

# Ranagård med 4GDH-teknik

Slutrapport mars 2022



Ett projekt  
inom  
Energimyndighetens  
program TERMO

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>Ranagård med ny 4GDH-teknik</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska <b>Ranagård with new 4GDH Technology</b>	
Universitet/högskola/företag <b>HH Högskolan i Halmstad, HEM Halmstad Energi och Miljö och MU Malmö Universitet</b>	Avdelning/institution <b>Bygg- och energi avd. vid Akademin för Företagande, innovation och hållbarhet, FIH</b>
Adress <b>Box 823, 301 18 HALMSTAD Besöksadress: Kristian IV:s väg 3</b>	
Namn på projektledare <b>Heidi Norrström arkitekt SAR/MSA, tekn. dokt. HH</b>	
Namn på ev övriga projektdeltagare <b>Kristian Stålné tekn. dokt. MU, Helge Averfalk tekn. dokt. HH samt Sven Werner professor emeritus HH</b>	
Nyckelord: 5-7 st <b>Ny fjärrvärmeteknik, genomförande, acceptans, hinder, möjligheter</b>	

## Förord

Forskningsprojektet Ranagård med 4GDH är finansierat av Energimyndigheten och har genomförts mellan juni 2019 och mars 2022. HEM, Halmstad Energi och Miljö, har varit särskilt hjälplig i projektet genom en hög transparens kring fjärrvärmeutbyggnaden med den nya tekniken i området Ranagård där Högskolan i Halmstad haft full insyn. Planeringen för fortsatt samarbete med uppföljning av den nya tekniken har påbörjats. Ett stort tack även till Creacon som arbetat med HEM i fjärrvärmeutbyggnaden. Tack även till HFAB som bygger lägenheter i Ranagård. Ett största tack vill vi rikta till dem som deltagit i workshops och till alla personer i företag och organisationer där vi fått genomföra intressanta intervjuer. Det har varit en spännande resa att få ta del av energi- och byggbranschens erfarenheter kring implementering av ny teknik.

## Innehållsförteckning

Förord.....	1
Sammanfattning.....	4
Summary.....	8
1 Inledning.....	11
Sammanhanget.....	11
Syfte, mål, objekt och organisation.....	13
Om den nya fjärrvärmetekniken.....	15
2 Ranagårdsprojektet.....	18
Planområdet Ranagård.....	18
Fjärrvärme till Ranagård.....	19
Infrastruktur för fjärrvärme.....	19
Systemlösningar för fjärrvärme.....	19
Interregprojektet LowTEMP.....	21
Planerad värmeförsörjning.....	21
Installerat trerörssystem.....	21
Markanvisningsavtal.....	24
Ursprunglig och förväntad tidplan.....	25
3 Perspektiv på nya systemlösningar - teori.....	26
Innovationer och ny teknik.....	26
Befintliga regelverk som styr teknologiska skiften.....	28
En överblick över olika perspektiv.....	30
4 Perspektiv på nya systemlösningar – analys, resultat, diskussion och slutsats...32	32
Metod.....	32
Resultat.....	33
Materiellt-tekniskt perspektiv (individuella/yttre).....	34
Strukturella/organisatoriska perspektiv; samhällssystem (kollektiva/yttre).....	37
Kulturella perspektiv (kollektiva/inre).....	41
Psykologiska perspektiv (individuella/inre).....	43
Diskussion kring resultat från intervjuer och jämförelse med tidigare forskning.....	46
Diskussion kring organisation.....	48
Planeringsprocessen i Ranagårdsprojektet.....	49
Slutsats – Identifierade hinder.....	51
Slutsats – Identifierade möjligheter och acceptans.....	52
Slutord.....	52
5 Kvalitetssäkring av genomförande i Ranagård – resultat, diskussion och slutsats.....	53
Områdescentralen.....	54
Trerörslösningen.....	56
Fjärrvärmecentraler för småhus.....	57
Fjärrvärmecentraler för flerbostadshus.....	57
Fjärrvärmecentraler för flerbostadshus, första avvikelsen.....	58
Fjärrvärmecentraler för flerbostadshus, andra avvikelsen.....	59
Temperaturer och termiska längder i fjärrvärmecentraler.....	61
Temperaturer och termiska längder i uppvärmningssystem.....	64
Planerad mätinsamling.....	66

Slutsatser från genomförd kvalitetssäkring.....	68
6 Extern kommunikation om Ranagård .....	70
Referenser .....	71
Bilagor .....	75

## Sammanfattning

Det här transdisciplinära projektet har tre delar. Den första delen som beskrivs i kapitel 1 och 2 och är författat av Sven Werner är själva området Ranagård i Halmstad där ny teknik för fjärrvärme med låga temperaturer ska anläggas. Den andra delen och den tredje delen i projektet är kopplade till den första. Båda är kvalitativa men behandlar helt olika ämnesområden. Del två som beskrivs i kapitel 3 och 4 och är skrivet av Heidi Norrström och Kristian Stålné handlar om systemförståelse och acceptans, att identifiera hinder och möjligheter för implementering av ny teknik. Den tredje delen som beskrivs i kapitel 5 och är skrivet av Helge Averfalk avser kvalitetssäkring av den föreslagna nya fjärrvärmetekniken så att intentionerna följs. Själva sammanfattningen här nedanför är skriven av Heidi Norrström, Helge Averfalk och Sven Werner.

Dagens fjärrvärmeteknik är en gång utvecklad för förbränningsteknik med fossila bränslen och för höga värmebehov i vårt byggnadsbestånd. Numera är de fossila bränslena huvudsakligen ersatta av flis, avfall och av överskottsvärme men även solvärme och värmepumpar ingår i mixen. EU-direktivet om nära-noll-energi byggnader och det stora behovet av renovering av det existerande byggnadsbeståndet kommer också att bidra till att det höga värmebehovet i byggnader sjunker. I kontexten av lågenergibygnader och en ny renoveringsvåg som genomförs i Europa är ny fjärrvärmeteknik med låga temperaturer en smart lösning.

Det här utgör slutrapporten för det transdisciplinära projekt som drivits tillsammans av Halmstad Energi och Miljö, HEM, av Högskolan i Halmstad och Malmö universitet och finansieras av Energimyndigheten.

