contributed to the sub-goal reduced operating and maintenance costs in existing systems. The projects have affected the entire chain from production, distribution and use; including status assessment and service life prediction of district heating pipes and components, dimensioning of pipes, working methods for welding pipes, and hot water flows in apartment buildings.
- three projects have contributed to the sub-goal customer interest and customers' opportunity to be an active part of an efficient heating system. These projects have been about how prosumers can be connected to the district heating system; they have addressed business models for collaboration between district heating and heat pumps in properties; and focused on analysis of heat distribution and heating needs.
- two projects have contributed to the sub-goal new thermal systems. These two projects have addressed opportunities to utilize waste heat from data halls, as well as analysis of heat distribution and heating needs.
- A project is judged to have contributed to the sub-goal strategic investment decisions (again the project on analysis of heat distribution and heating needs).

Two projects are not considered to have contributed to any of the sub-goals within the stage, but one of these projects can be said to have met the sub-goal in stage 1 - To contribute positively to other sectors' energy and climate goals and has addressed environmental values of district heating in future sustainable housing areas.

A statement that can be made based on analysis of sub-goals and research focus is that the goals set for research within FutureHeat have been rather narrow. This has, on the one hand, resulted in interesting research results in the limited areas, but at the expense of other potentially important areas. It can further be stated that the fulfillment of goals within stage 1 can be said to be good based on the goals that have been set, while in stage 2 there has been a great predominance of research on existing systems and technology. Issues relating to new thermal systems, future business conditions and the necessary change for a competitive offer have been taken into account to a small extent.

Eight projects have been highlighted in this synthesis report as examples of projects that have extra potential to contribute to the benefit of the industry or that address particularly important issues, perspectives or challenges for the industry. These projects have concerned digitization, residual heat use, working methods and guidelines for welding district heating pipes, guidelines for hot water flows, business models that take into account the customer's perspective on the heating issue, dimensioning of distribution systems, the role of district heating systems for balancing the electricity system.

Based on the review and analysis of the programme's project reports that were carried out in the synthesis work, a varying quality of the research reports could be established. There are examples of reports where the purpose and issues have not been reported or have not been answered in the results sections of the reports, or that have no method descriptions. Some reports have no references, several have few references with a clear predominance of Swedish references. A result of new new district heating researchers working in FutureHeat projects is that projects and research is not always placed in the larger context. FutureHeat has the advantage of being a program where new researchers can learn the district heating trade. The shortcomings in research craft do not necessarily mean that these reports do not have an interesting content.

As input to future announcements of the program, a number of recommendations are given regarding possible research areas and possible activities to remedy identified shortcomings are suggested.

The following knowledge gaps have been identified as important to address in future research:

- Which long-term goals can be considered as guidelines for the Swedish district heating?
- The activities of the future are characterized by a new framework, how will the EU's proposed taxonomy affect cities and their district heating companies?
- What does the fuel mix of the future look like? Is biofuel and waste included?

- How should the current incineration of around one million tonnes / year of plastic in Swedish waste incineration be handled before 2030 when district heating is to be completely fossil-free?
- What conditions and opportunities exist for completely fossil-free top and reserve power before total fossil-free 2030?
- How can heat pumps be used as part of the system solution?
- How should district heating plants and district heating pipes that are installed now be dimensioned for tomorrow's conditions?
- What are the different benefits of seasonal stocks? Very large heat storage is currently being planned or built in Danish, Finnish, German, Swiss and Austrian district heating systems. Why are these not built in Sweden?
- What are the operating experiences from cooling solutions in Swedish district cooling systems? There are few documents that really describe what happens in the Swedish district cooling systems. Such information would be very interesting for other EU countries.
- How can the business model for district heating change? What does the customer's demand look like and what is required to create an active customer that contributes to flexibility?
- What digital solutions are required to enable the exchange of information with customers and make customers a part of the energy system? And what other benefits can increased digitization contribute to?

For future rounds of the FutureHeat research program, the following activities are considered important to consider:

- Increase the breadth of the goals of the program beyond technology
- To establish the goals, support can be obtained from academia, heating clusters, the Swedish Energy Agency and more
- Ensure that approved projects jointly cover a desirable mix of orientations and goals
- Establish clarity in reference groups on research methodology and report writing.
- Establish a better review procedure for projects and project reports.
- Review the funding model to ensure that both development projects and research projects can be included among the projects funded.
- Ensure documentation of all research is carried out in a way that is traceable.
- What are the objectives for disseminating the research results? For a direct application of the results in the Swedish district heating industry, Swedish as a language in the reports may be preferred. For international dissemination of research results, the reports must be written in English. Which goal is most important? Is it possible to make a combination?

At the end of the report, an overview is given of national and international research in the areas of district heating and cooling that is ongoing today.

Keyword

Synthesis, district heating, FutureHeat, research results, Energiforsk

Innehåll

1	Inledning	14
1.1	FutureHeats positionering gentemot tidigare fjärrvärmeforskning	14
1.2	Programmålen i FutureHeat	14
1.3	syntesarbetets upplägg	15
2	Sammanställning av forskningsresultaten	17
2.1	Etapp 1: Nätet som strategisk infrastrukturresurs	19
2.1.1	Fastighetsanpassning till 4GDH, 2018-535	19
2.1.2	Effektiv projektering av fjärde generationens fjärrvärmeteknik, 2018-547 / 548e	21
2.1.3	Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmerör med en icke förstörande metod, 2019-590	22
2.1.4	Livslängd och statusbedömning av högpresterande fjärrvärmenät, 2019-593	23
2.2	Etapp 1: Byggnader som reglerresurs	24
2.2.1	Termiska energimätare med korta integreringstider, 2018-530 / 561e	24
2.2.2	Värderingsmodell för efterfrågeflexibilitet, 2019-564 / 565e	26
2.2.3	Jämförelse av olika metoder för effektreducering i fjärrvärmenät, 2019-591	28
2.3	Etapp 1: Fjärrvärmens och fjärrkylans roll	30
2.3.1	El och fjärrvärme – samverkan mellan marknaderna, etapp III, 2019-570	30
2.3.2	Verktyg för klimatvärdering av byggnaders energilösningar, 2019-576	31
2.3.3	Avfalllets roll i framtidens energisystem - Energiutvinning ur avfall ur energibranschens perspektiv, 2019-589	33
2.4	Etapp 2: Systemteknik	34
2.4.1	Digital verktygslåda för prosumtion, 2020-681 / 696e	34
2.4.2	Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer, 2021-734	35
2.4.3	Livslängdsprediktering hos hybridisolerade FV-rör, 2021-799	36
2.4.4	Dimensionering av distributionssystem, 2021-813	37
2.4.5	Långtidsstudie av värmeledande pasta i dykfickor vid temperaturändring, 2021-814	38
2.4.6	Lättfyll som markfyllnadsmaterial, 2021-818	39
2.4.7	Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmeledning, 2021-830	40
2.4.8	Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer fortsättning, 2021-831	41
2.4.9	Livslängdsprediktering och statusutvärdering av fjärrvärmeledningar, 2022-851	42
2.5	Etapp 2: Omvärld och Marknad	43
2.5.1	Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter, 2020-678 / 679e	43

2.5.2	Internationell plattform för svenska termiska energisystem, 2020-680 / 676e	44
2.5.3	Varmvattenflöden i flerfamiljshus, 2021-800	46
2.5.4	Fjärrvärme i framtidens hållbara bostadsområden, 2021-812	48
2.5.5	Virtuella värmeverk, 2021-815 / 816e	50
2.5.6	Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov, 2022-850	51
2.5.7	Kartläggning av lågtemperaturnät, Seminarium	52
3	Analys och tolkning av forskningsresultaten	53
3.1	PROJEKTENS INRIKTNING	53
3.2	Måluppfyllelse	54
3.2.1	Perspektiv på programmets målsättningar	54
3.2.2	Projektens uppfyllande av FutureHeats mål	54
3.3	Utförande och kvalitet i projekten	57
3.3.1	Att kunna sätta forskningen i sitt sammanhang	57
3.3.2	Bristande kvalitetsgranskning	57
3.3.3	Utbildande program för nya fjärrvärmeforskare	58
4	Ny kunskap och kunskapsluckor	59
4.1	Ny kunskap	59
4.2	kunskapsluckor	60
5	Rekommendationer för fortsatt forskning i FutureHeat	62
5.1	MÅL, FORSKNINGENS INRIKTNING OCH KUNSKAPSLUCKOR	62
5.2	Utförande och kvalitet i projekten	62
5.3	Dokumentation av tidigare forskning	63
5.4	Förslag på åtgärder inför framtida program	63
6	Nationell och internationell utblick	65
6.1	Energimyndighetens Termo-program	65
6.2	Vinnova	65
6.3	EU-projekt	65
6.4	ERA-NET	66
6.5	IEA-DHC Technology Cooperation Programme	66
6.6	Implementeringsstöd	67
7	Referenser	68

1 Inledning

1.1 FUTUREHEATS POSITIONERING GENTEMOT TIDIGARE FJÄRRVÄRMEFORSKNING

Fjärrvärmeforskning i Sverige har bedrivits på ett systematiskt sätt sedan 1975, inom ramen för många olika forskningsprogram, som delvis har haft ett statligt ansvar och delvis haft ett branschansvar. En översikt över perioden 1981-1995 återfinns i (Henriksson & Werner, 1997), medan en översikt för senare år återfinns i syntesrapporten för perioden 2013-2017 (Sernhed, Lauenburg, Lygnerud, & Werner, 2017).

Ett exempel på ett tidigare forskningsprogram är Hetvattenprogrammet (1995-2005), som organiserades av branschorganisationen Svensk Fjärrvärme. Detta fick en efterföljare i programmet Fjärrsyn (2006-2017). Båda dessa två program finansierades delvis av fjärrvärmebolagen själva genom ett samarbete mellan branschorganisationen Svensk Fjärrvärme och Energimyndigheten. Svensk Fjärrvärme införlivades i april 2016 i Energiföretagen, som nu är en gemensam branschorganisation för energiföretag (el och värme).

I samband med att Energiföretagen startade kom branschens egen fjärrvärme- och fjärrkyleforskning att hanteras av Energiforsk, vilket är ett forsknings- och kunskapsföretag som både driver och samordnar energiforskning. Programmet FutureHeat etablerades 2017 av Energiforsk och har haft två inledande etapper. Verksamheten finansieras av intresserade fjärrvärme- och fjärrkyleföretag.

FutureHeat har haft en betydligt mindre omfattning än tidigare program med avseende på årlig omsättning. Projekten i de två första etapperna av programmet har haft en total omsättning på 43 miljoner kronor, varav 19 miljoner har kommit från FutureHeat.

Det bör anföras att det finns ytterligare fjärrvärmeforskning i och utanför Sverige utöver den verksamhet som FutureHeat bedriver. Ytterligare information om detta återfinns i kapitel 6.

1.2 PROGRAMMÅLEN I FUTUREHEAT

FutureHeat har hittills genomförts i två etapper. I etapp 1 var det långsiktiga målet att *"bidra till visionen om ett hållbart uppvärmningssystem med framgångsrika företag som utnyttjar nya tekniska möjligheter, där de samhällsinvesteringar som gjorts i fjärrvärme och fjärrkylesystem tas till vara på bästa sätt. Kostnadseffektiva lösningar som är anpassade till dagens och morgondagens system skulle vara ett prioriterat område i forskningen."*

Målbilden för FutureHeat har förändrats mellan etapp 1 och 2. Målbilden för de projekt som genomfördes inom etapp 2 (forskningsprojekt och utvecklingsprojekt) var något snävare och bestod i att: *"forskningen skall ge underlag för att utveckla fjärrvärme- och fjärrkylsystem samt företagets verksamhet."*

I Tabell 1 nedan listas vilka delmål som har varit uttalade i programmet och som har utgjort grund i för urvalskriterier vid programmets ansökningsprocess.

Tabell 1. Delmål i FutureHeat Etapp 1 och 2

Delmål Etapp 1	
1.1	Ökad livslängd av näten och en förberedelse för och implementering av nästa generations fjärrvärmenät
1.2	Byggnader som reglerresurs i syfte att uppnå minskade systemtemperaturer, minskad användning av topplastanläggningar och ett minskat slitage av fjärrvärmesystem
1.3	En översikt av kostnadseffektiva värmelager
1.4	Fjärrvärmens och fjärrkylesektorns möjligheter att bidra på ett positivt sätt till andra sektors energi och klimatmål
Delmål Etapp 2	
2.1	Visa möjligheter, förutsättningar och lösningar med nya termiska system
2.2	Peka ut riktningen inför strategiska investeringsbeslut
2.3	Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system
2.4	Ta till vara kundernas intresse och preferenser för fjärrvärme och fjärrkyla samtidigt som systemen utvecklas så att kunder aktivt kan vara en del av ett smart och effektivt uppvärmningssystem

Sammantaget kan konstateras att målbilden för FutureHeat etapp 1 och 2 är att utveckla fjärrvärme och fjärrkylaföretagens verksamhet. Delmål 1.1. innehåller två olika mål som är svåra att uppnå samtidigt.

De första två delmålen inom etapp 2 indikerar en önskan om att kunskap skall genereras för långsiktigt och strategiskt beslutsfattande. Det tredje målet syftar till ökad effektivitet i befintlig infrastruktur emedan det fjärde målet syftar till att bygga förståelse kring vad kund efterfrågar samt möjligheter att göra kund till en aktör som aktivt fattar beslut om sin värme- och kylanvändning.

1.3 SYNTESARBETETS UPPLÄGG

Syftet med att genomföra denna syntes har varit att ge ett underlag till kommande forskningsplanering och att sprida kunskap om forskningsresultaten från programmet. Syntesarbetet har också syftat till att utvärdera hur väl forskningsresultaten bidrar till de övergripande målen i FutureHeat och ska utgöra ett viktigt underlag för framtida prioriteringar.

Målen för syntesen enligt uppdragsbeskrivningen var att denna skulle innehålla:

- Sammanställning av forskningsresultaten
- Analys och tolkning av forskningsresultaten och i vilken grad programmet som helhet uppnått de övergripande mål som definierats
- Sammanställning av hur långt har man kommit inom olika projekt och forskningsinriktningar och identifiering av kunskapsluckor
- Rekommendation om fortsatt forskning

- Utblick mot annan forskning och beaktning av omvärldsfaktorer med betydelse för svenska fjärrvärmebolag inför kommande forskningsplanering. Detta med utgångspunkt i utförarnas befintliga kunskap och kontaktytor mot omvärlden.

Rapporten är upplagd så att efter detta inledande kapitel presenteras i kapitel 2 en sammanställning av forskningsresultaten i form av en kort beskrivning, analys och tolkning och en avslutande bedömning av måluppfyllelse av FutureHeats mål för respektive projekt. Kapitel 3 innehåller en analys av hur projekten bidrar med att uppfylla de uppsatta målen för de respektive etapperna. Identifierade kunskapsluckor har dokumenterats i kapitel 4, följt av förslag på fortsatt forskning i kapitel 5. Syntesen avslutas med en överblick av nationell och internationell fjärrvärmeforskning i kapitel 6.

Den metodik som har tillämpats i arbetet har varit att alla rapporter som har genererats inom ramen för FutureHeats etapp 1 och 2 har lästs av två olika, forskarutbildade granskare inom forskningsfältet fjärrvärme. Granskarna har dokumenterat vilket arbete som gjorts, tolkat resultaten och bedömt om projekten har nått programmets mål. Genom parvis bedömning av den kunskap som genererats har en multidisciplinaritet i analysen av materialet säkerställts (två av granskarna har teknisk kompetens medan de andra två granskarna har ekonomisk respektive beteendevetarkompetens). Avslutningsvis har de fyra granskarna gemensamt diskuterat övergripande slutsatser, identifierat kunskapsluckor och gett en utblick mot internationell och annan nationell forskning.

De vetenskapligt granskade artiklar, på engelska, som kommit ur forskningen som genomförts har även dokumenterats i denna syntesrapport.

2 Sammanställning av forskningsresultaten

Inom detta kapitel redovisas en resultatanalys strukturerad enligt de fem fokusområden som prioriterats under etapp 1 och 2 av FutureHeat mellan 2017 och 2021. Dessa fem fokusområden var:

- Etapp 1: Nätet som strategisk infrastrukturresurs
- Etapp 1: Byggnader som reglerresurser
- Etapp 1: Fjärrvärmens och fjärrkylans roll
- Etapp 2: Systemteknik
- Etapp 2: Omvärld och marknad

Inom varje fokusområde redovisas projekten med projektnamn och rapportnummer i rubrikerna. I de fall det finns en engelsk version av en slutrapport, så redovisas även detta rapportnummer med ett "e" efter rapportnumret. Det bör noteras att endast ett fåtal rapporter är översatta men i etapp valde styrgruppen istället att beställa en "omfattande engelsk sammanfattning om 5-20 sidor". Respektive projekt sammanfattas, resultaten tolkas och en koppling görs till programmets målsättningar och hur dessa bedöms uppfyllas i projektet.

Totalt genomfördes 10 projekt inom etapp 1 och 16 projekt inom etapp 2, vilket totalt innebär 26 genomförda projekt. Slutlig dokumentation finns tillgänglig från alla projekt utom ett (tidigare nämnda presentation kring lågtempererad fjärrvärme), vilket givit 25 forskningsrapporter från programmet mellan 2017 och 2021.