Den första delen beskriver utbyggnaden av fjärrvärmenätet för 550 bostäder i den nya stadsdelen Ranagård i västra Halmstad. Här ska en ny lösning med lågtemperatur testas i ett system med tre parallella rör istället för två rör. Systemlösningen som utvecklats vid Högskolan i Halmstad har aldrig tidigare testats i full skala. Lösningen innebär en effektivisering som möjliggör en betydligt lägre temperatur än den i dagens fjärrvärmesystem. Svenska fjärrvärmenät har en genomsnittlig temperatur om 86°C och en genomsnittlig returtemperatur om 47°C. Ambitionen är långsiktigt att nå en genomsnittlig framledningstemperatur om 55°C med en genomsnittlig returtemperatur om 20-25°C. Fjärrvärmeutvecklingen går mot lägre temperaturer och kallas internationellt för fjärde generationens fjärrvärmeteknik. Halmstads lösning ingår i den utvecklingsprocessen.

Med en halvering av temperaturnivån blir också värmeförlusterna i distributionsnäten lägre och med samma mängd genererad energi i värmeverket som tidigare kan denna värmeenergi därför distribueras till fler användare. Detta gäller förutsatt att dagens förbränningsbaserade fjärrvärme fortsatt används. Den kommer dock att så småningom fasas ut då alltmer av det material som idag benämns avfall kommer att minska i takt med högre grad av återvinning. En annan faktor som också talar för minskad användning av förbränningsbaserad fjärrvärme är den ökande andelen intressenter för användning av skogsråvaror och av skogsindustrins restprodukter som t. ex. flis. Den nya tekniken ligger därför

rätt i tiden, är resurseffektiv och ger även lägre kostnader för att använda förnybar, återvunnen och lagrad värmeenergi i systemen.

Den andra delen syftar till systemförståelse och kunskap hos olika aktörer genom att kartlägga acceptans och möjligheter samt att identifiera hinder som kan uppstå vid implementering av ny teknik. Tidigare studier visar att enbart kommunikation till berörda parter sällan är tillräcklig för en ökad acceptans. Intervjuer med olika aktörer inom energi- och byggbranschen har genomförts för att kunna identifiera grunder till de olika aktörernas beslutsfattande i relation till i första hand fjärrvärmelösningar och i andra hand generellt i relation till nya tekniska lösningar. Systemförståelse handlar dels om hur teknik accepteras, om hinder kan identifieras, om acceptansen behöver öka och i så fall hur detta skulle kunna ske. Syftet har därför vidare varit att utröna om och hur metoder och strategier i förlängningen behöver utformas.

Teknologiska transformationer som införandet av nya systemlösningar är ett exempel på komplexa frågor som spänner över många områden som kan fångas med olika perspektiv. För att överblicka bredden i perspektiv har ett metateoretiskt ramverk och heuristik använts i form av AQAL-modellen (All quadrants, all levels) vilket återfinns i många olika varianter inom sociologin. Modellen utgår från fyra kvadranter

Totalt har 26 semistrukturerade intervjuer genomförts förutom de inledande pilotfallen. Efter den inledande kategoriseringen av materialet har det tolkats utifrån syfte och mål med studien. Därefter har det tolkats med AQAL-modellens fyra kvadranter: yttre perspektiv; materiella och strukturella samt inre perspektiv; kulturella och psykologiska för att erhålla ett rikare empiriskt material, mer användbart för möjliga branschanpassade metoder och strategier för större acceptans av ny teknik.

Resultatet för denna andra del är mångtydigt. I det materiella perspektivet med förutsättningar i termer av befintliga och framtida värmekällor, tekniska begränsningar i systemen och naturvetenskapliga i hur värme sprids mellan lägenheter kan vi se en tröghet i de tekniska systemen som är tänkta att fungera över många decennier.

Ur ett strukturellt perspektiv tar sig denna tröghet ekonomiska uttryck i stora investeringar som kräver lång tid att räkna hem. Till detta kan vi lägga till bidragssystem som man inte kan räkna med på längre sikt, eller som ibland anges vara rent motverkande sitt syfte.

Det kulturella perspektivet beskriver skillnader som gör att europeiska lösningar inte anses gångbara i svenska förhållanden. I organisationskulturen finns exempel på tröghet mot att ta till sig nya lösningar. Där finns även exempel på organisationer med en mer tillåtande och experimenterande kultur, vilket gäller såväl små aktörer med korta beslutsvägar som stora vars samverkan med andra aktörer placerar dem långt fram i utvecklingen. Vid samverkan och när förändringar initieras anges vikten av kommunikation snarare än att försöka ändra hela systemet på en gång.

Det psykologiska perspektivet beskriver hur individer förstår sin omvärld och fjärrvärme frågor. Långa omställningstider, dyra investeringar och oförutsägbara omvärldsförändringar som bidragssystem och teknisk utveckling ställer höga krav



på individerna som tar beslut, både i termer av sakkunskap, systemförståelse och en förmåga att tänka och planera långsiktigt.

Slutsatsen för denna del av forskningsprojektet är dels att fjärrvärmebranschen inte är homogen i fråga om utvecklingsresurser och dels att det därför är svårt att finna en enskild metod eller strategi för en ökad acceptans för ny teknik och systemförståelse. Ökad kompetens är dock ett nyckelord för att möta de kunskapsbrister som framkommit i intervjuerna. Kunskap och kompetens är de nödvändiga förutsättningarna för ökad acceptans för ny teknik. För att se det i ett helhetsperspektiv så behöver beslutsfattande styrelser ofta mer dokumenterad information avseende dels tekniska, dels branschspecifika faktorer enligt respondenterna. Projektörer och utförare i sin tur behöver mer lösningsorienterad kompetensutveckling. En viktig del som kommit fram i helheten är att säkerställa beställarkompetensen, att företag har korrekt kompetens att handla upp värmelösningar utifrån såväl hållbarhetsaspekten som kvaliteten och inte enbart ur ekonomisynpunkt. Kommunala bolags samhällsansvar för en hållbar utveckling kan inte bortses från.

Den tredje delen av projektet avser en kvalitetssäkring av den föreslagna fjärrvärmetekniken för att tillse att den nya tekniken implementeras fullt ut. I kvalitetssäkringen ingår noggranna analyser och studier av projektering och genomförande för att undvika risken att begå misstag vid implementeringen av den nya systemlösningen för fjärrvärme. Planen för implementeringen innebar värmedistribution med tre ledningar i samma isolerade paket, längre värmeväxlare i lägenhetsvisa fjärrvärmecentraler samt lägre dimensionerande radiatortemperaturer vilket skulle skilja sig väsentligt från dagens rutiner och metoder för fjärrvärmesystem. Under vägen har dock följande förändringar av planen genomförts.