Inom etapp 1 och fokusområdet "Nätet som strategisk infrastrukturresurs" har fyra projekt genomförts:

- Fastighetsanpassning till 4GDH, 2018-535
- Effektiv projektering av 4:e generationens fjärrvärmeteknik, 2018-547 / 548e
- Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmerör med en icke förstörande metod, 2019-590
- Livslängd och statusbedömning av högpresterande fjärrvärmenät, 2019-593

Inom etapp 1 och fokusområdet "Byggnader som reglerresurser" har tre projekt genomförts:

- Termiska energimätare med korta integreringstider, 2018-530 / 561e
- Värderingsmodell för efterfrågefleksibilitet, 2019-564 / 565e
- Jämförelse av olika metoder för effektreducering i fjärrvärmenät, 2019-591

Inom etapp 1 och fokusområdet "Fjärrvärmens och fjärrkylans roll" har tre projekt genomförts:

- El och fjärrvärme – samverkan mellan marknaderna, etapp III, 2019-570
- Verktyg för klimatvärdering av byggnaders energilösningar, 2019-576
- Avfalllets roll i framtidens energisystem - Energiutvinning ur avfall ur energibranschens perspektiv, 2019-589

Inom etapp 2 och fokusområdet "Systemteknik" har nio projekt genomförts:

- Digital verktygslåda för prosumtion, 2020-681 / 696e

- Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer, 2021-734
- Livslängdsprediktering hos hybridisolerade FV-rör, 2021-799
- Dimensionering av distributionssystem, 2021-813
- Långtidsstudie av värmeledande pasta i dykfickor vid temperaturändring, 2021-814
- Lättfyll som markfyllnadsmaterial, 2021-818
- Fältförsök för statusbedömningar av fjärrvärmeledningar 2021-830
- Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer fortsättning, 2021-831
- Livslängdsprediktering och statusutvärdering av fjärrvärmeledningar, 2022-851 / 872e

Inom etapp 2 och fokusområdet "Omvärld och marknad" har sju projekt genomförts:

- Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter, 2020-678 / 679e
- Internationell plattform för svenska termiska energisystem, 2020-680 / 676e
- Varmvattenflöden i flerfamiljshus, 2021-800
- Fjärrvärme i framtidens hållbara bostadsområden, 2021-812
- Virtuella värmeverk, 2021-815
- Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov, 2022-850 / 867e
- Kartläggning av lågtemperaturnät, men ingen publicerad dokumentation

2.1 ETAPP 1: NÄTET SOM STRATEGISK INFRASTRUKTURRESURS

2.1.1 Fastighetsanpassning till 4GDH, 2018-535

Utförare: FVB Sverige

Rapportsammanfattning

Projektsyftet som har angivits i rapporten är att visa på hur fjärde generationens fjärrvärme ska kunna implementeras i nya flerbostadshus med modifierade tekniklösningar och därigenom förbättra sannolikheten för att fjärrvärme även i framtiden ska kunna vara ett ekonomiskt realistiskt uppvärmningsalternativ.

Rapporten utgår enbart från den tekniklösning som har föreslagits i rapporten *Framtida fjärrvärmeteknik* (Averfalk & Werner, 2017) och som bygger på att det i flerbostadshus installeras en egen fjärrvärmecentral till varje lägenhet, och att ett tredje fjärrvärmerör dras från varje fjärrvärmecentral och som sköter varmhållningen istället för en konventionell VVC-krets. Den primära framledningstemperaturen anges ligga på 50-55° C och returtemperaturen på 20-25° C.

Rapporten är uppbyggd som en kort faktabok indelad i tre huvudkapitel 1) distributionssystem 2) fjärrvärmecentralen 3) sekundärsystem. Med sekundärsystem avses i det här fallet kundernas husinterna uppvärmningssystem.

I kapitlet om distributionssystem diskuteras systemtemperaturer och vad som sätter gränserna för detta, val av rörmaterial, distributionsförluster och tryckhöjd för leverans. I kapitlet om fjärrvärmecentralen behandlas krav på fjärrvärmecentraler i förhållande till tappvarmvattenbehov och rumsuppvärmningsbehov. I kapitlet om sekundärsystem diskuteras olika typer av husinterna uppvärmningssystem såsom radiatorsystem, golvvärme och luftburen värme.

Analys och tolkning av resultat

Rapportens titel och angivna syfte förespeglar anpassningar i fastigheter, vilket gör att man förleds att tro att rapporten handlar om hur befintliga byggnader kan anpassas till fjärde generationens fjärrvärme. Innehållet i rapporten är i själva verket inriktat på nybyggnation, vilket borde ha förtydligats i rapportens inledning.

Den definition av fjärde generationens fjärrvärme som används anser vi är snäv då den endast utgår från den tekniklösning som angetts i rapporten från 2017. Averfalk och Werners rapport innehåller flera intressanta idéer eller exempel på tekniklösningar anpassade till fjärde generationens fjärrvärme, men dessa ska inte ses som de enda möjliga lösningarna. Rapportens innehåll hade blivit mer intressant om man i stället hade diskuterat olika möjliga systemlösningar med utgångspunkt från låga systemtemperaturnivåer.

Rapporten får sägas vara en kort faktabok, som i stort bygger på författarnas egna erfarenheter. Det saknas beskrivning av hur man har gått till väga för att samla in den information som ges i rapporten. Någon strukturerad genomgång av litteratur

på området har inte gjorts och väldigt mycket av den fakta eller de påståenden som görs i rapporten saknar källor. De få källor som har angivits - 17 referenser varav en är dubbelbokförd i referenslistan, är alla på svenska - utgör en tämligen mager utblick mot den litteratur om tekniklösningar för fjärde generationens fjärrvärme som finns på området idag.

Vidare är flera av de tips eller rekommendationer som ges i rapporten, inte specifika för lågtemperaturfjärrvärme utan utgörs av allmängiltiga byggregler och allmän byggpraxis för uppvärmningssystem, exempelvis följande citat från rapporten:

"Det är fjärrvärmeleverantörens uppgift att säkerställa att servisledningar och byggnadsinterna rörledningar dimensioneras på ett sådant sätt att fullgod leverans kan uppnås vilket innebär att denne ska vara involverad i dimensionering och konstruktion av rörledningarna i fastigheten i ett tidigt skede." (sida 11)

"I de fall tappkallvattenledningar förläggs tillsammans med värmeledningar måste åtgärder tas för att förhindra uppvärmning av tappkallvattnet. Enligt BBR 6:22 ska installationerna i så fall utformas så att tappkallvattnet ska kunna vara stillastående i 8 timmar utan att temperaturen på tappkallvattnet överstiger 24 °C (sida 12)

Visst innehåll får även sägas hålla en alltför grund nivå för att kunna ge ny insikt och kunskap till rapportens målgrupp som torde vara fjärrvärmeleverantörer och byggherrar. Väldigt lite i rapporten fokuserar på sekundärsystemen (två och en halv sidor) och man missar att beskriva att det som i dagsläget sätter gränserna för hur lågt man kan gå i systemtemperaturer är tappvarmvattenberedningen. Man tar visserligen upp Boverkets krav på 50 °C vid tappstället, men man gör ingen utblick för vilka alternativa tekniker som skulle kunna användas för att kunna lösa avdödning av legionellabakterier i varmvattnet, eller eventuella behov av att kunna ändra regelverket, vilket hade givit ett intressant bidrag till möjlig fastighetsanpassning.

Måloppfyllelse för FutureHeat

Projektet kan hänföras till den del av delmål 1.1 som handlar om förberedelse för och implementering av nästa generations fjärrvärmenät. Rapportens titel förespeglar ett innehåll som handlar om hur fastigheter kan anpassas till fjärde generationens fjärrvärme, vilket hade varit ett viktigt bidrag till detta delmål. Väldigt lite i rapporten fokuserar dock på sekundärsystemen i fastigheterna. Detta, tillsammans med ovanstående kritik om avgränsningar, brist på strukturerad informationsinsamling och brist på målgruppsanpassning minskar användbarheten av rapportens innehåll.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (DAHLBERG LARSSON, SELINDER, & WALLETUN, 2018)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.1.2 Effektiv projektering av fjärde generationens fjärrvärmeteknik, 2018-547 / 548e

Utförare: IVL Svenska Miljöinstitutet

Rapportsammanfattning

Projektsyftet är enligt rapporten att jämföra ett tredje generationens fjärrvärmenät (3GDH) med konventionellt tvårörssystem med fjärde generationens fjärrvärmenät (4GDH) med ett trerörssystem med utformning enligt (Averfalk & Werner, 2017) i nybyggnation av ett sekundärnät.

Rapporten innehåller två delar där den första är en studie som jämför 3GDH och 4GDH i ett nybyggnadsområde utifrån tre olika aspekter: distributionsförluster, installationskostnader, miljöpåverkan. Den andra delen handlar om att undersöka om det kan vara kostnadseffektivt att använda el som kompletterade värmekälla i fjärrvärmesystem de dagar som det finns ett överskott på vindkraftsel och som därmed ger låga elpriser. Enligt resultaten är kostnaderna och miljöpåverkan lägre för 4GDH än för 3GDH. För distributionsförluster blir förlusterna i mark lägre men förlusterna i byggnaderna högre. Vad gäller el för kompletterande värmeproduktion är resultatet att det inte är ekonomiskt försvarbart då det är billigare med biobränslen även då elen har lågt pris.

Analys och tolkning av resultat

Projektet konstaterar att det både ekonomiskt och miljömässigt är positivt med 4GDH relativt 3GDH, men nyttorna för respektive systemlösning har inte fullt ut analyserats och kvantifierats. Den viktigaste anledningen till sänkta distributionstemperaturer är inte minskade distributionsförluster, utan möjligheten till att utnyttja värmekällor med lägre temperaturer och att öka systemverkningsgraden. Denna nytta nämns bara i förbigående, trots att det är den största nyttan med sänkta distributionstemperaturer. Denna nytta ingår ej heller i jämförelsen mellan 3GDH och 4GDH, då värmetillförseln huvudsakligen består av tillförd värme från en pelletspanna eller en elpanna. Utifrån denna förutsättning genereras endast liten nytta för alternativet med 4GDH. Den stora nyttan med 4GDH kommer fram om lågtemperaturvärme, värmepump eller solvärme hade använts i värmetillförseln.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet bidrar till att uppfylla delmål 1.1.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (AVERFALK, DALMAN, KILERSJÖ, LYGNERUD, & WELLING, 2018a)

Engelsk version: (AVERFALK, DALMAN, KILERSJÖ, LYGNERUD, & WELLING, 2018b)

Artikel: Ingen

2.1.3 Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmerör med en icke förstörande metod, 2019-590

Utförare: Chalmers

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att vidareutveckla en icke förstörande metod som möjliggör en termisk statusbedömning på ledningar i marken genom en avsvalningsmetod. Med statusbedömning avses i detta fall kondition på rörisoleringen.

Projektet har genomfört fältförsök på två olika platser, en i Mölndal (528 meter rör (DN250/400) och en i Falun 456m rör (DN350/550). I Falun utfördes två separata mätningar och i Mölndal en. Metoden går i korthet ut på att man fyller röret med framledningsvatten från fjärrvärmenätet; när man når ett temperaturmässigt stationärt läge stänger man den ledning som skall kontrolleras och mäter avsvalningshastigheten. Resultaten visar att detta är en möjlig metod för att bedöma isoleringens status med avseende på dess förluster.

Analys och tolkning av resultat

Studien som sådan är väl genomförd, men det som saknas är en analys av vilken nytta resultaten från mätningarna har. Således, om man upptäcker att en ledning har degraderad isolering, vad genererar detta då för åtgärd? Kan det minska kostnader? Utbyteskostnaderna att byta ut en ledning är mycket höga i förhållande till värmeförlusterna och det är ett känt faktum att det aldrig är lönsamt att byta en ledning enbart på grund av höga värmeförluster.

Det kan finnas andra samverkande effekter avseende ledningarnas status. De diskuterats endast kortfattat i rapporten (delvis i kapitel 3 och slutet av kapitel 9) men kunde diskuterats ytterligare.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet bidrar till att uppfylla delmål 1.1.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (LIDÉN, 2019)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.1.4 Livslängd och statusbedömning av högpresterande fjärrvärmenät, 2019-593

Utförare: Chalmers

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var fortsatta mätningar vid fältstationer och laboratorium för att kunna fastställa livslängden för hybridisolerade fjärrvärmerör. Detta är ett långsiktigt projekt som ska generera ny kunskap om en nyutvecklad tillämpning för högtemperatur-fjärrvärme. Relevansen för lågtemperatur-fjärrvärme bör vara lägre.

Detta är den fjärde delrapporten av ett flerårigt projekt som tidigare har rapporterats i (Adl-Zarrabi & Berge, 2012), (Adl-Zarrabi, 2013) och (Adl-Zarrabi, Berge, Liden, Domhagen, & Ramnäs, 2017). Den femte delrapporteringen återfinns i etapp 2 av FutureHeat.

Analys och tolkning av resultat

Tolkning av denna rapport utförs i samband med vår sammanfattning av rapport 2021-799, som ingår i samma projekt, se avsnitt 2.4.3.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet bidrar till att uppfylla delmål 1.1.

Dokumentation av projektet

Delrapport: (ADL-ZARRABI & MARZBANRAD, 2019)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.2 ETAPP 1: BYGGNADER SOM REGLERRESURS

2.2.1 Termiska energimätare med korta integreringstider, 2018-530 / 561e

Utförare: RISE

Rapportsammanfattning

I rapporten anges inget projektsyfte, men bakgrunden är att korta integreringstider i tidigare mätarteknologi varit för energikrävande för att vara tillämpligt men att numera tillgänglig teknologi medger en minskad integreringstid, vilket skulle innebära en mer korrekt mätning av värmeanvändningen hos fjärrvärmekunder.

Nio värmemätare, alla av samma fabrikat, delades upp i tre olika grupper om vardera tre mätare med olika integreringstider 32, 8 respektive 2 sekunder. Dessa testades sedan i laboratorium hos RISE mot en varmvattencykel som tagits fram av Energiföretagens mätargrupp som skall representera en typisk tappcykel för ett enbostadshus. I tappcykeln ingår varmvattentappningar på mellan 30 sekunder och upp till 10 minuter. Som jämförelse testades också mätarna med konstant flöde. Slutsatsen i rapporten är att de mätare med 2 respektive 8 sekunders integreringstid hade samma mätavvikelse som vid konstant flöde. För 32 sekunders integreringstid ökade felmätningen med 1 %-enhet (från 2 till 3%)

Analys och tolkning av resultat

Projektet har visat att kortare integreringstider är 8 sekunder inte har någon effekt på uppmätt energi, men att det faktiskt inte har någon nämnvärd effekt ens om man ökar den till 32 sekunder. Eftersom varmvattenanvändningen i flerbostadshus och den ökade inmätningen endast härrör från variationer i värmeanvändning med hänseende till varmvatten, är ökad inmätning med hänseende till minskad integreringstid i storleksordningen 0,2% av totala värmeanvändningen och även om varmvattenandelen av det totala värmebehovet i framtiden kommer att bli högre är vinsterna med minskad integreringstid mycket små. I sammanhanget är det snarare att samtliga nio mätare mätte 2% för lite i relation till referensmätningen som är anmärkningsvärt. Således kan man utifrån studien konstatera att minskad integrationstid i värmemätare inte har någon praktisk betydelse vad gäller inmätning av varmvattenanvändning.

Det är dock en viktig insikt som presenteras att det inte finns någon anledning att minska integreringstider, vilket för många säkert går emot "magkänslan". Det gör att man kan fokusera på rätt saker och att minskade integreringstider i värmemätare inte är en av dem. Det är bra att det görs projekt med avseende på mätnoggrannhet för att upprätthålla trovärdigheten för värmemätningarna.

Projektet visar att man har mycket små vinster att göra vad gäller minskad integreringstid, utan att fokus i stället bör läggas på generell mätnoggrannhet eftersom det enligt studien är 10 ggr större potentiell vinst.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet uppfyller inte något av delmålen för Etapp 1. Däremot skulle det kunna sägas uppfylla delmål 2.1 från etapp 2: Peka ut riktningen för strategiska investeringsbeslut

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (FOLKESON, MÅNSSON, & FRANZEN, 2018)

Engelsk version: (FOLKESON, MÅNSSON, & FRANZEN, 2019)

Artikel: Ingen

2.2.2 Värderingsmodell för efterfrågeflexibilitet, 2019-564 / 565e

Utförare: Utilifeed

Rapportsammanfattning

Projektets syfte har varit att ta fram ett verktyg för att kunna kvantifiera nyttan med efterfrågeflexibilitet i byggnader anslutna till fjärrvärme, med målet att alla svenska fjärrvärmebolag ska få en uppfattning om och kunna exploatera dessa nyttor. Värden av flexibilitet för värmelagring i byggnader, lastväxling mellan värmepump och fjärrvärme, samt fastighetsnära borrhållslager har kartlagts genom en potentialstudie med en simuleringsmodell med sex typnät (egentligen tre typnät med olika produktionssammansättning med eller utan ackumulatortank).