Den viktigaste **kundaspekten** var att det inte fanns acceptans för eliminering av varmvattencirkulation genom användning av lägenhetscentraler. För Sverige och Finland råder en organisationstradition med att inkludera värmebehov för uppvärmning och varmvatten i hyresavgiften för hyresrätter. Denna organisationsmetod gäller ofta även för bostadsrätter men där ingår kostnaderna för värmebehoven i bostadsrättsavgiften istället. Det finns inte något ekonomiskt incitament för boende att spara på värme eller varmvatten, då kostnaden är oberoende av verklig användning. En konsekvens av denna organisationstradition i Sverige är att det ej finns rutiner för att installera och använda lägenhetscentraler för fjärrvärme. På andra platser i Europa förväntas lägre grad av friktion avseende användning av lägenhetscentraler eftersom det påminner om kundgränssnittet med naturgaspannor som idag är vanligt förekommande. Förslagen om att kunna utföra individuell debitering för uppvärmning och varmvatten har funnits sedan slutet på 1970-talet enligt en rekommendation från den europeiska ekonomiska gemenskapen.

De viktigaste **leverantöraspekterna** har varit att Halmstad Energi och Miljö har lyckats bygga ett trerörssystem utan kortslutningar i Ranagård. Trerörssystemet kan dock göras mer effektivt i framtiden med bättre avsedda komponenter. Det har varit ovant för projektörer att använda värmeväxlare med andra dimensioneringskriterier.

En viktig slutsats angående det **gemensamma ansvaret från statliga och kommunala lagar och regler** är att en förordning av statligt stöd av hyresbostäder gjorde det ekonomiskt fördelaktigt för en fastighetsägare att använda värmepump parallellt med fjärrvärme. Detta medförde en alternativlösning för att inte störa den valda systemlösningen. Det finns även bristande harmonisering av hur radiatorer i nya byggnader ska dimensioneras för att möta de framtida marknadsvillkoren på den svenska värmemarknaden.



## Summary

This transdisciplinary research project has three parts. The first part described in chapter 1 and 2, and written by Sven Werner, is the actual area Ranagård in Halmstad where new technology for district heating with low temperatures is built. The second and third parts are linked to the first one. Both are qualitative but deal with diverse fields. The second part described in chapter three and four, is written by Heidi Norrström and Kristian Stålne, and deals with systems understanding and acceptance; to identify holdbacks and opportunities in implementing new technology. Finally, the third part described in chapter 5 and written by Helge Averfalk is about quality of the proposed new technology, to ensure that the intentions are implemented properly. This summary is written by Heidi Norrström, Helge Averfalk and Sven Werner.

Today's district heating was once developed for combustion technology and fossil fuels, and for meeting high heat demand in our building stock. Fossil fuels are now mainly replaced by a mix of wood chips, waste and by surplus heat, but also by solar heat and heat pumps. The EU Directive on near zero energy buildings and the great need for renovation in the existing building stock will also contribute to lowered heat demand. A new technology for district heating with low temperatures is a smart solution in the context of low-energy buildings and a new ongoing renovation wave in Europe.

This is the final report of a transdisciplinary project carried out by HEM (Halmstad Energy & Environment), by Halmstad University and Malmö University, and is financed by the Swedish Energy Agency.

The first part of the project presents the extension of the heat distribution grid for 550 dwellings in the new Ranagård area in western Halmstad. A new network configuration using low heat distribution temperatures and three parallel pipes instead of two pipes will be implemented. This new brand configuration has been developed at Halmstad University and has never been utilised before. The novel configuration provides higher efficiency by using considerably lower distribution temperatures than used in Swedish district heating systems, currently having average supply temperature of 86°C and average return temperature of 47°C. The long-term ambition is to reach an average supply temperature of 55°C with a return temperature of 20-25°C. This ambition follows the main trend in international district heating research and belongs to the fourth generation of district heating.

By cutting the heat distribution temperature level by half, the grid losses will also be reduced, and this heat can instead be delivered to new district heating customers. The temperature reduction also paves the path for future heat supply from non-combustion heat sources. Current heat supply is dominated by heat supply coming from combustion-based heat sources, such as combined heat and power plants using biomass or waste incineration. Probably, these resources will be scarce in the future, when more fossil fuels have to be substituted and higher waste recycling proportion will be implemented in Northern Europe. Hence, the timing for the novel configuration for heat distribution is appropriate, since it will provide lower costs for implementation of renewable, recycled and stored heat into district heating systems.

The second part of the research project is aiming at systems understanding and the knowledge base among stakeholders/agents through mapping of acceptance and opportunities, and to identify holdbacks in implementing new technology. Earlier studies show that mere communication to stakeholders is not enough to gain increased acceptance. Interviews within energy- and construction industry have been carried out for identifying the basic motives for their decision making, firstly in their relation to solutions for district heating and secondly their relation in general to new technological solutions. The systems understanding is partly about how technology is accepted, if holdbacks can be identified, if the acceptance need to increase and if so, how this can be achieved. Thus, the aim in extension has been to find out if and how methods and strategies needs to be designed.

Technological transformations such as implementation of new systems solutions is an example on complex issues spanning several fields that can be captured in various perspective. A metatheoretical framework and heuristics have been used for getting an overview of the width of perspectives. The chosen is the AQAL model (All quadrants, all levels) which is used in many variations within the social sciences. AQAL is based on four quadrants.

In total 26 semi structured interviews were carried through apart from the initial pilots. The material was interpreted based on the aim of the study after the first categorizing, and thereafter interpreted with the AQAL model's four quadrants: outer perspective; material and structural and inner perspectives; cultural and psychological to obtain a richer empirical material more suitable for possible industry adjusted methods and strategies for greater acceptance of new technology.

Results in the second part are ambiguous. In the material perspective with conditions in terms of existing and future heat sources, technical limitations in systems and scientific in how heat is distributed between flats, an inertia occurs in the technological systems intended to work over decades.

This inertia shows economically in investments with long term pay back from a structural perspective. In addition, there is a governmental financial support system working in short term, and sometimes even counteracting its purpose.

In a cultural perspective, differences are described where European solutions are not seen as passable for Swedish conditions. Examples on inertia to assimilate new solutions are found in organizational cultures. There are simultaneously organizations with allowing and experimenting cultures which shows in smaller industries with short decision paths as well as in bigger industries' cooperation with other stakeholders, placing them far ahead in the progression. An importance of communication is stated rather than trying to alter the whole system and shows in cooperation and when transformations are initiated.

The psychological perspective describes how individuals understand their environment and questions on district heating. Long adjustment time, expensive investments and unpredictable changes in the world around such as financial support systems and technical development sets high standards for individuals in making decisions, both in terms of expertness, systems understanding and an ability to consider and make plans in the long term.

Conclusions for this second part of the research project is that the district heating industry is not homogenous in the matter of resources for progress, and consequently it is hard to find a separate method or strategy for greater acceptance of new technology and systems understanding.

Increased competence is a key word for meeting the lack of knowledge which emerged in the interviews. Knowledge and competence are essential prerequisites for enhanced acceptance of new technology. Seen in a holistic perspective, the decision-making boards often need more documented information on technical issues as well as specific industry factors according to the respondents. Planners and performers need a more solution-oriented skills development. An important part of the whole is to ensure the customer competence. Companies need the right competence for purchase on basis of sustainability and quality, and not only from an economical aspect. Municipal owned companies have social responsibilities that cannot be ignored.

The third part of the project considers quality assurance for the implementation of new proposed network configuration in the Ranagård area. This quality assurance included discussions with the heat supplier concerning design and implementation of the network configuration in order to avoid any mistakes in the design.

Analyses of alternative designs were also performed since some parts of the novel configuration were not accepted by the heat customers. The original plan included three pipe system for heat distribution, elimination of hot water circulation in multi-family buildings, longer heat exchangers in customer substations, and lower temperatures in customer heating systems.

The most important **customer feedback** became the lack of acceptance for elimination of hot water circulation by using apartment substations. The tradition in Sweden and Finland is to include all heating costs in the rent for rental apartments. Hence, no incentive exists for reducing the heat demands for heating and preparation of domestic hot water, since the costs are independent of the heat usage. As a consequence of this Nordic renting tradition, no experience exists in Sweden concerning apartment substations. However, other countries in Europe should have higher acceptance for this customer interface, since the same customer interface is used for small boilers using natural gas and corresponds to the focus on individual measurements established in 1977 from a directive from the European Economic Community.

The most important **heat supplier feedback** was that Halmstad Energy & Environment succeeded to establish a three-pipe system in the Ranagård area. However, this three-pipe system can probably be more efficient in the future when suitable components can be available. The substation designers were not familiar with new design criteria for the heat exchangers in the substations.

An important conclusion concerning **common governmental and municipal rules and laws** was that a temporary governmental subsidy for improving new rented apartments made it financially attractive for one property developer to use a heat pump in parallel to the delivery of district heating. This situation required an alternative design of the substation in order to avoid malfunction of the proposed network configuration. A lack of harmonisation of design criteria for heat radiators in the Swedish building code for meeting the future conditions on the Swedish heat market was identified.