I studien har det ekonomiska värdet av flexibiliteten värderats utifrån påverkan på rörlig driftskostnad, miljövärde i form av minskade (eller ökade) ton koldioxidekvivalenter och möjlighet till balansering av elnätet. Även värden såsom möjlighet att minska behov av produktions- eller överföringskapacitet har beräknats i studien.

Analys och tolkning av resultat

Efterfrågeflexibilitet innebär att man i stället för att öka kapacitet i produktion och överföring, kan använda sig av direkt eller indirekt laststyrning eller substituering på användarsidan för att få en balans mellan tillförsel och efterfrågan. Nyttor av efterfrågeflexibilitet beskrivs i rapporten för tre metoder: värmelagring i byggnader, lastväxling mellan värmepump och fjärrvärme, samt fastighetsnära borrhållslager.

Intressanta slutsatser dras om flexibilitetens värden i olika typnät, med eller utan ackumulatortank. Användbarheten av de ekonomiska resultaten i rapporten begränsas dock då man inte har tittat på vilka kostnader som tillkommer för att erhålla dessa nyttor, såsom exempelvis betydligt ökad kundkontakt, installation av utrustning och arbete med att ta fram lämplig form på kontrakt och arbete med analyser. Det är också svårt att värdera den ekonomiska nyttan då den inte uttrycks i form av ett nyckeltal (exempelvis kr/MWh). Detta hade möjliggjort jämförelse av alternativa metoders ekonomiska nytta. Det man får i rapporten är mer av en "mellan tummen och pekfinger uppfattning" av storleken på de ekonomiska nyttorna. Försök har dock gjorts i studien att göra resultaten mer tillgängliga för fjärrvärmesystem av olika storlek och med olika bränslemixar genom en omvandlingstabell som återfinns i appendix.

Ett alternativ till att använda lagringskapacitet eller substituering hos kunderna skulle kunna vara att investera i central lagringskapacitet i fjärrvärmenäten (ackumulatortankar och säsongslager). Det finns studier (Gadd & Werner, 2020) som visar på att stora värmelager blir allt billigare, varför man kan ställa sig frågan om det är värt att arbeta med efterfrågeflexibilitet i fjärrvärmesammanhang? Det hade varit intressant med en ekonomisk värdering där man jämförde investering i efterfrågeflexibilitet med investeringar i centrala värmelager, men detta är dock inget som tas upp i rapporten.

Även om det inte angavs vara rapportens syfte, så förs en intressant diskussion om affärsmodeller knutna till de olika flexibilitetslösningarna i rapporten. Denna diskussion har lett vidare till projektet Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter med rapporterna 2020-678 / 679e, som finns redovisat i avsnitt 2.5.1.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Rapporten behandlar byggnader som reglerresurs som en av de tre metoder som togs upp i rapporten, vilket var ett uttalat mål för programmets första etapp (delmål 1.2). Studien ger ett bidrag till att värdera efterfrågeflexibilitet utifrån ekonomi och miljö som kan ge viktig input till fjärrvärmeföretag som funderar på att investera i lösningar för laststyrning, även om utvärdering av olika alternativ försvåras då man inte har gjort resultaten jämförbara. De metoder som tas upp tillämpas redan idag av några fjärrvärmebolag, exempelvis Göteborg Energi och Kraftringen, vilket visar på att det kan finnas ett kommersiellt intresse från branschen för denna typ av lösningar.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (KENSBY, JOHANSSON, JANSSON, & CARLSSON, 2019b)

Engelsk version: (KENSBY, JOHANSSON, JANSSON, & CARLSSON, 2019a)

Artikel: Ingen

2.2.3 Jämförelse av olika metoder för effektreducering i fjärrvärmenät, 2019-591

Utförare: FVB Sverige

Rapportsammanfattning

Syftet som anges i rapporten är att jämföra ett antal effektreducerande åtgärder genom att applicera dem på lika många verkliga fjärrvärmesystem som står inför olika effektrelaterade utmaningar. På detta vis ämnar man utgöra ett stöd i tidiga skeden av fjärrvärmebolags arbete med effektreducerande åtgärder, samt att inspirera till nya metoder för effektreducering.

Lösningarna hos tre av fallen går ut på att man använder byggnadernas tröghet som värmelager för att kunna flytta värmelast vid kritiska perioder. De andra fallen handlar om att kunna ansluta nya byggnader i ett trångt nät genom att bygga lågtempererad fjärrvärme som försörjs genom shuntning från returledningen hos det konventionella nätet, respektive att placera en ackumulatortank på en strategisk plats i nätet.

I rapporten läggs även stor tyngdpunkt på teoridel om statistiska analyser av väderdata.

Analys och tolkning av resultat

Angreppssättet är en beskrivning av fem fall med olika metoder som kan lösa olika typer av effektproblem. Det är intressant med fallbeskrivningarna - i de fall som har beskrivits kan energibolag få en uppfattning av potentialen av lösningarna, men det finns ingen möjlighet till jämförelse mellan de olika metoderna då potentialen mäts på helt olika sätt och anges i olika enheter.

Rapporten är övervägande skriven på ett sätt som utgår från författarnas egna erfarenheter. På många ställen i rapporten saknas referenser. Referenser saknas också för var vissa figurer och diagram är hämtade, vilket gör det svårt att avgöra informationens validitet och att avgöra hur väl rapportens innehåll överensstämmer med tidigare forskning, eller om de påståenden som görs är allmängiltiga eller bara egna tumregler och "sanningar". Därmed inte sagt att rapporten inte har ett intressant innehåll.

Teoridelen om statistiska analyser av väderdata skulle kunna ge värdefull input till branschen utifrån situationen med minskade värmelaster, där klimatdataanalyser för framtida dimensionering av effektbehov kan vara intressanta. Teoridelen är svårläst om man inte har en bakgrund inom ämnet, inte minst eftersom man gör analogier till författarnas specialområde och inte beaktar att läsaren kan vara mindre insatt i dessa. Det förefaller, när man läser rapporten, som att man får två rapporter i en vilket gör att man undrar vilken målgrupp som rapporten är riktad till.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Syftet i rapporten stämmer överens med programmets målsättningar om att bidra till ett hållbart energisystem inom området: Byggnader som en reglerresurs (delmål 1.2) i syfte att uppnå lägre systemtemperaturer, minskad användning av

topplastanläggningar och ett minskat slitage av fjärrvärmesystemen. De effektreducerande åtgärder som tas upp i rapporten rör dock inte bara byggnaden som reglerresurs utan tar även upp två andra lösningar; att ansluta nya kunder i ett lågtemperaturnät genom att ansluta till returledningen på det konventionella nätet, samt att använda en ackumulatortank på strategisk plats i nätet.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (SÖDERBERG, EKSTRÖM, & SAGEBRAND, 2019)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.3 ETAPP 1: FJÄRRVÄRMENS OCH FJÄRRKYLANS ROLL

2.3.1 El och fjärrvärme – samverkan mellan marknaderna, etapp III, 2019-570

Utförare: Profu

Rapportsammanfattning

Huvudsyftet i rapporten har varit att analysera hur Sveriges samlade fjärrvärmesystem svarar på förändringar på framtidens elmarknad och hur koppling mellan elsystemet och fjärrvärmesystemet möjliggör ömsesidig påverkan.

Ansatsen är energisystemsmodellering i EPOD (European Power Dispatch) och det påvisas att kraftvärmekapacitet i framtiden bidrar till systemnytta genom att öka den tillgängliga effekten i Sverige. Vidare påvisas att dagens skattesystem utgör ett reellt hinder för fjärrvärmeföretag att nyttja billig överskottsel. Denna rapport tillhör etapp 3 i projektet. Denna etapp skiljer sig från tidigare etapper genom att beakta Sveriges samlade fjärrvärmeproduktion. I tidigare etapper belystes ett fåtal fjärrvärmesystem.

Analys och tolkning av resultat

Hur de svenska fjärrvärmesystemen påverkas av förändringar i elsystemet och omvänt, hur fjärrvärmesystemen kan bidra under perioder då elbalansen är ansträngd eller under perioder då utbudet av el till låga priser är extra stort på elmarknaden, är i fokus. Intressant utfall är att elskatten är ett hinder för att använda billig överskottsel. En slutsats är att fjärrvärmens bidrag är litet i elnätet vilket negativt påverkar nyttan med samverkan.

EPOD är baserad på antaganden, där vissa kan ifrågasättas (exempelvis: Ser lastprofilen likadan ut 2030? Kan anläggningarna regleras på timbasis?). Referenshanteringen är bristande, kanske beror det på att denna rapport är etapp 3 och att läsaren förväntas vara bekant med tidigare etapper av arbetet. Rapporten renderar resultat på en nivå som berör Sverige. Frågan är vilken målgrupp man har i åtanke. Är det den politiska nivån eller de som påverkar beslut kring att behålla/ nyinvestera i kraftvärmeverk?

Måluppfyllelse för FutureHeat

Under en av de mer konkreta punkterna som listas för FutureHeats mål, etapp 1 skall forskningen bidra till att öka förståelse kring hur fjärrvärme och fjärrkyla kan bidra till andra sektors möjligheter att uppnå energi- och klimatmål. Vi finner att rapporten kan kopplas till detta mål (1.4).

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (UNGER & HOLM, 2019)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.3.2 Verktyg för klimatvärdering av byggnaders energilösningar, 2019-576

Utförare: IVL Svenska Miljöinstitutet

Rapportsammanfattning

Syftet med projektet har varit att vidareutveckla ett verktyg som har utvecklats i två tidigare Fjärrsynprojekt för att beräkna hur en förändring i byggnadens energianvändning (el, värme, kyla och bränslen) påverkar utsläpp av växthusgaser med hänsyn tagen till interaktionen med energisystemet. I detta projekt ämnades uppnås en bättre användarvänlighet och en bättre funktionalitet av analysverktyget.

Målet med projektet har varit att förse fastighetsägare, konsulter, kommuner och byggherrar med ett beslutstödswerktyg vid planeringar av energieffektiviseringsåtgärder och för egen produktion av el, värme eller kyla i eller på byggnaden. Verktøget kan även användas av energibolag för klimatbedömningar av olika investeringar i fjärrvärmesystem (eller i byggnader som är anslutna till fjärrvärmesystemet).

Analysen av energisystemet inkluderar konsekvenser som uppstår både i det lokala fjärrvärmesystemet och i det nordeuropeiska elsystemet. Beräkningarna beaktar i nuläget energianvändning och energiomvandling under driftfasen, energianvändning för produktion av byggnadsmaterial och liknande har inte ingått i projektet.

Analys och tolkning av resultat

Framtagandet av verktyget har inneburit en systematisering av en mycket komplex verksamhet. Huruvida modellen styr rätt eller inte är svårt att ha en egentlig uppfattning om då den naturligen bygger på en hel del antaganden. Ett antagande som kan diskuteras är exempelvis hur man värderar utsläpp från värmeåtervinningsprocesser i avfallseldade kraftvärmeverk jämfört med värdering av utsläpp från industriell spillvärme. Vilket led i kedjan ska belastas med utsläppen? I dagsläget belastas fjärrvärme- och elproduktion från avfallseldning med utsläppen, medan i spillvärmefallet belastas industrin som tillverkar en produkt eller tjänst med utsläppen. Och ändå handlar båda fallen om värmeåtervinning och man skulle kunna anamma en "polluters pay principle".

Syftet med verktyget är att det ska vara en hjälp vid investeringsbedömningar och analysverktyget bör med denna utgångspunkt hantera en lång tidshorisont som tar hänsyn till investeringarnas livslängd (vilket ju kan vara hundra år när det gäller byggnader). Hur hanteras verktygets indata när det gäller prognoser på lång sikt? Exempelvis planeras ju vår elanvändning att fördubblas genom elektrifiering av transportsektorn och industrisektorn, hur tar verktyget hänsyn till denna prognos?

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet bidrar med kunskap om fjärrvärmens och fjärrkylesektorns möjligheter att bidra på ett positivt sätt till andra sektors energi och klimatmål (delmål 1.4). Användbarheten av verktyget beror dock på fastighetsägares och byggherrars

intresse av att använda ett sådan här analysverktyg och de resultat som analysen kan ge. Vi ser att det finns minst två invändningar till användbarheten:

1. Boverkets byggregler styr hårdare än en frivillig användning av analysverktyget
2. Man kan fråga sig hur aktuellt detta verktyg är för fjärrvärme- och fjärrkylebranschen, då branschen som helhet har kommunicerat att man ska vara fossilfri till 2030 I ett sådant scenario behövs inte denna typ av analyser längre ur fjärrvärmeperspektivet.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (LÄTT, GODE, et al., 2019)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.3.3 Avfallets roll i framtidens energisystem - Energiutvinning ur avfall ur energibranschens perspektiv, 2019-589

Utförare: IVL Svenska Miljöinstitutet

Rapportsammanfattning

Projektets övergripande mål enligt rapporten är "att utreda hur avfallets roll i energisystemet kan komma att förändras i framtiden och vad det får för konsekvenser för energibranschen."

Avfall spelar en stor roll i dagens värmeförsörjning och frågan är hur framtida avfallsmängder kommer att förändras. I rapporten har man tagit fram fem olika scenarier och i samtliga kommer det att finnas avfall tillgängligt under överskådlig tid. Dock kan behovet av import komma att öka och energivärdet till följd av minskad plastanvändning och ökad återvinning kan komma att minska i framtiden. Rapporten visar på motstridigheten att minska avfallsmängder samtidigt som incitamentet att göra det sjunker i och med att energiåtervinning fortsatt bedrivs. Inom ramen för projektet har man också genom en workshop med fjärrvärmekunder konstaterat att det finns en acceptans för avfallsförbränning.

Analys och tolkning av resultat

Eftersom deponi av avfall inte är tillåtet och det i många länder i Europa saknas möjlighet att tillvarata energi vid avfallsförbränning, kommer det under överskådlig tid finnas avfall tillgängligt för fjärrvärmesektorn. Det innebär att fjärrvärmebranschen sannolikt kommer att släppa ut fossil koldioxid. Även om kunder enligt rapporten accepterar det idag så kanske de inte gör det i framtiden. Som rapporten visar kan avfallsförbränning var positivt ur ett klimatperspektiv även om avfallet innehåller fossil plast, men här kanske branschen måste vara proaktiv och informera kunderna om att så är fallet om man fortsatt vill elda avfall. Vad gäller workshoparna med kunder är det svårt att utifrån rapporten tolka om svaren är allmängiltiga, eftersom det finns väldigt lite information om deltagare.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet kan hänföras till delmål 1.1 och 1.4.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (LÄTT, SUNDQVIST, et al., 2019)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4 ETAPP 2: SYSTEMTEKNIK

2.4.1 Digital verktygslåda för prosumtion, 2020-681 / 696e

Utförare: Utilifeed

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att ge energibolag de verktyg de behöver för att de på ett kostnadseffektivt sätt ska kunna lansera standardiserade kunderbudanden för inmatning av värme i fjärrvärmenätet från prosumenter.

Fokus är små restvärmeleveranser från två olika typer av restvärmekällor: datahall och livsmedelsbutik. Den ekonomiska potentialen för den sortens restvärmeåtervinning belyses i sex svenska typnät med hjälp av simuleringsmodell. Prissättningen på levererad värme sägs vara en viktig faktor och information som behöver delas löpande är energipriser, väderprognoser, leveranstemperaturer och leveransplaner.

Analys och tolkning av resultat

Rapporten innehåller inte någon orientering kring kunskapsläget. Istället går man rakt in i tillämpade fall. Det förefaller som om projektet vidareutvecklar produkter/ tjänster som redan finns hos fjärrvärmeföretag snarare än att skapa ny kunskap. Fokus är enbart Sverige och svenska förhållanden, detta till trots innehåller inte studerade typfall avfallsförbränning, vilket har en betydande roll i Sverige.

Endast systemnytta i fokus vilket skapar frågor kring hur man skall engagera potentiella prosumenter. Man identifierar ersättning för energi, effekt, avdrag för felaktig leveranstemperatur och fasta kostnader, men adresserar inte att prosumenten är ute efter en win-win lösning. Man tar fjärrvärmeföretagets perspektiv och utgår från att det är detta som skall optimeras vilket kan ifrågasättas om man vill etablera en långsiktig prosumenterelation.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Ett konkretiserande mål som handlar om att ta till vara kundernas intresse och preferenser och möjliggöra aktiv kundmedverkan i smarta och effektiva uppvärmningssystem (2.4) uppfylls.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (KENSBY, OTTOSSON, EKLUND, FRANSSON, & JOHANSSON, 2020b)

Engelsk version: (KENSBY, OTTOSSON, EKLUND, FRANSSON, & JOHANSSON, 2020a)

Artikel: Ingen

2.4.2 Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer, 2021-734

Utförare: Högskolan Väst

Rapportsammanfattning

Syftet med detta projekt var att studera svetsfel som kan uppstå vid svetsning av fjärrvärmerör bestående av stålrör med hög restmagnetism, samt undersöka orsakerna till denna restmagnetism och komma med förslag till åtgärder.

Svetsfelen undersöktes genom en metodutveckling med en beräkningsmodell för karakterisering av magnetfält i magnetiserade fjärrvärmerör, en robust mätmetod för mätning av restmagnetism samt en experimentell metod för att skatta tröskelvärden för restmagnetism där ljusbågsavlänkning uppstår. Orsakerna till höga nivåer av restmagnetism i prefabricerade fjärrvärmerör kunde förklaras med att många stålverk i Europa använder oförstörande provningsmetoder som kan ge upphov till stark restmagnetism. Stålrör med höga nivåer av restmagnetism måste därför avmagnetiseras för att undvika svetsfel beroende av ljusbågsavlänkning. Denna information måste in i framtida nationella lägningsanvisningar och internationella standards.

Detta projekt har fortsatt i en etapp 2 för att bekräfta att erhållna slutsatser från detta projekt även gäller för grövre fjärrvärmerör. Se avsnitt 2.4.8.

Analys och tolkning av resultat

Detta är ett projekt som på ett klart och tydligt sätt analyserar ett nytt problem som uppstått vid rörsvetsning under senare år genom en effektiv metodutveckling, identifiering av en sannolik felorsak och konkreta förslag till åtgärder. Detta är ett bra exempel på ny kunskap som kommer att kvalitetssäkra nybyggda fjärrvärmeledningar i Sverige.

Rapporten innehåller en förtroendegivande referenslista med en hög andel av utländska referenser med anknytning till svetsning.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Detta projekt med hög måluppfyllelse kan hänföras till delmål 2.3 om minskade drift- och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (DRAXLER, STRIDH, & ANDERSSON, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4.3 Livslängdsprediktering hos hybridisolerade FV-rör, 2021-799

Utförare: Chalmers

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att uppskatta livslängden för vakuumisolerade paneler (VIP) i ett fjärrvärmerör med tillgängliga mätdata för att kunna beräkna återbetalningstiden för slutanvändaren, det vill säga energibolaget.

Detta är en fortsättning på ett hittills 8-årigt projekt där man både i fält och i laborationsmiljö utvärderat livslängden på isoleringen i s k hybridisolerade fjärrvärmekulvertar vilket innebär att man närmast medieröret placerar en vakuumisolerad panel (VIP) innan man isolerar med konventionellt PUR-skum. I rapporten finns också en uppskattning av återbetalningstid baserat på olika värmekostnader och att priser på högisolerad kulvert kan bli lägre vid högre volymer.

Analys och tolkning av resultat

Projektet skiljer ut sig från övriga teknikprojekt i programmet i och med sin långsiktighet. Att ha installationer både i laborationsmiljö och i fält gör att man vid eventuella fortsatta studier kan skapa en laborationsmiljö som mer liknar miljön i fält än vad som annars vore fallet och att bättre kunna tolka laborationsresultat och hur utfallet hade blivit i fältmiljö.

Rapporten saknar helt referenser förutom hänvisningar till föregående delrapporteringar, se föregående rapport 2019-593 i avsnitt 2.1.4.

VIP används i andra applikationer och i t ex (Baetens et al., 2010) finns en livslängdsuppskattning på vakuumpaneler som byggnadsisolering.

Sammanfattningsvis så är detta ett av få långsiktiga projekt som genererar ny kunskap inom FutureHeat.

Måluppfyllelse för FutureHeat

I dagsläget är applikationen mest lämpad för dagens högtemperatursystem och därmed bidrar projektet till att uppfylla målen för FutureHeat främst vad gäller delmål 2:3: Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (ADL-ZARRABI, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4.4 Dimensionering av distributionssystem, 2021-813

Utförare: FVB / RISE

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att granska och ifrågasätta branschpraxis för rördimensionering för att kunna optimera dimensioneringen av servisledningar. Målet med projektet var att utreda var de praktiska gränserna går avseende maximala och minimala flödeshastigheter i serviser i dagens distributionssystem för fjärrvärme utan påtagliga ljudemissioner eller inre skador i fjärrvärmerören.

Genom litteraturstudier, intervjuer med nätägare och labbtester konstaterar man att branschpraxis på 1 m/s och max tryckfall på 100 Pa/m är välavvägt, om än något konservativt. Man konstaterar att störande ljud inte uppkommer i rör utan snarare i komponenter som ventiler. I arbetet har man tagit fram ett digitalt verktyg. Vidare finns i rapporten beskrivet vissa korrosionsproblem som kan finnas i rörsystem.

Analys och tolkning av resultat

Denna frågeställning kring dimensionering av servisledningar tas även upp i en tysk artikel (Fröhlich, 2021), som har publicerats efter att detta projekt avslutades. I denna artikel utmärker sig Sverige som ett typiskt medel-land avseende dimensionering. Det finns länder som använder betydligt högre och lägre flödeshastigheter än Sverige.

I rapporten konstateras att det finns både för och nackdelar med ändrad dimension på servisledningar, men att det är rekommendabelt att öka tillåten maximal hastighet från 1 m/s till 1,5 m/s. Detta resultat indikerar en mycket viktig ny kunskap om att de nuvarande svenska servisledningarna är något överdimensionerade.

Det som saknas i rapporten är en kvantifiering av nyttan av att öka hastigheten i servisledningarna. Hur stor besparing man får genom att minska dimensionen på ledningarna kvantifieras inte. Det saknas även eventuella konsekvenser av att ändra nuvarande dimensioneringspraxis. En alternativ nytta med att behålla nuvarande dimensioneringsregler är möjligheten till lägre framtemperaturer i framtiden. I detta alternativa fall ska man ju inte ändra på dimensioneringsreglerna nu.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet uppfyller eventuellt delmål 2.3 Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (ÅKERLUND, NORDIN, & PENTTINEN, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4.5 Långtidsstudie av värmeledande pasta i dykfickor vid temperaturändring, 2021-814

Utförare: RISE

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att undersöka temperaturgivares långtidsfunktion ihop med värmeledande pasta. Projektet var en fortsättning av tidigare Fjärrsynsprojekt som har rapporterats i (Ljungblad, Franzén, & Holmsten, 2015).

Sex temperaturgivarpar har testats med två olika fabrikat av värmeledande pasta under 12 månader. Under hela testperioden har temperaturen varit 120°C. Mätning av mätnoggrannhet samt stigtid före, efter och mitt i testperioden genomfördes. Resultaten visar att pastans textur ändras under testperioden men att denna förändring inte påverkar mätnoggrannheten.

Analys och tolkning av resultat

Man kan misstänka att den värmeledande pastans åldrande är en kombination av temperatur och tid, men denna studie kan inte bekräfta hur det sambandet i så fall ser ut. Det gör det svårt att tolka resultaten och hur de skall användas för att kunna tillämpas i det praktiska arbetet. Två frågor som man undrar är:

1. Hur stor inverkan har temperaturen? 120°C är inte en normaltemperatur i svenska fjärrvärmenät mer än under mycket kalla dagar.
2. Ett års testperiod är, som nämns i rapporten, en kort tid eftersom utesittningstiden är 5-10 år.

Det är positivt att det kontinuerligt genomförs projekt om värmemätning så att hög noggrannhet kan bekräftas. Detta är viktigt för att bibehålla kundernas förtroende för värmemätning.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet bidrar till att uppfylla delmål 2.3 Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (BROBERG, LJUNGBLAD, & HOLMSTEN, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4.6 Lättfyll som markfyllnadsmaterial, 2021-818

Utförare: RISE

Rapportsammanfattning

Det finns inga uttalade mål i rapporten, men i projektet har man undersökt hur lättfyllnadsmaterial i form av skumglas påverkar en fjärrvärmeledning. Man beaktar hur ledningen påverkas vad gäller marktryck och markfriktion, men även eventuella minskade värmeförluster samt eventuella arbetsmiljöproblem i samband med hantering av skumglas. Kontentan är att skumglas kan fungera bra som fyllnadsmaterial, men att man måste se upp med den ökade risken för buckling vid temperaturutvidgning av ledningen på grund av lägre marktryck. Man konstaterar även att den goda isolerförmågan hos skumglas gör att manteln kan komma upp i så höga temperaturer att den påverkas negativt. Man konstaterar även att det sannolikt inte finns några påtagliga arbetsmiljöproblem även om man inte kan svara på om stoftmängderna överstiger gränsvärdena eller ej.

Analys och tolkning av resultat

En välgjord och genomarbetad studie med både teoretisk genomgång och praktiska försök. En rapport som ökar kunskap och som ger den som vill lära sig mer om vad man skall tänka på om man skall använda skumglas som fyllnadsmaterial värdefull information.

I rapporten anges att det i vissa fall finns geotekniska skäl att använda lättfyll för att undvika jordskred, men ingenting om hur vanligt förekommande det är, vilket gör att man inte kan kvantifiera värdet av resultaten.

Presentationen vid slutkonferensen den 3 februari 2022 var vag om lättfyll verkligen är lämpligt att använda eller ej. Tydligare konsekvensbeskrivning hade varit önskvärd.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Det finns ingen tydlig måluppfyllelse till något av de delmål som angivits för etapp 2, men det som ligger närmast till är delmål 2.3: Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (SÄLLSTRÖM, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4.7 Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmeledningar, 2021-830

Utförare: RISE

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att genom fältmätningar försöka att förfina, förbättra och utveckla den befintliga elektriska- och elektrokemiska mätmetodiken så att utvändiga korrosionsskador på olika typer av fjärrvärmeledningar men framför allt på betongkulvertar med stålrör kan upptäckas. Metoden har hämtats från naturgasindustrin, där den är väl etablerad.

Fältförsök har genomförts på tio fjärrvärmeledningar i fyra olika nät. Mätningar har utförts på både plastmantlade kulvertar och på betongkulvertar. I endast tre fall har ledningen grävts upp. Två av dessa har indikerat fel varav ett var ett läckage i manteln, medan ett var ett mätfel som orsakas av bl.a. armeringsjärnen i betongkulvert. En uppgrävning skedde av plastmantlad kulvert som identifierats med fel vid termografering. Fukt i isoleringen konstaterades, men undersökt mätmetod indikerade inte fel.

Analys och tolkning av resultat

Det är svårt utifrån rapporten att avgöra om metoden är användbar eller ej. Det är ett för litet antal uppgrävda ledningarna för att kunna dra några slutsatser. Metoden skulle, precis som författaren skriver, sannolikt kunna vara ett komplement till andra metoder, och för att hitta läckage i betongledningar som var huvudsyftet med metoden, finns indikationer på att det inte fungerar alls. Projektet har begränsats av pandemin och upplevs som oavslutat eftersom de starkaste indikationerna för korrosionsskador från metoden inte grävdes upp och kontrollerades.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet uppfyller tydligt delmål 2.3: Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (SEDERHOLM, 2021)

Engelsk version: Ingen, men den svenska rapporten har en längre engelsk sammanfattning på åtta sidor.

Artikel: Ingen

2.4.8 Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer fortsättning, 2021-831

Utförare: Högskolan Väst

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att följa upp etapp 1 (tidigare redovisad i avsnitt 2.4.2) avseende restmagnetism i nya fjärrvärmeledningar som orsak till förekommande svetsfel. Fokuset i etapp 2 låg på ytterligare prov på grövre rördimensioner (DN300 och DN500) samt att föreslå rekommendation om krav till Energiföretagen Sverige att ta med i deras *Lägningsanvisningar för fjärrvärme och fjärrkyleledningar, Tekniska bestämmelser D:211*.

Resultatet blev att erhållna slutsatser från klenare rördimensioner i etapp 1 även gällde för de grövre dimensionerna. Rekommendationerna om krav att föra in i lägningsanvisningarna är formulerade i åtta punkter. En av dessa punkter definierar det tröskelvärde på restmagnetism som ska tillämpas. Under tröskelvärdet kan svetsning utföras utan avmagnetisering. Över tröskelvärdet är rekommendationen att avmagnetisera rören före eller under svetsning.

Analys och tolkning av resultat

Detta projekt har genomförts på ett föredömligt sätt där analysresultaten har kommunicerats klart och tydligt. Det har en hög måluppfyllelse med väl formulerade besked. Tillämpning av rekommendationerna kommer ytterligare att kvalitetssäkra de installerade fjärrvärmeledningarna. Detta kommer säkerställa en lång livslängd.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektresultaten stöder delmål 2.3.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (ANDERSSON, KAH, STRIDH, KUMARA, & NILSON, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.4.9 Livslängdsprediktering och statusutvärdering av fjärrvärmeledningar, 2022-851 /872e

Utförare: RISE

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att presentera en litteraturoversikt rörande metodik för livslängdsprediktering, att utveckla en fältmetod för att bedöma status för ledning i drift genom mätning av vidhäftningen mellan isolering och rör samt att ta fram en analysmetod för att räkna om drifttid vid olika temperaturer

Detta FutureHeat-projekt utgör en delfinansiering av ett större projekt benämnt *Resurseffektiva fjärrvärme- och fjärrkylanät - nya material, statusbedömning och livslängdsuppskattning*. Övriga finansiärer är Energimyndigheten genom dess Termo-program samt några olika fjärrvärmeföretag och produktleverantörer enligt länkarna <https://www.energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/projektdatabas/sokresultat/?projectid=29498> och <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/forskning-for-resurseffektivare-fjarrvarme-och-fjarrkylanat>

Dessutom har man inom projektet etablerat kontakt med europeiska aktörer för att starta upp ett internationellt projekt med samma inriktning baserat på "task sharing" inom IEA-DHC-samarbetet.

Analys och tolkning av resultat

Detta är ett bra exempel på projekt som kontinuerligt underhåller den inhemska kompetensen kring befintliga fjärrvärmeledningar. Det är viktig förutsättning för att behålla nuvarande näten som tillsammans har ett högt återanskaffningsvärde.

Rapporten saknar dock referens till verkliga händelser från haveristatistik som bekräftar att förlorad vidhäftning mellan mediarör och isolering verkligen är den viktigaste haverimekanismen för plastmantelledningar med stålrör. Nu kommuniceras i inledningen att det enbart är en förmodan.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projekresultaten stöder delmål 2.3.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (JAKUBOWICZ, SÄLLSTRÖM, VEGA, & YARAHMADI, 2022)

Engelsk version: (JAKUBOWICZ, SÄLLSTRÖM, VEGA, & YARAHMADI, 2022)

Artikel: Ingen

2.5 ETAPP 2: OMVÄRLD OCH MARKNAD

2.5.1 Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter, 2020-678 / 679e

Utförare: IVL Svenska Miljöinstitutet

Rapportsammanfattning

Projektet utreder hur affärsmodeller kan se ut för en optimeringstjänst för kunder som har investerat i dubbla uppvärmningssystem – fjärrvärme och värmepump med syfte att optimera driften antingen utifrån minsta kostnad för kund eller i ett komfortavtal där energibolaget har rådighet att styra värmekällan inom ramen för avtalet. Studien innefattar tre delstudier avseende en intervjustudie med fjärrvärmeföretag och fastighetsägare, en juridisk analys och granskning av avtalsutformning och konkurrensaspekter samt en simuleringsstudie där miljömässig och kostnadsmässig potential för en fastighetsägare att växla värmelaster från värmepumpar till fjärrvärme analyserats.

Analys och tolkning av resultat

Studien är bred i sitt angreppssätt och tar upp flera olika aspekter på möjligheter att växla drift av värmepump och fjärrvärme för kunder som har båda systemen installerade. Studien lyfter fram två affärskoncept som vänder till tekniska, respektive icke tekniska kunder. Vidare ger studien även förslag på vad som är viktigt att tänka på vid avtalsskrivande för dylika tjänster (framtagna avtalsförslag finns med i bilagor).

Intervjuer med energibolag och kunder ger en fördjupad insikt och intressanta slutsatser om vad kunderna värderar och att energibolagen börjar bli mer kundorienterade. Metodologiskt är det förstås svårt att i intervjuer tala om hypotetiska tjänster, men studien ger ändå intressanta insikter. När det gäller kopplingen till tidigare forskning, är denna god med många referenser till tidigare studier. Perspektivet är endast svenskt och kopplar till studier med ett tydligt fjärrvärmeperspektiv.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet bidrar till programmålet att ta till vara kundernas intresse (delmål 2.4). Intressant är att studien behandlar en tjänst som bygger på optimerad nytta för kunden, vilket vi får se som ett välkommet undantag från en tydlig tonvikt på studier som fokuserar på nyttor och konsekvenser för fjärrvärmebranschen.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (OTTOSSON et al., 2020a)

Engelsk version: (OTTOSSON et al., 2020b)

Artikel: (Lygnerud, Ottosson, Kensby, & Johansson, 2021)

2.5.2 Internationell plattform för svenska termiska energisystem, 2020-680 / 676e

Utförare: Linköpings Universitet

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att bygga upp och ta i drift en digital plattform för kunskapsutbyte och omvärldsbevakning inom termiska system. Målgruppen för detta projekt och framförallt nyttjande av plattformen ansågs vara främst energibolag, branschorganisationer, energikontor, myndigheter samt forskare och övriga befintliga nätverk för forskning inom området termiska energisystem.

I projektet har informationssökning genomförts, med insortering av källor under tre underrubriker "Customer solutions and business models", "Flexible response to demand and digitalization", samt "Policy". Vidare har under projektet anordnats tre workshops / frukostmöten i Stockholm med möjlighet att medverka på länk. Vid workshoparna har fokus varit presentation från någon aktör inom området och allmän diskussion.