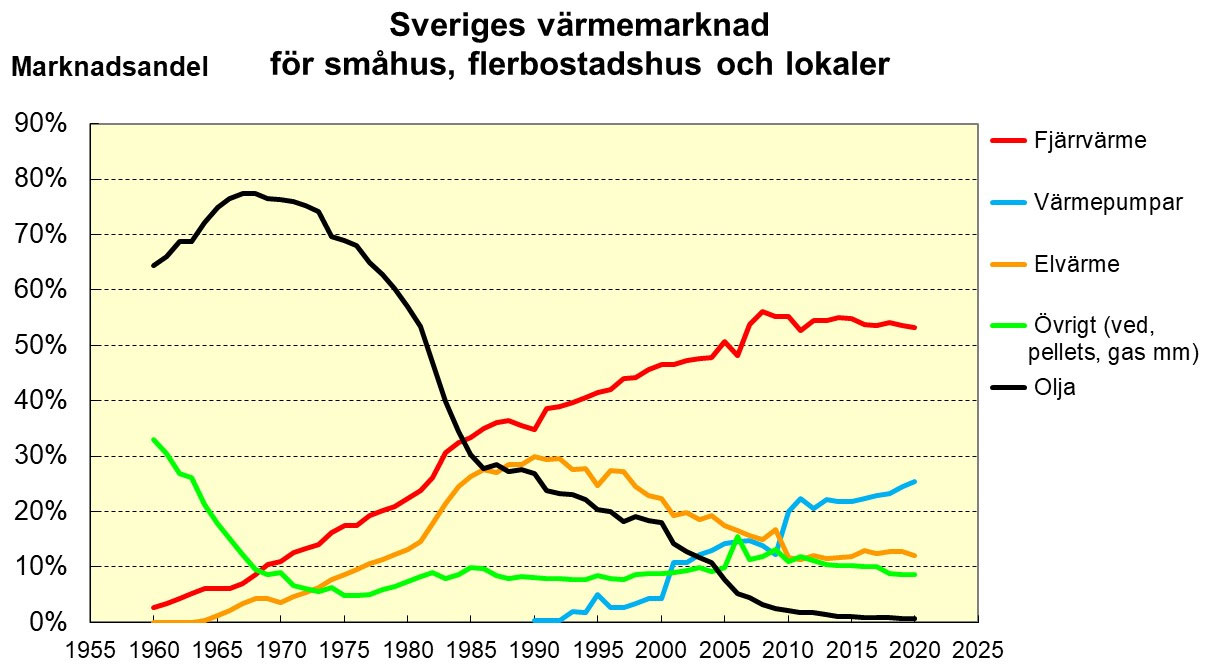
## 1 Inledning

### Sammanhanget

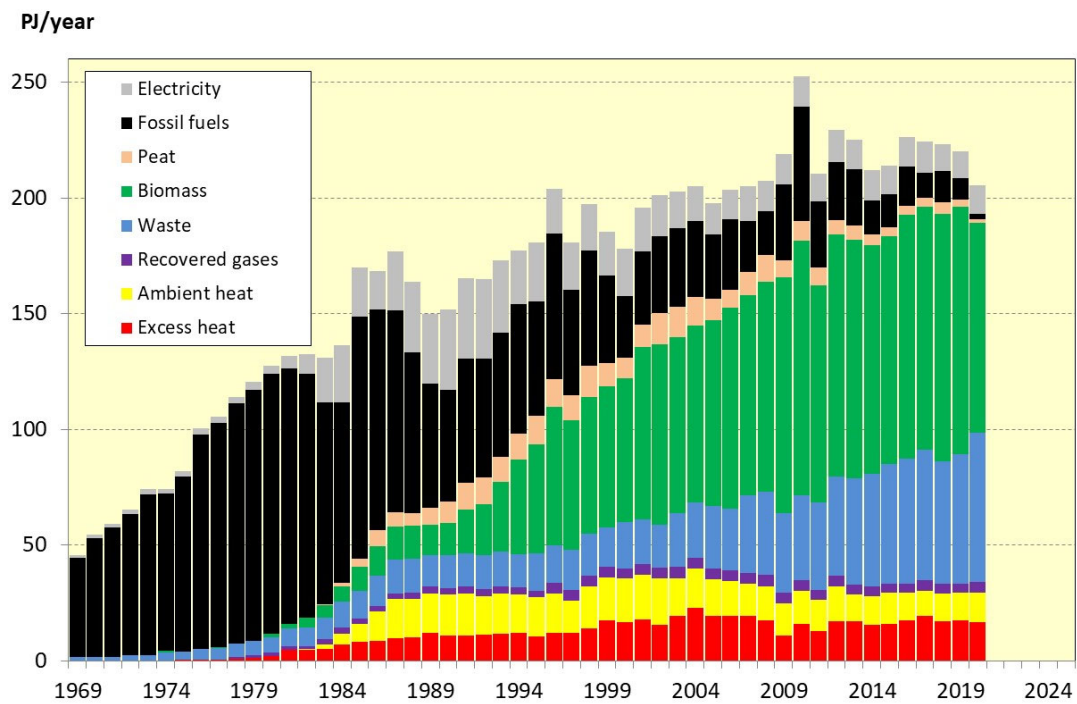
Det finns sedan några decennier en ökande insikt om att en allt högre koldioxidhalt i atmosfären medför högre temperaturer på jorden som kommer medföra omfattande skadekostnader för vår civilisation i form av väderkatastrofer, sjukdomar, matbrist, och bränder. Den största orsaken till den högre halten av koldioxid i atmosfären har varit användningen av fossila bränslen inom vår energiförsörjning till industrier, transporter och byggnader. Dessa aktiviteter inom energisystemet har medfört att atmosfären tillförs fler koldioxidmolekyler än som tidigare fanns där från den naturliga kolcykeln som givit oss ett behagligt klimat på jorden.

Avseende byggnader gäller det att eliminera användningen av fossila bränslen för uppvärmning och kylning, vars syfte är att uppnå behagliga inomhusklimat oavsett säsong och aktuellt väder. Lösningen till detta omfattande samhällsproblem ligger i att både skapa mer energieffektiva byggnader som kräver lägre värme- och kylbehov än tidigare och skapa en mer hållbar värme- och kyltillförsel utan koldioxidutsläpp från fossila bränslen. Denna inriktning har givit oss flera gemensamma EU-direktiv om nära-noll-byggnader för dess energibehov, skärpta krav på tillståndspliktiga verksamheter och restriktioner om hur mycket koldioxid som får släppas ut.

I Sverige används numera fjärrvärme till omkring hälften av byggnadernas uppvärmningsbehov, se Figur 1. Sedan flera decennier har det pågått ett arbete med att sänka koldioxidutsläppen från dessa urbana försörjningssystem. För 50 år sedan användes nästan enbart fossil eldningsolja som råvarutillförsel. Numera används huvudsakligen värmeåtervinning från kraftvärmeverk eldade med biomassa, från avfallsförbränning, från industriell restvärme och från stora värmepumpar i fjärrvärmens värmeförsel, se Figur 2. Denna omfattande förändring av värmeförseln har givit radikalt lägre fossila koldioxidutsläpp från de svenska fjärrvärmesystemen (Werner, 2017).



Figur 1. Sammansättningen av värmeleveranserna till svenska byggnader exklusive industribyggnader med avseende på tillförd värme. Källa: Uppdatering av figur i (Werner, 2017).



Figur 2. Sammansättningen av värmeförseln till svenska fjärrvärmesystem 1969-2020 med avseende på ursprunget till den tillförda värmen. Källa: Uppdatering av en figur i (Werner, 2017).

Förbränningen av träbaserad biomassa ger också utsläpp av koldioxid, men dessa utsläpp hänförs till det omfattande naturliga kretsloppet av koldioxid och tillför inte ytterligare koldioxidmolekyler till atmosfären, då motsvarande mängd koldioxid har tidigare hämtats från atmosfären när träden växte med hjälp av fotosyntes. Men biomassa är en ändlig resurs och det ska även finnas en balans mellan det kol som finns bundet i mark och växlighet och det som återfinns i atmosfärens koldioxid-molekyler. Avfall är också en ändlig resurs och förväntade högre återvinningsgrader i framtiden kommer även att minska behovet av avfallsförbränning. Dessutom finns det andra samhällsaktiviteter som visar ett ökande intresse för både biomassa och avfall som framtida råvaruresurser. Slutsatsen blir att det kan finnas en framtida risk för att det blir en begränsad tillgång till värme från biomassa och avfall i fjärrvärmens värmeförsel.

Sammantaget innebär ovanstående att förbränning av bränslen troligen kommer att förlora sin nuvarande dominerande ställning inom framtidens energisystem. På lång sikt kommer vi att behöva basera vår uppvärmning av byggnader på annan värmeförsel än den som är baserad på förbränning av bränslen. Då blir vi mer hänvisade till annan värmeförsel såsom värmeåtervinning från nya el- och vätgasbaserade energiomvandlings- och användningsprocesser och naturliga värmekällor (geotermi). Gemensamt för dessa processer är att de blir mer effektiva ju lägre temperatur som värmeåtervinning sker på enligt (Averfalk & Werner, 2020a) och (Averfalk et al., 2021).

Dagens fjärrvärmesystem använder en teknik som ursprungligen utvecklades för fossila bränslen, då det var enkelt att skapa höga temperaturer. Det finns nu ett behov att vässa denna teknik så att värme även kan distribueras med lägre temperaturer. Men det finns även ett behov av låga temperaturer för att hålla ner andelen värmeförluster i näten, då framtidens byggnader kommer att ha betydligt lägre värmebehov. Detta är två mycket viktiga insikter för hur dagens fjärrvärme behöver förändras inför framtiden. Den vetenskapliga dokumentationen av dessa slutsatser återfinns i (Lund et al., 2014). Denna artikel är i dagsläget världens mest citerade forskningsartikel om fjärrvärme och är för närvarande utgångspunkten för nästan all expanderande fjärrvärmeforskning som bedrivs inom EU. Sedan 2008 används begreppet ”fjärde generationens fjärrvärme” för att samla alla aktiviteter som krävs för att erhålla andra fjärrvärmelösningar som är mer långsiktigt hållbara ur många olika aspekter.