Analys och tolkning av resultat

Projektet har resulterat i en plattform (hemsida) där nyheter, konferenser, workshops och forskningsnyheter har samlats för en specifik tidsperiod. Forskningsnyheter består enbart av listor över publicerade vetenskapliga artiklar om fjärrvärme, men enbart artiklar mellan 2018-2020, ty inget fanns inlagt för 2021. Den senaste allmänna nyheten var inlagd i april 2020. Plattformen finns att hitta på Energiforsks hemsida: <https://energiforsk.se/en/programme/international-platform-for-thermal-energy-systems-research/>

Projektresultatet har också blivit inaktuellt genom konkurrens från Celsius-initiativets hemsida <https://celsiuscity.eu/> och hemsidan för den europeiska forskningsplattformen DHC+ (<https://www.euroheat.org/dhc/>).

Omvärldsbevakningen har bestått i sökning forskningsartiklar. Av de tre specifika områden som har bevakats kan man konstatera att "Customer solutions and business models", samt "Flexible response to demand and digitalization" är två ganska snäva forskningsområden, medan "Policy" är ett mycket brett område.

Vad nyttan av plattformen är för de olika målgrupperna som anges, kan också ifrågasättas. Som forskare ingår litteratursökning som en naturlig del i forskningsarbetet, men som forskare vet man att hur sökningar utförs har mycket stor påverkan på sökresultatet, där sökkriterier som databaser, sökord, tidsperiod och geografisk avgränsning kan vara avgörande för vilka informationskällor som kan hittas.

För exempelvis området "Flexible response to demand and digitalization" måste man vara medveten om att begrepp som flexible response har förändrats över tid, från demand side management, demand response, load control till flexible response, och därmed kan man behöva använda olika sökord för att hitta källor som tar upp ett och samma fenomen. Eftersom valet av sökmetod är så avgörande,

blir det svårt som forskare att utgå från att den insamling som har gjorts inom projektet verkligen täcker det område som man är intresserad av.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Även om områden såsom laststyrning, affärsmodeller och kundorienterade lösningar har varit i fokus inom FutureHeat, kan den verkliga nyttan med plattformen ifrågasättas och inget delmål har identifierats. Plattformen har bara existerat under en kort period och dess fortsatta existens är okänd. En plattform, eller hemsida som inte uppdateras förlorar snabbt sin förmåga att attrahera besökare. Detta projekt kan anses ha låg måluppfyllelse.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (NEHLER, ÖDLUND, & MAGNEFJORD, 2020b)

Engelsk version: (NEHLER, ÖDLUND, & MAGNEFJORD, 2020a)

Artikel: Ingen

2.5.3 Varmvattenflöden i flerfamiljshus, 2021-800

Utförare: Ngenic / Högskolan i Halmstad

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att uppdatera dimensionerande varmvattenbehov vid nybyggnation samt att ge råd till framtida varmvattendimensionering i hus för att förbättra precisionen för den dimensionerade kapaciteten.

I studien görs försök att verifiera eller ifrågasätta om dagens dimensionerande varmvattenflöde ligger rätt genom att jämföra med mätdata från verklig varmvattenanvändning i ett antal flerbostadshus. Nyckeltal för dimensionerande vattenflöde används för att dimensionera värmeväxlare och reglerventiler i fjärrvärmecentral. Varmvattenmätning från sammanlagt 23 flerbostadshus har samlats in. Mätningarna har genomförts med tre olika tidsupplösningar: sex sekunder, en minut och 15 minuter. Mätperioderna har varierat från cirka en månad till flera års data.

I rapporten lämnas ett konkret förslag på hur ekvationen för dimensionerade varmvattenflöde kan förändras för att bättre spegla uppmätta flöden från den empiriska data som har gått genom i projektet.

Analys och tolkning av resultat

Intressant och viktigt resultat, men rapporten är svårläst och hade behövt en korrekturgenomläsning.

En beskrivning av de studerade byggnaderna saknas vilket gör att det är svårt att tolka om resultaten kan användas generellt. Varmvattenanvändning är beroende av brukarbeteende och beror i hög utsträckning på vilka hyresgäster som finns i byggnaden. Denna diskussion saknas helt, både i allmänhet och i de specifika fallen. I fallet med 168 lgh så är användningen av varmvatten lika med eller till och med större än gängse dimensioneringsregler. Hur motiverar man att då sänka rekommendationen?

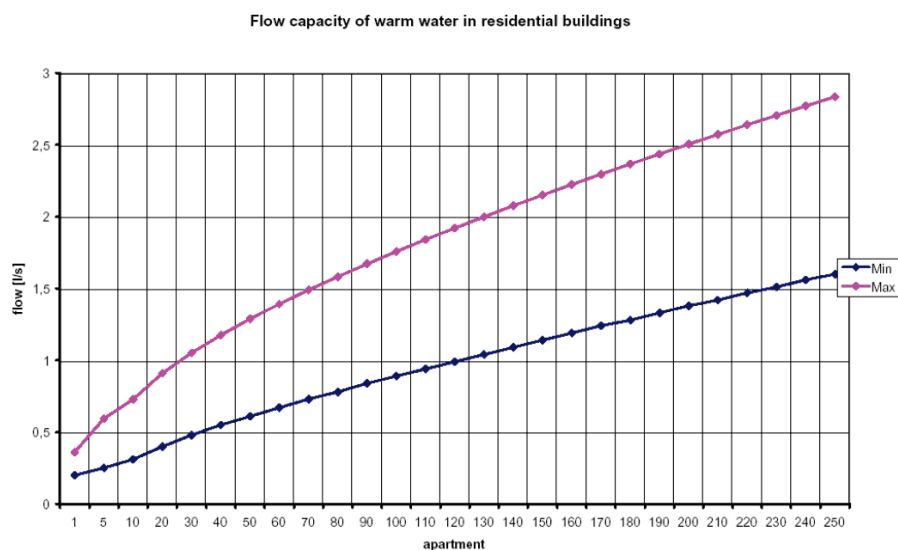
Det hade varit önskvärt att analyserna utgick från byggnader och inte från dataset, inte minst eftersom varmvattendimensionering i regel görs på byggnadsnivå.

Även byggnadernas placering i nätet borde vara av intresse eftersom det maximala flödet genom reglerventilen påverkas av differenstrycket mellan fram- och returledningen. Hur dimensioneringen av styrventilen har gjorts med avseende på detta framkommer inte. Därmed är det svårt att avgöra huruvida de empiriska data som har använts i analysen är representativ. Om byggnaderna ligger i ett läge som ger dem stort differenstryck kan de tåla en snålare dimensionering av styrventilen än byggnader som ligger i periferin i nätet. Eventuellt borde ekvationen för det dimensionerande varmvattenflödet utökas med en faktor som tar hänsyn till vilket differenstryck som hålls för dimensionering av styrventil?

Projektet visar att det kan finnas utrymme att sänka dimensioneringsreglerna. Man har också visat att det inte finns anledning att ha högre upplösning än 1 minut för varmvattenflöde. Att förkasta 15 minuters upplösning skulle dock kunna vara en

förhastad slutsats. Kanske kan man använda 15-minutersvärden och multiplicera med en faktor? Detta är inte undersökt och bör därmed inte förkastas.

I nedanstående graf (se Figur 1) kan man se max och minkurva för varmvattendimensionering i Europa. Sverige har en dimensioneringsrekommendation motsvarande min-kurvan. Resultaten från projektet bidrar till att vidimera att den svenska rekommendationen fungerar. Många länder har följaktligen något att lära av Sverige.



Figur 1. Dimensionerande varmvattenflöde för bostäder i Europa enligt (Euroheat & Power, 2008), som visar den variation som finns i de nationella rekommendationerna mellan en max-kurva och en min-kurva. Den svenska rekommendationen enligt (Energiföretagen, 2021) överensstämmer med min-kurvan i ovanstående diagram och har tillämpats sedan 1990-talet utan klagomål på varmvattenkvalitet.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet kan sägas uppfylla delmål 2.3 Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (AVERFALK, 2021)

Engelsk version: Nej

Artikel: (Averfalk, Möllerström, & Ottermo, 2021)

2.5.4 Fjärrvärme i framtidens hållbara bostadsområden, 2021-812

Utförare: Högskolan i Gävle / Uppsala universitet / Gävle Energi

Rapportsammanfattning

Huvudmålet med projektet har varit att med ett vetenskapligt angreppssätt påvisa fjärrvärmens fördelar i framtida bostadsbyggandet utifrån resurseffektivitet och globala koldioxidutsläpp och att tillsammans med solceller kunna åstadkomma klimatneutrala stadsdelar. Som referensområde har Näringen, ett blivande bostadsområde i Gävle, använts. Området skall bebyggas från och med 2025 och vara klart 2040 och då innehålla 6 000 bostäder. För att analysera energianvändning i framtida bebyggelse har sju olika typhus använts. Simuleringar har gjorts av energianvändningen i programmet IDA ICE. Byggnaderna antas värmas upp antingen med värmepumpar eller fjärrvärme och solceller antas installeras på taken i varierande grad till 50 eller 100 % av takytan, för att man på årsbasis ska kunna uppnå klimatneutralitet i området genom kompensation av egengenererad el som dels används inom byggnaderna och som dels exporteras ut på elnätet. Klimatpåverkan från energianvändningen har beräknats med hjälp av IVL:s verktyg Tidsstegen.

Inom ramen för projektet har även genomförts workshops med tre kommuner där bland annat kommunernas syn på begreppet klimatneutralitet har diskuterats. Resultaten från dessa workshopar visar att det saknas en tydlig definition av vad klimatneutralitet innebär och således också hur det ska beräknas.

Resultaten från energiberäkningar och beräkningar av klimatutsläpp visar att för att uppnå klimatneutralitet på årsbasis (som är det sätt man använder för att beskriva klimatneutralitet i rapporten), behöver de installerade solcellerna producera mer el än vad bostadsområdet gör av med. Den sålda elen ska i detta resonemang kompensera för klimatutsläpp för uppvärmning, samt klimatutsläpp för annan elanvändning under tider då solelproduktionen inte räcker till. Resultaten visar att klimatneutralitet kan uppnås med fjärrvärme med låga klimatutsläpp, men inte med värmepump då elproduktionen från solcellerna inte kan täcka upp för elbehovet och klimatutsläppen för att driva värmepumparna.

Analys och tolkning av resultat

Rapporten ger ett viktigt inlägg i diskussionen om vad begreppet klimatneutralitet innebär och problemet med avsaknaden av en gemensam definition och de svårigheter med beräkning och utvärdering som en otydlig definition medför.

Det förefaller rimligt att fundera på om förutsättningarna för studien - att titta på klimatneutralitet inom en stadsdel - verkligen är en värdeskapande strategi för att dra ned utsläpp av klimatgaser. Risken med en snäv geografisk avgränsning är att detta kanske inte leder till rätt investeringar och prioriteringar. Ur klimatsynpunkt spelar det inte någon roll var utsläppen görs, det viktiga är att minska de totala utsläppen. Är det till exempel önskvärt med ett stort tillskott av el från solceller på sommaren när elbehovet är som lägst (även om marginalutsläppen från annan elproduktion dagtid på sommaren inte är försumbara)?

När det gäller solceller hade möjligtvis ett bättre fokus varit optimal placering av solcellerna istället för att försöka göra en geografiskt avgränsad klimatneutral stadsdel?

En annan sak man kan fråga sig är om dagens emissionsfaktorer för elektricitet och fjärrvärme är relevanta för valet av uppvärmningssystem i byggnader som står i 50-100 år. Även om Tidsstegen till viss del kompenserar för förändringar i framtida energisystem genom antaganden om framtida energiproduktion är det ovisst hur framtiden kommer att se ut och om analysen tar hänsyn till de målsättningar som finns inom energisektorn, exempelvis fjärrvärmebranschens målsättning att vara klimatneutral/fossilfri till 2030.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet uppfyller inte något av delmålen i Etapp 2, däremot kan framhållas att mål 1.4 inom Etapp 1 om *Fjärrvärmens och fjärrkylans möjlighet att bidra på ett positivt sätt till andra sektors energi- och klimatmål* uppfylls.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (GUSTAFSSON, ÅBERG, & BERNER WIK, 2021)

Engelsk version: Ingen

Artikel: Ingen

2.5.5 Virtuella värmeverk, 2021-815 / 816e

Utförare: RISE

Rapportsammanfattning

Projektets syfte var att påvisa de möjligheter och hinder som finns för att övergå från luftkylning till vätskekylning av datacenter och därmed låta datacenter utgöra ett virtuellt värmeverk i fjärrvärmesystemet. Analys av data visar på att effektintensiteten hos ett datacenter kan motsvara en värmeanläggning i ett fjärrvärmesystem. En testbädd som möjliggör utvärdering och utveckling av vätskekylningstekniker och produkter har etablerats. Merkostnad för dyrare teknik, kunskap om teknikens egenskaper, avsaknad av samarbetsmodeller och ägaransvarsfördelning mellan datacenterägaren och mottagaren av överskottsvärmen är de främsta hindren för vätskekylning i datacenter.

Projektet Virtuella Värmeverk var samfinansierat av Energiforsk (5%) och InterReg Nord via projektet Arctiq-Data center.

Analys och tolkning av resultat

Projektet belyser möjligheten att gå från en kylningsform till en annan i ett specifikt område. Att använda restvärme från datahallar är en ökande företeelse där det nu finns en del kunskap såsom hur stor potentialen är för denna sorts värmekälla i EU27, att datahallar tenderar att flytta på sig vart femte till tionde år vilket gör värmekällan volatil, att datahallsoperatörer inte är vana att dela information om processer med externa aktörer (vilket skapar samarbetsproblematik) samt kring möjliga former av avkylning. Att analysen enbart berör den tekniska aspekten av luft eller vätskeavkylning förutsätter att läsaren har en förkunskap i ämnet.

Artikeln har god referenshantering, men innehåller enklare delar kring vad fjärrvärme är vilket inte torde vara relevant för FutureHeats medlemsföretag utan snarare utbildande vilket sannolikt beror på att samfinansieringen vilket gör att den riktar sig till grupper utan fjärrvärmekompetens.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet påvisar nya möjligheter genom en ny, teknisk lösning för att inkludera en ny värmekälla i fjärrvärmesystem och indikerar att den sortens lösning kan vara strategisk (reflekterar målen 2.1 och 2.3).

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (LUNDMARK, VESTERLUND, & FREDRIKSSON, 2021)

Engelsk version: (LUNDMARK & VESTERLUND, 2021)

Artikel: Ingen

2.5.6 Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov, 2022-850 / 867e

Utförare: Solita (fd Ferrologic)

Rapportsammanfattning

Projektsyftet var att utifrån energibolagens prioritering ta fram verifierbara dataset (1) och analysmodeller (2) som kan användas för att identifiera läckage, styrfel och energimönster. För att möjliggöra mer avancerad dataanalys hos energibolagen behövs även en standard för etikettering av data samt en enkel metod för att kunna identifiera värdet av avancerad dataanalys (3). Målet för projektet var att skapa en plattform (4) där energianalytiker, verksamhetsutvecklare, mjukvaruutvecklare och dataforskare kring samlad tränings- och testdata samt analysmodeller (5).

Analys och tolkning av resultat

Projektet har nått följande resultat som relaterar till de fem målen genom att

1. Samlat driftdata kring branschgemensamma test, träningsdata, indata-set och facitdata-set.
2. Tagit fram analysmodeller för avvikelседetektering samt identifiering av multipla energisignaturer och extremvärden mm.
3. Tagit fram dataanalytiska metoder kring standard avseende taxonomi för avvikelсеorsaker och värdeberäkning för proaktiv avvikelседetektering.
4. Samlat och höjt branschkompetensen kring avancerade dataanalyser.
5. Föreslagit en samverkansmodell för att sluta cirkeln kring innovation och tillämpning av artificiell intelligens

Ett mycket konkret exempel på en lyckad metod är ARNOLD, som är en optimerad och robust algoritm för avvikelседetektering och som är redo för implementering i operativa dataanalytiska verktyg. Den vetenskapliga nivån på slutrapporten är tyvärr ganska låg. Det skulle behövas en bättre vetenskaplig summering av detta lyckade projekt som placerar projektet i ett större sammanhang.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Projektet uppfyller alla fyra delmålen i den andra etappen av FutureHeat genom att avvikelser kan hittas befintliga system (delmål 2.3), identifierade fel kan undvikas i nya system (delmål 2.1), kunder gynnas av eliminerade avvikelser (delmål 2.4). Dessutom ger detta projekt en god vägledning inför strategiska investeringsbeslut (delmål 2.2) inför utökad användning av databaserade verktyg inom fjärrvärmeföretagen. Sammantaget ger detta en hög måluppfyllelse.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: (WÄSTBERG, HANSSON, & EDLAND, 2022)

Engelsk version: (WÄSTBERG, HANSSON, & EDLAND, 2022)

Artiklar: (Månsson, Johansson Kallioniemi, Thern, Van Oevelen, & Sernhed, 2019), (Farouq, Byttner, Bouguelia, Nord, & Gadd, 2020), (Månsson et al., 2021) och (Farouq, Byttner, Bouguelia, & Gadd, 2021).

2.5.7 Kartläggning av lågtemperaturnät, Seminarium

Utförare: Högskolan i Halmstad / LTH / IVL

Rapportsammanfattning

Syftet var att hålla ett seminarium i Stockholm den 27 januari 2020 med en internationell utblick med avseende på implementerade lågtemperatursystem.

Seminariet innehöll främst information om lågtemperaturfjärrvärme som hade samlats in inom IEA-DHC TS2 och innehöll rubriker som europeisk fjärrvärmeforskning just nu, EU-projekt med svenskt deltagande, ambitioner i några olika europeiska städer, ekonomi för lågtemperaturfjärrvärme, Legionella, affärsmodeller, demoprojektet Brunnshög i Lund, exempel på nya systemlösningar i Europa, tidiga lågtemperatursystem i Sverige samt problem och utmaningar för lågtemperaturfjärrvärme.

Analys och tolkning av resultat

Ingen kommentar, då ingen publicerad dokumentation finns tillgänglig.

Måluppfyllelse för FutureHeat

Ingen kommentar, då ingen publicerad dokumentation finns tillgänglig.

Dokumentation av projektet

Slutrapport: Ingen publicerad dokumentation finns, men alla deltagare i seminariet erhöll en digital pdf-fil med alla presentationer som hölls under seminariedagen.

Engelsk version: Ingen från själva seminariet, men alla seminariedeltagare har senare erhållit ett exemplar av den guidebok (Averfalk, Benakopoulos, et al., 2021) på engelska som publicerades från TS2-projektet i september 2021.

Artikel: Ingen

3 Analys och tolkning av forskningsresultaten

3.1 PROJEKTENS INRIKTNING

Med avseende på inriktning så identifieras att etapp 2 dominerats av projekt vilka belyser befintliga lösningar snarare än lösningar som behövs framgent (11 rapporter uppfyller delmål 2.3 Befintliga system). I etapp 1 är fokus ungefär lika stort på fjärrvärmenät (fem rapporter uppfyller delmål 1:1) som på att nyttja byggnader som reglerresurs (två rapporter uppfyller delmål 1:2) och som på att adressera frågor med direkt koppling till energi och klimatmål (tre rapporter uppfyller delmål 1:4).

Mot denna bakgrund identifieras att det är en övervikt bland rapporterna i att belysa befintliga lösningar på djupet. Troligtvis är detta en reflektion av att branschen under årtionden förvaltat befintlig teknik och löpande förbättrat den. Sättet som FutureHeat är upplagt på med relativt små projekt budgetmässigt samt kort tidsram för genomförandet gynnar analys av befintliga komponenter eller systemlösningar och har kanske varit det föredragna valet bland de företag som är med och finansierar forskningen. Genom den nämnda sortens utvecklingsprojekt erhålls information som direkt går att applicera i den egna verksamheten.

Programmets upplägg med små och avgränsade projekt attraherar inte bara erfarna forskare utan även juniora forskare och konsulter vilket är värdefullt, då fler lär känna branschen genom att arbeta med dess frågeställningar. Man bör dock, som projektutformare, vara medveten om att programmet inte enbart attraherar utbildade forskare som utförare av projekt. Efter genomförd analys av rapporterna uppkommer frågan om det är värdeskapande att fortsatt studera inkrementella förbättringar i befintlig infrastruktur över möjligheten att generera ny kunskap genom forskning och då studera framtidens utmaningar. Det är exempelvis inte möjligt att bedriva studier inom ett område som är utforskat och vilket renderar kunskap av vikt för framtidens fjärrvärmelösningar inom ramen för ett doktorandprojekt på det sätt som FutureHeat valt att finansiera projekt. Denna slutsats förstärks ytterligare av att det är få visionära framtidsprojekt som genomförts inom programmet. Inom andra forskningsprogram nationellt, såväl som internationellt, är fokus inte på förbättring av befintlig teknik, utan snarare på hur fjärrvärmen kan användas för att avhjälpa klimatkrisen. I länder där det inte finns fjärrvärme idag är intresset stort för att använda restvärme, gärna i lågtemperaturnät, och i länder där det finns fjärrvärme som går på fossila bränslen såsom kol och gas finns ett intresse att förändra värmemixen och då är inte ett nästa steg självklart biomassa. Svenska fjärrvärmeföretag torde önska att bedriva forskning för att bibehålla sin konkurrenskraft på lång sikt, vilket kan bli en utmaning om alltför stort fokus läggs på att förbättra en lösning som kan vara obsolet i en framtid där värmebehovet minskar; rester från skogsbruk är en bristvara och där mängderna avfall för förbränning reducerats till följd av ökad cirkularitet i samhället.

Utöver fokus på förbättring av befintliga lösningar i etapp 2 finns även studier inriktade mot kund (tre rapporter uppfyller delmål 2.4) och nya lösningar (två rapporter uppfyller delmål 2.1). Givet pågående diskussioner vilka påverkar

fjärrvärmesektorn framöver, såsom flexibilitetstjänster, sektorskoppling, energimedborgare och EUs taxonomi, torde studier kring kund och nya lösningar vara betydelsefulla.

3.2 MÅLUPPFYLLELSE

De två första etapperna av FutureHeat har haft olika delmål (se Tabell 1) vilka använts för att styra inriktningen av forskningsstöden. Karaktären på målen har påverkat forskningsresultaten med avseende på urval, tidsperspektiv, inriktning och utförande.

3.2.1 Perspektiv på programmets målsättningar

Programmets mål har delvis varit både specifika och snäva, vilket har utestängt andra intressanta forskningsidéer. I stället skulle målen kunnat vara mer generella. I etapp 1 fanns, som exempel, ett delmål om *Byggnader som reglerresurs*, vilket handlar om att använda byggnader som kortfristiga värmelager. Fokus låg då på att utforska enbart en lösning på ett problem utan vidare funderingar på vilka andra lösningar som kan vara möjliga. Alternativt skulle ett mer generellt delmål kunnat ha varit *Olika tjänster för värmelagring*, som hade inbjudit till fler olika lösningar till samma problemställning.

Forskningsprogram inom fjärrvärme och kyla bör vara ett stöd för fjärrvärmeföretagen så att de kan möta framtidens krav och utmaningar. Historiskt har den svenska fjärrvärmen haft tydliga framtidsmål som "mer kraftvärme", "bättre bostäder med miljonprogram", "oljereduktion och lägre utsläpp av fossil koldioxid". Ett tydligt framtidsmål nu är helt fossilfri uppvärmning till 2030 i enlighet med nyligen framtagna färdplan (Energiföretagen, 2019). Detta mål ska således avsluta ett arbete som pågått i flera decennier med eliminering av fossila koldioxidutsläpp. Det finns dock inga tydliga spår i FutureHeats projektportfölj av hur detta mål ska nås. Fjärrvärme är en långsiktig verksamhet, så det bör finnas ett behov av tydliga mål för den svenska fjärrvärmen fram till 2040 och 2050, alltså bortanför fossilfrihet. Sådana framtidsmål som vägledning till fjärrvärmeforskning och därigenom bolag finns inte 2022.

3.2.2 Projektens uppfyllande av FutureHeats mål

Samtliga rapporters måluppfyllelse har utvärderats efter de delmål som funnits i programmet och som redovisats i Tabell 1. Resultatet finns redovisat i nedanstående målmatriser, en för Etapp 1, Tabell 2, och en för etapp 2, Tabell 3. I dessa målmatriser redovisas hur författarna av denna syntes uppfattar vilket eller vilka delmål som uppfylls. I ett par fall uppfyller projekt i etapp 1 delmål i etapp 2 och vice versa.

Tabell 2. Sammanställning av kopplingar mellan projekten och delmålen i Etapp 1 av FutureHeat.

Kapitelavsnitt och Projekt	Delmål 1.1 Fjärrvärme- nät	Delmål 1.2 Byggnader som reglerresurs	Delmål 1.3 Värmelager	Delmål 1.4 Energi- och klimatmål
2.1.1 Fastighetsanpassning till 4GDH, 2018-535	X			
2.1.2 Effektiv projektering av 4:e generationens fjärrvärmeteknik, 2018-547 / 548e	X			
2.1.3 Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmerör med en icke förstörande metod, 2019-590	X			
2.1.4 Livslängd och statusbedömning av högpresterande fjärrvärmenät, 2019-593	X			
2.2.1 Termiska energimätare med korta integreringstider, 2018-530 *				
2.2.2 Värderingsmodell för efterfrågeflexibilitet, 2019-564 / 565e		X		
2.2.3 Jämförelse av olika metoder för effektreducering i fjärrvärmenät, 2019-591		X		
2.3.1 El och fjärrvärme – samverkan mellan marknaderna, etapp III, 2019-570				X
2.3.2 Verktyg för klimativärdering av byggnaders energilösningar, 2019-576				X
2.3.3 Avfallets roll i framtidens energisystem - Energiutvinning ur avfall ur energibranschens perspektiv, 2019-589	X			X
Summa antal	5	2	0	3

* Inget av målen inom etapp 1 kan sägas vara uppfyllt inom projektet. Dock uppfylls delmål 2.1 från andra etappen.

I etapp 1 överensstämmer delmålen helt med tre av de fyra valda fokusområdena inom etappen med undantag av ett projekt. Delmålet om värmelager har inte berört etapp 1, då ett speciellt program för värmelagring utfördes inom FutureHeat, men vid sidan av etapp 1. Detta gör att man kan dra slutsatsen att FutureHeats mål i Etapp 1 är uppfyllda

Det kan konstateras att flest projekt återfinns inom delmål 1.1, fjärrvärmenät.

Tabell 3. Sammanställning av kopplingarna projekten och delmålen i Etapp 2 av FutureHeat.

Kapitelavsnitt och Projekt	Delmål 2.1 Nya termiska system	Delmål 2.2 Strategiska investe- rings-beslut	Delmål 2.3 Befintliga system	Delmål 2.4 Kund- intressen
2.4.1 Digital verktygslåda för prosumtion, 2020-681 / 696e				X
2.4.2 Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer, 2021-734			X	
2.4.3 Livslängdsprediktering hos hybridisolerade FV-rör, 2021-799			X	
2.4.4 Dimensionering av distributionssystem, 2021-813			X	
2.4.5 Långtidsstudie av värmeledande pasta i dykfickor vid temperaturändring, 2021-814			X	
2.4.6 Lättfyll som markfyllnadsmaterial, 2021-818			X	
2.4.7 Fältförsök för statusbedömningar av fjärrvärmeledningar 2021-830			X	
2.4.8 Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer fortsättning, 2021-831			X	
2.4.9 Livslängdsprediktering och statusutvärdering av fjärrvärmeledningar, 2022-851			X	
2.5.1 Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter, 2020-678 / 679e				X
2.5.2 Internationell plattform för svenska termiska energisystem, 2020-680 / 676e *				
2.5.3 Varmvattenflöden i flerfamiljshus, 2021-800			X	
2.5.4 Fjärrvärme i framtidens hållbara bostadsområden, 2021-812 **				
2.5.5 Virtuella värmeverk, 2021-815 / 816e	X		X	
2.5.6 Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov, 2022-850	X	X	X	X
2.5.7 Kartläggning av lågtemperaturnät, men ingen publicerad dokumentation	(X)			
Summa antal	2	1	11	3

* Inget av målen inom etapp 1 eller etapp 2 kan sägas vara uppfyllt inom projektet.

**Inget av målen inom etapp 2 kan sägas vara uppfyllt inom projektet. Dock uppfylls delmål 1.4 från första etappen.

I etapp 2 fanns ingen direkt koppling mellan de fyra delmålen och de två fokusområdena Systemteknik och Omvärld/Marknad. Här har vi som författare fått göra en egen indelning under vilka delmål som projekten passar in under.

I etapp 2 dominerar helt projekt som fokuserar på delmålet 2.3, *Bidra till att minska drift och underhållskostnader i befintliga system* där 11 av 16 projekt återfinnes. Det kan konstateras att det inom etapp 2 finns projekt som bidrar till även de andra tre delmålen, men att tonvikten har lagts på projekt som handlar om befintliga system.

Eftersom delmålen, 2.1 *Visa möjligheter, förutsättningar och lösningar med nya termiska system*, 2.2 *Peka ut riktningen inför strategiska investeringsbeslut* och 2.4 *Ta till vara kundernas intresse och preferenser för fjärrvärme och fjärrkyla samtidigt som systemen utvecklas så att kunder aktivt kan vara en del av ett smart och effektivt uppvärmningssystem*, är så sparsamt representerade är det tveksamt om man kan anse målen för etapp 2 är uppfyllda.

3.3 UTFÖRANDE OCH KVALITET I PROJEKTEN

Det finns en stor spännvidd för hur projekten har utförts med avseende på forskningskvalitet. Flera utförare är professionella i sitt hantverk, medan andra kan betraktas som nybörjare på forskning.

3.3.1 Att kunna sätta forskningen i sitt sammanhang

Vissa rapporter har haft en hög andel utländska referenser i sina referenslistor (upp till 94%), medan andra har ett snävt svenskt perspektiv. Tre rapporter saknade helt referenslistor. I medeltal förekommer 18 referenser i varje rapport, med en dominans av 13 svenska referenser. Närvaron av utländska dokument i referenslistorna var 29%.

Det förekommer att syfte och mål med projekten inte har redovisats i rapporterna och metodbeskrivningar har saknats eller varit ottydliga. Utförare som saknar forskarutbildning deltar i programmet som både projektledare och utförare. Flera av utförarna kan betecknas som nybörjare med avseende på forskning. Exempel på detta är att rapporterna i flera fall utgår från utförarnas egna kunskaper och inte från det rådande kunskapsläget, då man inte genomför nödvändiga bakgrundssökningar.

En risk med en bristande kvalitet i rapportskrivning är att projekt med ett viktigt och intressant innehåll inte uppmärksammas eller sprids.

3.3.2 Bristande kvalitetsgranskning

De ovanstående nämnda hantverksbristerna uppstår trots att projekten har referensgrupper som består av personer som arbetar i fjärrvärmeföretagen. Detta är antingen en indikation på att många referenspersoner inte har egna forskningserfarenheter eller att en forskningsansats inte ansetts vara viktig.

Ett annat problem är att slutrapporterna inte diskuteras tillräckligt i en större krets innan de slutligen publiceras. Sådan diskussion hade kunnat addera värde till den slutliga produkten samt kunnat ge uppslag till viktig, fortsatt, forskning. Bristen på

diskussion beror kanske delvis på att det uppstår tidspress när de korta projekten ska avslutas.

3.3.3 Utbildande program för nya fjärrvärmeforskare

FutureHeat ska vara ett forskningsprogram som stödjer branschen i dess arbete. Det skall troligtvis inte vara till för det mest erfarna forskarna. Delvis måste man se detta forskningsprogram som ett utbildningsprogram som ska stödja läroprocesserna för unga forskare och konsulter. Ovanstående anförda problem och brister avseende hantverket att forska borde till stor del kunna lösas med en aktiv coachning av dem som utför projekt, samt en bättre process för kvalitetsgranskning.

Att vissa projekt inte har tydlig positionering av problemet med hjälp av referenshantering, att metodval inte redogörs för eller att den egna läroprocessen dokumenteras betyder inte nödvändigtvis att innehållet i rapporterna som tagits fram inte har något värde för branschens utveckling. Det är positivt att branschen har en möjlighet att attrahera ny kompetens till sig och sina frågeställningar.

4 Ny kunskap och kunskapsluckor

4.1 NY KUNSKAP

Nedan listas exempel på projekt inom programmet där nya metoder och ny kunskap med tydlig nytta för fjärrvärmebranschen har skapats inom FutureHeat. Värderingen är baserad på innehållet i forskningsprojekten och avser inte nödvändigtvis kvaliteten på själva forskningsrapporterna.

1. **Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov (BRAVA-projektet, 2022:850).** Detta är ett exempel på värdeskapande fjärrvärmeforskning där innovativa metoder skapar nya värden för svenska fjärrvärmeföretag genom att använda befintliga indata i företagens databaser. Här finns utvecklade metoder som är färdiga att direkt implementeras i fjärrvärmeföretagens verksamhet och en plattform för fortsatt utveckling på digitaliseringsområdet.
2. **Virtuella värmeverk, 2021-815 / 816e.** I detta projekt har man förutsättningslöst och innovativt utforskat och värderat olika användningar av lågtempererad restvärme från datahallar. En av dessa många alternativ har varit värmeåtervinning till fjärrvärmesystem från vätskekylda datahallar, vilket är ett intressant koncept.
3. **Svetsbarhet fjärrvärmeapplikationer, 2021-734 och 2021-831.** Projekten har identifierat och verifierat en orsak (restmagnetism) till svetsproblem som uppstått under senare år vid rörsvetsning av fjärrvärmeledningar. Projektets rekommendationer, om de följs, bidrar till att väsentligt minska risken för behov av framtida underhållsåtgärder orsakade av ovanstående svetsproblem. Härigenom har de båda projekten bidragit till en fortsatt god kondition av befintliga fjärrvärmeledningar i Sverige.
4. **Varmvattenflöden i flerbostadshus, 2021-800.** Här finns en sammanställning av uppmätta varmvattenflöden vilket tidigare endast sparsamt har dokumenterats. Dimensionering av varmvattenflöden har i hög utsträckning präglats av empiri men här finns mätningar som saknar motsvarighet i övriga Europa, där man fortfarande överdimensionerar ventiler för varmvattenberedning i nya fjärrvärmecentraler. En anpassning av dimensionsreglerna i Europa till den nivå som tillämpas enligt de svenska erfarenheterna skulle spara många miljoner euro när fjärrvärmen kommer att byggas ut i Europa.
5. **Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar i fastigheter, 2020-678 / 679e.** Detta projekt har ett fokus på både kunder och företag och tittar inte, som i många andra projekt enbart på fjärrvärmeföretags perspektiv. Projektet visar på att värmepumpar kan ha en plats i fjärrvärmesystem och att värmepumpar inte bara skall ses som ett hot.
6. **Dimensionering av distributionssystem, 2021-813.** En viktig slutsats i detta projekt var att det finns överkapacitet i dagens servisledningar. Detta

kan möjliggöra en generell sänkning av framtidens framtemperaturer för att enklare fånga in olika former av lågtemperaturvärme.