Skapandet av nya metoder, arbetssätt och komponenter för denna nya fjärrvärme kommer att innebära många förändringsprocesser för alla som arbetar med dagens fjärrvärme. Invanda metoder, arbetssätt och komponenter ska förändras till något som idag känns ovant och omotiverat. Detta projekt handlar om att spegla dessa förändringsprocesser som uppstår när ny fjärrvärmeteknik ska ersätta traditionell fjärrvärmeteknik. En viktig förutsättning för teknikförändringen är att eventuella hinder för dess införande kan identifieras och elimineras, så att den nya tekniken kan accepteras och användas.

### **Syfte, mål, objekt och organisation**

Syftet med detta projekt har varit att kartlägga acceptans och hinder för ny fjärrvärmeteknik när denna implementeras i ett nybyggt bostadsområde.

Målen med detta projekt har varit att



- Identifiera och dokumentera acceptansen för den nya fjärrvärmetekniken samt kartlägga hinder och möjligheter hos ingående aktörer i energi- och byggbranschen.
- Kvalitetssäkra den nya fjärrvärmetekniken i projekteringsstadiet, så att inte viktiga egenskaper förloras i projekteringen

De tre forskningsfrågorna för delprojektet har varit:

- Vilka möjligheter och hinder för teknikförändringen finns hos fastighetsägarna samt deras boende och utförare?
- Vilka möjligheter och hinder för teknikförändringen finns i genomförandet hos fjärrvärmeleverantören och deras underleverantörer och utförare?
- Vilka möjligheter och hinder för teknikförändringen finns i gemensamma lagar och regler?

Det första frågan rör kundernas ansvar, medan leverantörernas ansvar återfinns i den andra frågan. Mycket av dagens statliga och energisystemet. Nu har staten och kommunerna ett revideringsansvar för att dessa regler modifieras så att de bättre passar för det förnyelsebara energisystemet. Detta statliga och kommunala ansvar återfinns i den tredje frågan. De tre forskningsfrågorna speglar tillsammans att mer effektiv fjärrvärme inte enbart är ett ansvar för fjärrvärmeleverantörerna.

Objektet för projektet har varit det nya lågtempererade fjärrvärmenätet som förväntas försörja knappt hälften de drygt 500 bostäder som ingår i den nya stadsdelen Ranagård i västra Halmstad. Byggnaderna i området kommer att uppföras av flera olika exploatörer och med flera olika ägarformer som hyresrätter, bostadsrätter och äganderätter. Den ursprungliga grunden för samarbetet mellan Halmstad Energi & Miljö och Högskolan i Halmstad om utveckling av en framtida fjärrvärmeteknik har varit den debattartikel (Bergman & Werner, 2015) som skrevs i Hallandsposten av Jonas Bergman, då tillträdande styrelseordförande för Halmstad Energi & Miljö, och Sven Werner, då professor i energiteknik vid Högskolan i Halmstad. Objektet Ranagård presenteras närmare i kapitel 2.

kommunala regelsystem för energiförsörjning togs ursprungligen fram när fossila bränslen dominerade

Forskningsarbetet har organiserats i två huvuddelar. Den första delen avser acceptans och hinder för den nya tekniken. Denna del har utförts i samarbete mellan Malmö Universitet och Högskolan i Halmstad. Nuvarande kunskap kring acceptans och hinder redovisas i kapitel 3, medan resultat från genomförda intervjuer och tillhörande analyser redovisas i kapitel 4. Den andra delen avser kvalitetssäkringen, som har utförts av Högskolan i Halmstad. Denna del redovisas i kapitel 5 och där behandlas frågeställningar och erfarenheter från inmatningen av värme till Ranagårdsnätet från det kommunala fjärrvärmenätet i Halmstad, trerörslösningen, de valda användargränssnitten för småhus och flerbostadshus samt de dimensionerande temperaturerna för såväl fjärrvärmecentraler som byggnadernas egna värmesystem. Diskussionen kring erhållna forskningsresultat samt slutsats före respektive del återfinns i både kapitel 4 och 5.



## Om den nya fjärrvärmetekniken

Teknikskiften har även tidigare genomförts avseende fjärrvärmesystem och därför numreras ofta olika teknikgenerationer för att hålla isär dem. I stora drag kan de olika teknikgenerationerna definieras på följande sätt:

1. Den första generationen avsåg ångbaserad värmedistribution, som infördes i USA på 1880-talet. Många av de ursprungliga systemen från första generationen har lagts ned eller helt byggts om till senare teknikgenerationer. Dock finns stora ångsystem fortfarande kvar i New York och Paris, men de är ineffektiva och kräver mycket underhåll.
2. Den andra generationen avsåg vattenbaserad värmedistribution och infördes främst av tyska ingenjörer på 1920-talet. Målet var högre energieffektivitet, men höga temperaturer över 100°C användes i värmedistributionen och många komponenter var otympliga och utrymmeskrävande.
3. Den tredje generationen avsåg fortsatt användning av vatten i värmedistributionen och infördes på 1980-talet av främst danska, svenska och finska ingenjörer. Denna teknikgeneration kännetecknas av lägre temperaturer under 100°C, prefabricerade ledningar och fjärrvärmecentraler samt mer resurssnåla komponenter.
4. Den fjärde generationen kännetecknas främst av värmeförsel med ursprung från andra värmekällor än fossila bränslen samt av en stor interaktivitet med annan energiförsel, så kallade smarta energisystem. Lägre temperaturer under 70°C används genomgående för värmedistributionen. Om tidigare teknikgenerationer kännetecknades av mycket enhetliga nätkonfigurationer med två parallella distributionsrör och central värmeförsel, så gäller inte detta för den mångfald av nätkonfigurationer som kännetecknar den fjärde generationen. Denna mångfald finns dokumenterad i den internationella guideboken för införande av lågtempererad fjärrvärme (Averfalk et al., 2021), där sex olika huvudgrupper har identifierats med totalt fjorton olika använda eller föreslagna varianter.

De tyngsta huvudmotiven för lågtemperaturfjärrvärme är:

- Enklare och mer lönsam användning av förnybar, återvunnen och lagrad värme
- Den förbättrade lönsamheten kommer främst från att värmeförseln blir billigare när lägre temperaturer tillämpas
- Halvering av temperaturnivån och fördubblat värmemotstånd för distributionsrören medför också att nätens värmeförluster kan minska med tre fjärdedelar.

Fokuset på lågtemperaturfjärrvärme är just nu huvudinriktningen för den europeiska fjärrvärmeforskningen. Inom EU genomförs eller har genomförts många projekt som syftar till att utveckla och implementera 4G-system med olika perspektiv. Inom EU:s ramprogram Horisont 2020 har projekten Cool DH, Tempo, Reuseheat, Storm, Related, Flexynets, SDHp2m, Smartreflex och Heat Roadmap Europe genomförts. Inom ramen för de regionala Interreg-programmen har projekten HeatNet NWE och LowTemp genomförts. Ytterligare EU-projekt

som berör fjärrvärme redovisas i översiktsrapporten (Lettenbichler, Corscadden, & Krasatsenka, 2021). I Tyskland har det funnits ett statligt stöd sedan 2017 på flera miljarder kronor för 4G-system.

Gemensamt för alla forskningsprojekt kring 4G-system i Europa är att de i huvudsak följer två olika utvecklingstrender. Den första huvudtrenden är att använda den traditionella klassiska systemlösningen (Classic Configuration) med så låga nättemperaturer som är praktiskt möjliga. Det blir som lägst 60-65°C för framtemperaturen och 30-35°C för returtemperaturen. Lägre nättemperaturer är inte möjliga på grund av begränsningar i den klassiska systemlösningens egenskaper. Den andra huvudtrenden kallas ”kall fjärrvärme” och bygger på att framtemperaturer mellan 10 och 50°C i stället används. Då erfordras dock extra värmeförsörjning i kundernas fjärrvärmecentraler för att möta kundernas temperaturkrav, till exempel med värmepumpar som använder nätet som värmekälla.

Fjärrvärmegruppen vid Högskolan i Halmstad har internationellt föreslagit en tredje trend i , som innebär att den traditionella systemlösningens egenskaper förbättras genom tre olika modifieringar. Resultatet av modifieringarna blir att temperaturerna enligt datorsimuleringar kan sänkas ytterligare 10-15°C för såväl fram- som returtemperaturerna. De tre modifieringarna är:

- A. **Ett tredje rör:** Cirkulationsflödet, som främst behövs under sommaren för att alltid garantera omedelbar varmvattenleverans, regleras och återförs tillbaka till värmekällan i ett tredje rör. I dagens systemlösning är detta flöde ofta oreglerat samt blandas in i returledningen, vilket ger en högre temperaturnivå i returledningen. Denna första modifikation sänker returtemperaturen från varje fjärrvärmecentral.
- B. **Eliminering av varmvattencirkulation:** I flerbostadshus ersätts varmvattencirkulationen med lägenhetscentraler som gör varmvatten i varje lägenhet. Cirkulationsfunktionen övertas nu av ovanstående reglerade cirkulationsflöde. Detta medför att ingen varmvattencirkulation behöver varmhållas i flerbostadshus med högre returtemperaturer som följd. Denna andra modifikation sänker returtemperaturen från varje fjärrvärmecentral i flerbostadshus. Småhus omfattas inte av denna modifikation, ty dessa använder normalt inte varmvattencirkulation.
- C. **Längre värmeväxlare:** Värmeväxlarna dimensioneras så att dessa blir mer effektiva (med längre termiska längder), vilket medför att skillnaderna mellan framledningens temperatur och kundernas börvärden för värmesystem och varmvatten kan minska. Fjärrvärme-temperaturerna pressas då närmare de temperaturer som fjärrvärmerna ska värma. Denna tredje modifikation ger utrymme för både lägre fram- och returtemperaturer i nätet.

Ovanstående tre modifieringar har aldrig gemensamt testats i en praktisk driftsituation tidigare, men den valda systemlösningen för Ranagårdsnätet följer i huvudsak ovanstående tredje trend. Implementeringen i Ranagård blir således världspremiär för den modifierade systemlösning som har förslagits från Högskolan i Halmstad. Den föreslagna systemlösningen för Ranagård utgör en av de sex huvudgrupper som har identifierats i (Averfalk et al., 2021) och där har den

benämnts som Modified Classic Configuration (modifierad klassisk konfiguration).

Tanken är att senare kunna genomföra ett mätprogram för Ranagårdsnätet som underlag för att visa att verkliga driftdata överensstämmer med de datorsimuleringar som tidigare har utförts i . Ett sådant ettårigt mätprogram kan dock tidigast påbörjas när fjärrvärmenätet nått full drift med alla byggnader anslutna.

## 2 Ranagårdsprojektet

### Planområdet Ranagård

Planområdet Ranagård på omkring 40 hektar är beläget i stadsdelen Söndrum cirka 5 km väster om Halmstads centrum. Planprocessen påbörjades med ett planprogram i juni 2009 och fortsatte i september 2014 med att kommunstyrelsens samhällsbyggnadsutskott gav samhällsbyggnads-kontoret i uppdrag att i detaljplan pröva ny bebyggelse för bostäder i Ranagård. Målet var att skapa ett bostadsområde med omkring 550 lägenheter. En miljökonsekvensbeskrivning kom i juli 2016, medan samrådsredogörelsen var färdig i juni 2017. Detaljplanen för Ranagård antogs av kommunfullmäktige den 12 december 2017, varvid den trädde i laga kraft den 12 mars 2018. Mer information om bakgrunden till Ranagårdsområdet återfinns på dess hemsida (Halmstads kommun, 2021). En översiktsbild över planområdet i Ranagård presenteras i Figur 3.



**Figur 3. Illustrationsbild över hela exploateringsområdet Ranagård. Övre delen av bilden utgör nordriktningen.**

Med avseende på värmeförsörjning nämns i planbeskrivningen för Ranagård att planområdet planeras att förses med fjärrvärme. I genomförandebeskrivningen nämns att ”HEM har för avsikt att bygga ut fjärrvärmenät i området och avsikten är att för småhustomter skall den del av anläggningskostnaden som avser ledningar fram till avstängningsventil inom byggnad vara inbakat i tomtpriset. Anslutning till fjärrvärmenätet kommer att vara frivillig och resterande del av kostnaden bekostas av fastighetsägaren vid anslutning genom särskilt avtal med HEM. För övriga fastigheter som önskar anslutning till fjärrvärmenätet träffas särskilda avtal med HEM för hela anslutningsavgiften”.