7. El och fjärrvärme – samverkan mellan marknaderna, etapp III, 2019-570.

Mot bakgrund av att många prognoser pekar på en fördubbling av elanvändningen i Sverige till 2045 är frågeställningen om fjärrvärmesystemens betydelse för att hantera den framtida elbalansen ur ett produktionsperspektiv (genom kraftvärmeproduktion) och ur ett användarperspektiv där mer el kan användas till fjärrvärmeproduktion (elpannor och värmepumpar) intressant. Rapporten ger en fingervisning av fjärrvärmesystemens betydelse i detta sammanhang.

8. Avfallets roll i framtidens energisystem - Energiutvinning ur avfall ur energibranschens perspektiv, 2019-589

En viktig fråga att adressera under det kommande decenniet är bränsletillförsel. Genom ökad cirkularitet torde mängden avfallsfraktioner till förbränning, samt den nuvarande importen av avfall, minska. Därtill är energiinnehållet i de plastfraktioner som förbränns betydande och en analys av hur de kan ersättas också relevant. I projektet diskuteras även klimatneutralitet vilket är ett viktigt begrepp för branschen framgent. En diskurs kring sådana begrepp är viktiga för att etablera effektiva och långsiktiga mål för sektorn (bortom 2030).

4.2 KUNSKAPSLUCKOR

Genom att FutureHeats mål varit snäva så har de uteslutit många områden där ny kunskap behövs. Nedan identifieras exempel på kunskapsluckor som finns och vilka inte alls eller i liten grad adresserats av de mål som funnits för FutureHeat:

1. Vilka långsiktiga mål kan tänkas vara vägledande för den svenska fjärrvärmesektorn?
2. Framtidens verksamhet präglas av ramverk, hur kommer EUs föreslagna taxonomi att påverka städer och dessas fjärrvärmeföretag?
3. Hur ser framtidens bränslemix ut? Ingår biobränsle och avfall?
4. Hur ska nuvarande förbränning av omkring en miljon ton/år plast i svensk avfallsförbränning hanteras inför 2030 när fjärrvärmesektorn ska vara helt fossilfri? Denna mängd motsvarar ett bränslevärde på omkring 10 TWh som antingen ska bli klimatneutral eller ersättas.
5. Viktiga förutsättningar och möjligheter finns för helt fossilfri topp- och reservlast utöver spårbundenheten baserad på traditionell förbränning inför total fossilfrihet 2030?
6. Hur kan värmepumpar användas som en del av systemlösningen?
7. Hur ska fjärrvärmecentraler och fjärrvärmeledningar som installeras nu dimensioneras för morgondagens förutsättningar?

8. Vilka olika samverkande nyttor finns med säsongslager? Det planeras eller byggs just nu mycket stora värmelager i danska, finska, tyska, schweiziska och österrikiska fjärrvärmesystem. Varför byggs inte sådana i Sverige?
9. Vilka är drifterfarenheterna från unika kyllosningar i svenska fjärrkylesystem? Det finns få dokument som verkligen beskriver vad som händer i de svenska fjärrkylesystemen. Sådan information skulle vara mycket intressant för andra länder inom EU.
10. Hur kan affärsmodellen för fjärrvärme förändras? Hur ser kundens efterfrågan ut och vad krävs för att skapa en aktiv kund som bidrar till flexibilitet?
11. Vilka digitala lösningar krävs för att möjliggöra ett utbyte av information med kund och göra kunder till en del i energisystemet? Och vilka andra nyttor kan en ökad digitalisering bidra med?

5 Rekommendationer för fortsatt forskning i FutureHeat

5.1 MÅL, FORSKNINGENS INRIKTNING OCH KUNSKAPSLUCKOR

Ovan har identifierats att de mål som ställts för forskningen inom FutureHeat varit snäva vilket å ena sidan har resulterat i forskning inom vissa områden samt att andra, värdefulla, idéer inte kommit fram. Den målbild som har funnits har framförallt bidragit till forskning där tyngdpunkten legat på att förbättra befintliga system och teknik. Frågor som rör framtida affärsvillkor och nödvändig förändring för konkurrenskraftigt erbjudande har beaktats i ringa omfattning.

Förslagsvis fastställs målbilden för kommande programperioder på ett sätt så att de bjuder in till skapande av nya idéer och ny kunskap. Ett möjligt sätt att göra detta på är att identifiera de kunskapsluckor och de utmaningar som branschen som helhet står inför. En bredd i målen så att de adresserar teknik men även områden såsom kund, marknad och reglering bör uppväga det snäva perspektivet. För att fastställa målen är det möjligt att företagsrepresentanterna i FutureHeat gynnas av att ta in stöd från exempelvis akademiskt håll, såväl nationellt som internationellt, samt att ta in idéer från befintliga värmekluster, kundorganisationer och myndigheter (framförallt Energimyndigheten).

5.2 UTFÖRANDE OCH KVALITET I PROJEKTEN

Det identifieras ovan att projekten inom FutureHeat är små med avseende på budgetens omfattning och har ett snävt fokus. Denna sorts projekt möjliggör inte skapande av ny kunskap i någon större omfattning, men uppmuntrar såväl konsulter som nyblivna forskare på området att lära sig mer kring sektorn. Att fungera som en skola för nya fjärrvärmeaktörer är angeläget, men det är också viktigt att vara medveten om att ett sådant finansieringsupplägg resulterar i snäva resultat och inte alltid i forskning utan snarare i utveckling.

Kvaliteten på utförande av projekt har varit varierande med avseende på teoretisk koppling, motivation av metodikval, referenshantering och svar på forskningsfrågor. Denna insikt resulterar i att det är relevant för FutureHeat att etablera samsyn i de referensgrupper som följer projekten kring vilken nivå av vetenskaplig kvalitet som skall råda och hur man kan se till att uppsatta kvalitetskrav efterlevs. Kanske kan man utveckla en checklista som alla utförare i projekt förväntas följa, sådan kan för nya forskare omfatta stöd i forskningsmetodik. Ytterligare en orsak till varierande kvalitet i projekten kan vara att det förefaller som att det blir stressigt att författa slutrapport. Ett krav på ett utkast på rapport 3-6 månader innan rapportslut skulle kunna vara en åtgärd som bidrar till bättre planering. Ytterligare ett sätt att stärka slutrapporter är att skicka dem på granskning innan de färdigställs, förslagsvis av andra utförare inom forskningsprogrammet eller utsedda sakgranskare inom området, alternativt att referensgrupperna breddas med sakkunniga utanför branschföretagen.

5.3 DOKUMENTATION AV TIDIGARE FORSKNING

En ytterligare iakttagelse i denna syntesrapport är att det finns få referenser till svenska forskningsrapporter från tidigare forskningsprogram. Detta skulle kunna bero på att de är svåra att hitta i dagens databaser. I Sverige finns för tillfället mer än 1000 forskningsrapporter om fjärrvärme och fjärrkyla, så det borde finnas underlag för fler referenser i dagens forskningsrapporter. Utan en effektiv återkoppling av tidigare forskning finns det en uppenbar risk för att forskningsprojekt glöms bort och återupprepas i framtiden.

Före 1997 finns det totalt 614 forskningsrapporter tillgängliga, där alla rapporter för perioden 1981-1996 är listade i Henriksson & Werner (1997). För perioden 1996-2017 finns det totalt 363 forskningsrapporter i de tre genomförda programmen (Hetvattenteknik, Värmegles Fjärrvärme och Fjärrsyn). Dessutom finns det ytterligare 42 rapporter i det internationella IEA-DHC-programmet som Sverige har varit med och finansierat.

Baserat på stickprov verkar det som att alla forskningsrapporter från programmen Hetvattenteknik, Värmegles Fjärrvärme och Fjärrsyn återfinns i Energiforsks rapportdatabas. Tyvärr är inte dessa tre program valbara för filtrering i nuvarande databas, vilket begränsar möjligheten till att få relevanta träffar vid enkla sökningar med enbart sökord. Nu måste man veta en exakt rapporttitel för att finna en tillgänglig forskningsrapport i databasen. Ett annat problem är att rapporterna från tredje Fjärrsynsperioden blivit felaktigt klassade som att de ingår i FutureHeat. En enkel uppdatering av databasen med eliminering av dessa defekter skulle säkert göra det enklare att hitta äldre forskningsrapporter om fjärrvärme och fjärrkyla.

En förebild i detta avseende är den digitalisering som nyligen utförts av omkring 2600 BFR-rapporter som utkom innan BFR avvecklades i slutet av 1990-talet. Dessa är nu offentligt tillgängliga från Libris. Här återfinns också många rapporter om fjärrvärme, då BFR hade ansvaret för all fjärrvärmeforskning mellan 1981 och 1984. Totalt publicerades 76 forskningsrapporter om fjärrvärme av BFR mellan 1977 och 1996.

Ett enkelt förslag till förbättring av Energiforsks projektdatabas är att märka upp fjärrvärmerapporternas tillhörighet till de olika fjärrvärmeprogrammen för att förbättra sökmöjligheterna för nya forskare.

5.4 FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER INFÖR FRAMTIDA PROGRAM

Nedan listas möjliga aktiviteter att beakta inför etablering av nästa omgång av forskningsprogrammet FutureHeat:

- Öka bredden på målen för programmet bortanför teknik
- För att etablera målen kan stöd tas in från akademi, värmekluster, Energimyndigheten med flera
- Säkerställ att beviljade projekt tillsammans täcker en önskvärd blandning av inriktningar och mål
- Etablera tydlighet i referensgrupper kring forskningsmetodik

- Etablera ett bättre granskningsförfarande av projekt och projektrapporter. En idé skulle kunna vara granskning mellan utförare (peer review), eller att referensgrupperna får en bredare sammansättning av aktörer.
- Se över finansieringsmodellen för att säkerställa att både utvecklingsprojekt och forskningsprojekt kan finnas med bland de projekt som finansieras. Blanda större med mindre projekt och korta med långa projekttider, så att även en tillväxt av antalet forskarutbildade personer kan befrämja branschens utveckling.
- Säkerställ dokumentation av all forskning som genomförs på ett sätt som är spårbart. En möjlighet skulle eventuellt kunna vara att avkräva publikation i vetenskapliga tidskrifter eller konferensbidrag som del av slutrapportering
- Fastställ vilka målsättningar som finns för spridning av forskningsresultaten. För en direkt användning av resultaten i den svenska fjärrvärmebranschen är svenska som språk i rapporterna eventuellt att föredra. För internationell spridning av forskningsresultaten krävs att rapporterna skrivs på engelska. Vilken målsättning är viktigast?

6 Nationell och internationell utblick

I detta kapitel presenteras ett kort översikt över andra forskningsprogram med anknytning till fjärrvärme och fjärrkyla i Sverige och dess omgivning, då FutureHeat inte utgör det enda forskningsprogrammet för fjärrvärme och fjärrkyla där svenska forskare och företag kan finna finansiering till sin forskning.

6.1 ENERGIMYNDIGHETENS TERMO-PROGRAM

Hos Energimyndigheten ingår fjärrvärme och fjärrkyla i ett gemensamt program för all värme- och kylforskning, inklusive värmepumpar. Detta program har också finansierat olika klusterbildningar med anknytning till värme och kyla, som tex Värmeklustret som drivs av Energiforsk. Omfattningen kommer att landa på omkring 260 Mkr mellan 2018 och 2024, dvs knappt 40 Mkr per år. Kommunikation om programmets projekt och resultat genomförs av Energiforsk.

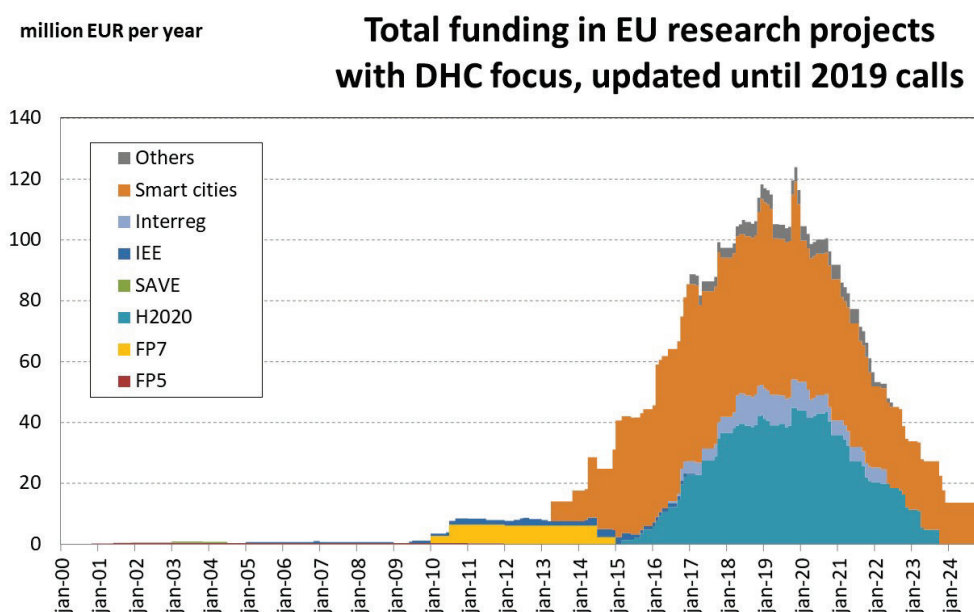
6.2 VINNOVA

Vinnova finansierade 2016 en strategisk innovationsagenda för fjärrvärme och fjärrkyla. Under senare år har ett flertal forskningsprojekt med anknytning till fjärrvärme finansierats: Smart Optima Heat Network (2015-2017), Urban Magma (2016-2019), Prismodeller med AI (2020-2021), Forward to Zero (2021-2022) samt TermoNet (2021-2022).

6.3 EU-PROJEKT

I en nyligen publicerad sammanställning från DHC+ (Lettenbichler, Corscadden, & Krasatsenka, 2021) redovisades 63 olika EU-projekt inom forskningsprogrammet Horisont 2020 med anknytning till fjärrvärme och fjärrkyla. För mer detaljerad information om innehåll och deltagare i dessa projekt hänvisas till databasen Cordis (www.cordis.eu).

Den totala omfattningen av dessa fjärrvärme- och fjärrkyleprojekt har under senare år varit på omkring en miljard kronor per år, vilket framgår av Figur 2. Detta är en väsentlig ökning sedan 2010, innan dess genomfördes enbart ett fåtal projekt med anknytning till fjärrvärme och fjärrkyla.



Figur 2. Översikt över EU-program med totalt 90 projekt som har anknytning till fjärrvärme och fjärrkyla. Källa: Sven Werner.

6.4 ERA-NET

ERA-NET är ett finansieringsinstrument under Horisont 2020 som ger finansiering av projekt till "public-public partnerships" avseende förberedelser, etablering av gemensamma nätverk, implementering samt koordinering av gemensamma aktiviteter. Olika EU-länder kan med detta instrument genomföra gemensamma utlysningar med gemensamt stöd från EU:s ramprogram.

Ett stort projekt inom ERA-NET med anknytning till fjärrvärme är Geotermica, som syftade till att utforska konkreta projektidéer kring ökad användning av geotermisk värme i Europa. Projektet arbetade 2017-2021 och hade en total omfattning på nästan 500 miljoner kronor. Det bestod av åtta delprojekt, varav det största hette Heatstore, som behandlade omfattande geotermiska värmelager. Projektet hade deltagare och finansiering från 15 länder, men Sverige deltog inte.

I 2018 års utlysning inom Smart Energy Systems med inriktning mot Integrated Regional Energy Systems finansierades fyra projekt med anknytning till fjärrvärme och fjärrkyla: DISTRHEAT, FlexiSync, HEATflex och EPC2SES. Flera av dessa projekt har medverkan från svenska partners. De pågår mellan 2019 och 2022 samt har en total omfattning på drygt 80 miljoner kronor.

6.5 IEA-DHC TECHNOLOGY COOPERATION PROGRAMME

IEA_DHC Technology Cooperation Programme är ett internationellt program som startade 1983 och har haft svenskt deltagande och delfinansiering sedan dess. Totalt deltar nu 13 länder och verksamheten med publicerade rapporter finns lätt tillgänglig på dess hemsida (www.iea-dhc.org). Nuvarande omfattning per

annexperiod ligger på omkring 15 miljoner kronor, vilket gör det till ett ganska litet internationellt program. Under perioden 2020-2023 pågår Annex 13 med sju olika projekt, vars kostnader finansieras av programmet (sk "cost sharing").

Under senare år har programmet vuxit betydligt då det har utökats med flera uppgiftsorienterade (sk "task sharing") projekt, där projektdeltagarna finansierar sin medverkan från sina hemländer. TS1-projektet handlade om möjligheter för lågtemperatursystem, medan fokus i TS2 blev implementering av lågtemperatursystem. Detta andra projekt koordinerades av Högskolan i Halmstad och finns nyligen avrapporterat i en guidebook (Averfalk, et al., 2021). Det pågående TS3-projektet handlar om hybridnätverk, medan TS4 fokuserar på digitalisering av fjärrvärme och fjärrkyla. Integration av förnyelsebart i befintliga system är det centrala temat för TS5, som pågår till 2024. Ett sjätte TS-projekt är under beredning med tysk koordinator i form av AGFW och kommer att handla om statusbestämning, åldrande, livslängdsskattningar och förvaltning av fjärrvärmeledning i befintliga nät.

6.6 IMPLEMENTERINGSSTÖD

Under senare år har många länder skiftat från forskningsstöd till implementeringsstöd för att öka trycket på nödvändiga förändringar av energisystemet. Detta gäller även för projekt avseende fjärrvärme och fjärrkyla.

Inom EU:s ramprogram har Horisont 2020 ersatts av nya program som The Green Deal, Innovation Fund m fl. Fokus i dessa program är hållbara investeringar där staden blir en viktig aktör. Den europeiska forskningsplattformen DHC+ avseende fjärrvärme och fjärrkyla har till våren 2022 utlovat en översikt över de sista utlysningarna under 2020 inom Horisont 2020 samt en första sammanställning av projekt med anknytning till fjärrvärme och fjärrkyla inom den nya inriktningen i de nya programmen. Denna översikt kommer att visa hur omdirigeringen mot mer implementeringsstöd har utfallit för fjärrvärme och fjärrkyla.

Wärmenetze 4.0 var ett bankorienterat program i Tyskland som finansierade förstudier och pilotprojekt kring fjärde generationens fjärrvärme mellan 2017 och 2020. Omfattningen blev omkring 1 miljard kronor. Detta inledande program blev för perioden 2021-2024 ersatt av programmet "Bundesförderung für effiziente Wärmenetze", som blev nästan tio gånger större till sin omfattning.

7 Referenser

För att särskilja referenserna som beskriver projektrapporterna inom FutureHeats två inledande etapper, så skrivs författarnamnen för dessa genomgående med stora bokstäver i följande referenslista. För övriga referenser utanför programmet används stor bokstav enbart för inledande bokstav i författarnamnen.

- Adl-Zarrabi, B. (2013). *Hybridisolerade fjärrvärmerör. Fjärrsynsrapport 2013-23*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/hybridisolerade-fjarrvarmeror/>
- ADL-ZARRABI, B. (2021). *Uppskattning av den tekniska livslängden hos hybridisolerade fjärrvärmerör. Energiforsk rapport 2021:799*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/uppskattning-av-den-tekniska-livslangden-hos-hybridisolerade-fjarrvarmeror-2021-799/>
- Adl-Zarrabi, B., & Berge, A. (2012). *Högpresterande fjärrvärmerör. Fjärrsynsrapport 2012-16*. Retrieved from <https://energiforsk.se/rapportsok/?q=2012%3A16>
- Adl-Zarrabi, B., Berge, A., Liden, P., Domhagen, F., & Ramnäs, O. (2017). *Livslängd och statusbedömning av fjärrvärmenät (Lifetime and current status for district heating networks). Energiforsk-Fjärrsyn report no. 2017:420*. Retrieved from <http://www.energiforsk.se/program/fjarrsyn/rapporter/livslangd-och-statusbedomning-av-fjarrvarmenat-2017-420/>
- ADL-ZARRABI, B., & MARZBANRAD, A. (2019). *Livslängd för hybridisolerade fjärrvärmerör. Energiforsk rapport 2019:593*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/livslangd-for-hybridisolerade-fjarrvarmeror-2019-593/>
- ANDERSSON, J., KAH, P., STRIDH, L.-E., KUMARA, C., & NILSON, M. (2021). *Svetsbarhet av fjärrvärmeapplikationer – Etapp 2. Energiforsk rapport 2021-831*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/svetsbarhet-av-fjarrvarmeapplikationer-etapp-2-2021-831/>
- AVERFALK, H. (2021). *Faktiska varmvattenflöden i flerfamiljshus. Energiforsk rapport 2021:800*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/faktiska-varmvattenfloden-i-flerfamiljshus-2021-800/>
- Averfalk, H., Benakopoulos, T., Best, I., Dammel, F., Engel, C., Geyer, R., . . . Werner, S. (2021). *Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook, Annex TS2. IEA-DHC Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling*. Retrieved from <https://www.iea-dhc.org/the-research/annexes/2017-2021-annex-ts2>
- AVERFALK, H., DALMAN, B.-G., KILERSJÖ, C., LYGNERUD, K., & WELLING, S. (2018a). *Analys av 4e generationens fjärrvärmeteknik jämfört med 3e generationens. Energiforsk rapport 2018:547*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/analys-av-4e-generationens-fjarrvarmeteknik-jamfort-med-3e-generationens-2018-547/>
- AVERFALK, H., DALMAN, B.-G., KILERSJÖ, C., LYGNERUD, K., & WELLING, S. (2018b). *Analysis of 4th Generation District Heating Technology Compared to 3rd Generation. Energiforsk report 2018:548*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/analysis-of-4th-generation-district-heating-technology-compared-to-3rd-generation-2018-548/>
- Averfalk, H., Möllerström, E., & Ottermo, F. (2021). Domestic hot water design and flow measurements. *Energy Reports*, 7, 304-310. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.142>
- Averfalk, H., & Werner, S. (2017). *Framtida fjärrvärmeteknik (Future district heating technology). Energiforsk-Fjärrsyn report no. 2017:419*. Retrieved from

- <http://www.energiforsk.se/program/fjarrsyn/rapporter/framtida-fjarrvarmeteknik-2017-419/>
- Baetens, R., Jelle, B. P., Thue, J. V., Tenpierik, M. J., Grynning, S., Uvsløkk, S., & Gustavsen, A. (2010). Vacuum insulation panels for building applications: A review and beyond. *Energy and Buildings*, 42(2), 147-172.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.005>
- BROBERG, P., LJUNGBLAD, S., & HOLMSTEN, M. (2021). *Långtidsstudie av värmeledande pasta i dykrör. Energiforskrapport 2021-814*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/langtidsstudie-av-varmeledande-pasta-i-dykror-2021-814/>
- DAHLBERG LARSSON, C., SELINDER, P., & WALLETUN, H. (2018). *Fastighetsanpassning för 4GDH. Energiforsk rapport 2018:535*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/fastighetsanpassning-for-4gdh-2018-535/>
- DRAXLER, J., STRIDH, L.-E., & ANDERSSON, J. (2021). *Svetsbarhet av fjärrvärmeapplikationer. Energiforsk rapport 2021:734*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/svetsbarhet-av-fjarrvarmeapplikationer-2021-734/>
- Energiföretagen. (2019). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - uppvärmningsbranschen*. Retrieved from https://www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/sa-tycker-vi/fardplaner-fossilfritt-sverige/ffs_fardplan-fossilfri-uppvarmning-med-undertecknare_191007.pdf
- Energiföretagen. (2021). *Fjärrvärmecentralen – utförande och installation. Tekniska bestämmelser F:101*. Retrieved from <https://www.energiforetagen.se/forlag/fjarrvarme/f101-fjarrvarmecentralen-utforande-och-installation/>
- Euroheat & Power. (2008). *Guidelines for District Heating Substations. Prepared by Task Force Customer Installations and approved by the Euroheat & Power Board*. Retrieved from <https://archive.euroheat.org/publications/technical-guidelines/euroheat-power-guidelines-district-heating-substations/>
- Farouq, S., Byttner, S., Bouguelia, M.-R., & Gadd, H. (2021). Mondrian conformal anomaly detection for fault sequence identification in heterogeneous fleets. *Neurocomputing*, 462, 591-606. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.08.016>
- Farouq, S., Byttner, S., Bouguelia, M.-R., Nord, N., & Gadd, H. (2020). Large-scale monitoring of operationally diverse district heating substations: A reference-group based approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 90, 103492. doi:<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103492>
- FOLKESON, B., MÅNSSON, D., & FRANZEN, T. (2018). *Termiska energimätare med korta integreringstider. Energiforsk 2018:530*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/termiska-energimatare-med-korta-integreringstider/>
- FOLKESON, B., MÅNSSON, D., & FRANZEN, T. (2019). *Thermal energy meters with short integration times. Energiforsk report 2019:561*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/thermal-energy-meters-with-short-integration-times-2019-561/>
- Fröhlich, D. (2021). Dimensionierung von Fernwärmeleitungen. *Euroheat & Power*, 50(11-12), 34-39.
- Gadd, H., & Werner, S. (2020). 21 - Thermal energy storage systems for district heating and cooling. In L. F. Cabeza (Ed.), *Advances in Thermal Energy Storage Systems, Second edition* (pp. 625-638): Woodhead Publishing.
- GUSTAFSSON, M., ÅBERG, M., & BERNER WIK, P. (2021). *Fjärrvärme i framtidens hållbara bostadsområden. Energiforsk rapport 2021-812*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/fjarrvarme-i-framtidens-hallbara-bostadsomraden-2021-812/>

- Henriksson, M., & Werner, S. (1997). *Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996. Svenska Fjärrvärmeföreningen FoU 1997:13*. Retrieved from <https://energiforsk.se/rapportsok/?q=svensk+statlig+fj%C3%A4rrv%C3%A4rmeforskning>
- JAKUBOWICZ, I., SÄLLSTRÖM, J. H., VEGA, A., & YARAHMADI, N. (2022). *Livslängsprediktering och statusutvärdering av fjärrvärmeledningar. Energiforskrapport 2022-851*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/livslangdsprediktering-och-statusutvardering-av-fjarrvarmeledning-2022-851/>
- KENSBY, J., JOHANSSON, L., JANSSON, S., & CARLSSON, J. (2019a). *The value of flexible heat demand. Energiforsk report 2019:565*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/the-value-of-flexible-heat-demand/>
- KENSBY, J., JOHANSSON, L., JANSSON, S., & CARLSSON, J. (2019b). *Värderingsmodell för efterfrågefleksibilitet. Energiforsk rapport 2019:564*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/varderingsmodell-for-efterfragefleksibilitet/>
- KENSBY, J., OTTOSSON, J., EKLUND, M., FRANSSON, N., & JOHANSSON, L. (2020a). *Toolbox for Prosumtion In District Heating. Energiforsk report 2020:696*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/toolbox-for-prosumtion-in-district-heating-2020-696/>
- KENSBY, J., OTTOSSON, J., EKLUND, M., FRANSSON, N., & JOHANSSON, L. (2020b). *Verktyslåda för prosumtion inom fjärrvärme. Energiforsk rapport 2020:681*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/verktyslada-for-prosumtion-inom-fjarrvarme-2020-681/>
- Lettenbichler, S., Corscadden, J., & Krasatsenka, A. (2021). *Advancing District Heating & Cooling Solutions and Uptake in European Cities - D2.1 Overview of Support Activities and Projects of the European Commission on District Heating & Cooling*. Retrieved from <https://celsiuscity.eu/new-celsius-publication-advancing-district-heating-cooling-solutions-and-uptake-in-european-cities/>
- LIDÉN, P. (2019). *Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmerör. Energiforsk rapport 2019:590*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/faltforsok-for-statusbedomning-av-fjarrvarmeror-2019-590/>
- Ljungblad, S., Franzén, T., & Holmsten, M. (2015). *Temperaturmätning i vätskeflöden. Fjärrsynsrapport 2015-118*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/temperaturmatning-i-vatskefloden/>
- LUNDMARK, E., & VESTERLUND, M. (2021). *Virtual Heating Plants. Energiforsk report no. 2021-816*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/virtual-heating-plants-2021-816/>
- LUNDMARK, E., VESTERLUND, M., & FREDRIKSSON, S. (2021). *Virtuella Värmeverk. Energiforskrapport 2021-815*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/virtuella-varmeverk-2021-815/>
- Lygnerud, K., Ottosson, J., Kensby, J., & Johansson, L. (2021). Business models combining heat pumps and district heating in buildings generate cost and emission savings. *Energy*, 234, 121202. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121202>
- LÄTT, A., GODE, J., SIDVALL, A., BOBERG, N., NILSSON, J., & BERGLUND, R. (2019). *Klimatbedömning av energilösningar i byggnader. Energiforsk rapport 2019-576*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/klimatbedomning-av-energilosningar-i-byggnader/>
- LÄTT, A., SUNDQVIST, J.-O., ALMASI, A., MATSCHKE EKHOLM, H., GODE, J., BERGLUND, R., . . . FRÅNE, A. (2019). *Avfallets roll i framtidens energisystem*.

- Energiforsk rapport 2019:589*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/avfallets-roll-i-framtidens-energisystem-2019-589/>
- Månsson, S., Johansson Kallioniemi, P.-O., Thern, M., Van Oevelen, T., & Sernhed, K. (2019). Faults in district heating customer installations and ways to approach them: Experiences from Swedish utilities. *Energy*, 180, 163-174. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.220>
- Månsson, S., Lundholm Benzi, I., Thern, M., Salenbien, R., Sernhed, K., & Johansson Kallioniemi, P.-O. (2021). A taxonomy for labeling deviations in district heating customer data. *Smart Energy*, 2, 100020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100020>
- NEHLER, T., ÖDLUND, L., & MAGNEFJORD, M. (2020a). *International Platform for Thermal Energy Systems Research*. *Energiforsk report 2020:676*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/international-platform-for-thermal-energy-systems-research-2020-676/>
- NEHLER, T., ÖDLUND, L., & MAGNEFJORD, M. (2020b). *Internationell fjärrvärmeforskning*. *Energiforsk rapport 2020:680*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/internationell-fjarrvarmeforskning-2020-680/>
- OTTOSSON, J., JOHANSSON, L., KENSBY, J., LYGNERUD, K., NILSSON, J., & NILSSON, A. (2020a). *Affärsmodeller för fjärrvärme och värmepumpar*. *Energiforsk rapport 2020:678*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/affarsmodeller-for-fjarrvarme-och-varmepumpar-2020-678/>
- OTTOSSON, J., JOHANSSON, L., KENSBY, J., LYGNERUD, K., NILSSON, J., & NILSSON, A. (2020b). *Business models for combined district heating and heat pumps*. *Energiforsk report 2020:679*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/business-models-for-combined-district-heating-and-heat-pumps-2020-679/>
- SEDERHOLM, B. (2021). *Fältförsök för statusbedömning av fjärrvärmeledningar*. *Energiforsk rapport 2021-830*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/faltforsok-for-statusbedomningar-av-fjarrvarmeledningar-2021-830/>
- Sernhed, K., Lauenburg, P., Lygnerud, K., & Werner, S. (2017). *En syntes av Fjärrsyn 2013-2017*. *Energiforsk-Fjärrsyn rapport 2017:425*. Retrieved from <http://www.energiforsk.se/program/fjarrsynfutureheat/rapporter/en-syntes-av-fjarrsyn-2013-2017-2017-425/>
- SÄLLSTRÖM, J. H. (2021). *Lättfyllnadsmaterial kring fjärrvärme- och fjärrkylaledningar*. *Energiforskrapport 2021-818*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/lattfyllnadsmaterial-kring-fjarrvarme-och-fjarrkylaledningar-2021-818/>
- SÖDERBERG, J., EKSTRÖM, D., & SAGEBRAND, U. (2019). *Jämförelse av effektreduceringsåtgärder i fjärrvärmenät*. *Energiforsk rapport 2019:591*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/jamforelse-av-effektreduceringsatgarder-i-fjarrvarmenat-2019-591/>
- UNGER, T., & HOLM, J. (2019). *El och fjärrvärme - Samverkan mellan marknaderna, etapp III*. *Energiforsk rapport 2019:570*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/el-och-fjarrvarme-etapp-tre-2019-570/>
- WÄSTBERG, F., HANSSON, M., & EDLAND, R. (2022). *Branschsamarbete för avancerad analys av värmedistribution och uppvärmningsbehov - Data Science DS: BRAVA – Ett projekt för smartare fjärrvärme*. *Energiforsk rapport 2022-850*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/branschsamarbete-for-avancerad-analys-2022-850/>

ÅKERLUND, K., NORDIN, T., & PENTTINEN, O. (2021). *Dimensionering av servisedningar i distributionssystem. Energiforsk rapport 2021:813*. Retrieved from <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/dimensionering-av-servisedningar-i-distributionssystem-2021-813/>

SYNTES AV FUTUREHEAT 2017-2021

Det här är en syntes av den första och andra etappen av forskningsprogrammet FutureHeat. Syntesarbetet har genomförts för att sprida kunskap om forskningsresultaten från programmet och ge ett underlag till kommande forskningsplanering. Syntesen innehåller en utvärdering av hur väl forskningsresultaten bidrar till de övergripande målen i FutureHeat och utgör ett viktigt underlag för framtida prioriteringar. Rapporten innehåller en kort sammanfattning av alla projektresultat, en analys av hur resultaten uppfyller programets mål och rekommendationer för fortsatt forskning.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin.



Energiforsk