Ovanstående förfarande med att inkludera fjärrvärmeanslutning i tomtpris har också varit uppe för rättslig prövning i Sverige, där Konkurrensverket förde talan mot Växjö kommun, som hade tillämpat ett något mer omfattande förfarande än vad som har använts i Ranagård. Stockholms tingsrätt lämnade dock

Konkurrensverkets talan utan bifall i sin dom på 86 sidor (Stockholms tingsrätt, 2015). Konkurrensverket överklagade denna dom hos dåvarande Marknadsdomstolen, men drog senare tillbaka denna överklagan i juli 2016.

Ett samhällsekonomiskt argument för förfarandet är också att anläggningskostnaden för fjärrvärmeledningar blir hälften jämfört med vad de skulle bli om anslutningen skulle ske i efterhand när byggnaderna redan finns på plats. Dvs en samhällsekonomisk vinst uppstår om mer än hälften av byggnaderna senare kommer att använda fjärrvärme. Kostnadsreduktionen uppkommer genom att nätet kan byggas mer rationellt om allt byggs på en gång. Dessutom behövs inte asfalterade ytor brytas upp och återigen asfalteras. All avslutande markberedning kan i stället genomföras när fjärrvärmeledningarna redan ligger i marken.

## **Fjärrvärme till Ranagård**

### *Infrastruktur för fjärrvärme*

Med avseende på värmeförsörjning med fjärrvärme har Ranagård delats in i tre olika delområden av HEM med var sitt lokala distributionsnät. I söder mellan en skola i väster och ett äldreboende i öster ligger område 1. I nordväst ligger område 2, medan område 3 ligger i öster till höger i Figur 3. Observera att denna områdesindelning inte helt överensstämmer med den områdesindelning som senare tillämpades av Halmstad kommun vid markanvisningen.

### *Systemlösningar för fjärrvärme*

Hela planområdet är planerat för lägre distributionstemperaturer än vad som normalt används inom Halmstads fjärrvärmesystem. Huvudsyftet med denna inriktning är att i framtiden få möjlighet att återvinna värmemängder som har låga temperaturer. En bieffekt från de lägre temperaturerna blir även att värmeförlusterna från fjärrvärmeledningarna blir betydligt lägre.





**Figur 4. Första utkastet till värmeförsörjning av område 1 med ny lågtemperaturfjärrvärme med tre rör (lila ledningar).**

Två olika systemlösningar för värmedistribution har planerats. Område 2 och 3 kommer att använda traditionell fjärrvärmeteknik med två parallella rör, ett rör för framledning med högre temperatur och ett annat rör för returledning med svalare temperatur. Område 1 kommer att använda den nya systemlösningen med tre rör, ett för framledning med högre temperatur och ett annat rör för returledning med betydligt svalare temperatur samt ett tredje rör som kommer att innehålla ett cirkulationsflöde för att effektivt kunna leverera varmvatten på sommarhalvåret när inget uppvärmningsbehov föreligger. Denna nya systemlösning möjliggör en temperaturnivå som är omkring tio till femton grader lägre än för den traditionella systemlösningen.

Denna nya trerörlösning har utvecklats i ett nationellt forskningsprojekt vid Högskolan i Halmstad (Averfalk & Werner, 2017b). Denna systemlösning presenterades internationellt först vid en fjärrvärmekonferens i Korea (Averfalk & Werner, 2017a) och fick en första internationell vetenskaplig publicering i (Averfalk & Werner, 2018). En ytterligare analys har visat att det tredje röret kan vara betydligt mindre och billigare än fram- och returrören (Averfalk, Ottermo, & Werner, 2019). Det framtida ekonomiska värdet av denna systemlösning kommer att vara omkring fem gånger högre för framtida lågtemperade värmekällor jämfört med dagens värmekällor som främst baseras på förbränning. Om denna systemlösning genomgående kan användas i framtidens europeiska fjärrvärmesystem så kan nuvärdet av denna ytterligare nytta uppskattas till omkring 70 miljarder euro.

Den nya trerörlösningen har också tidigare föreslagits i två olika förslag till tyska demonstrations-projekt inom EU-projekten TEMPO och RewardHeat, men inget av dessa har genomförts av olika anledningar.

### Interregprojektet LowTEMP

Inom ramen för planeringen av fjärrvärmen till Ranagård deltog HEM i LOWTEMP-projektet mellan 2018 och 2021, (LOWTEMP, 2021). I detta projekt samverkade 19 partners och 30 associerade organisationer från nio länder i Östersjöregionen. Dessa representerade lokala, regionala och nationella myndigheter, fjärrvärmebolag, energikontor, forskningsinstitut och intresseorganisationer. LowTEMP genomfördes med stöd från Europeiska unionen (Europeiska regionala utvecklingsfonden och europeiska granskapsinstrumentet) inom ramen för Interreg Östersjön och dess programperiod för 2014-2020. Hela projektbudgeten var 3,8 miljoner euro, varav HEM hade en egen budget med EU-pengar på 0,2 miljoner euro. Den ursprungliga kontakten mellan LOWTEMP-projektet och HEM förmedlades av Högskolan i Halmstad i mars 2018. Då erhöll Halmstad Energi & Miljö en möjlighet att ersätta en annan svensk stad som inte kunde fullfölja sin ambition att delta i detta då redan påbörjade projekt. Information om det planerade trerörssystemet i Ranagård har genom LOWTEMP-projektet delgivits en internationell publik (Johansson, 2021).

### Planerad värmeförsörjning

Då fjärrvärmenäten i Ranagård behövde både planeras och byggas innan byggnaderna fanns på plats, så skattades dess ytor samt årliga värme- och effektbehov innan dess. En konsult fick i uppdrag av HEM att utföra denna skattning, vilket gav byggnadsytor för område 1 enligt Tabell 1. Totalt blev det 255 lägenheter med en byggnadsyta på 25 720 m<sup>2</sup>, dvs i genomsnitt 101 m<sup>2</sup> per lägenhet.

**Tabell 1. Skattade byggnadsytor för sex grupper av byggnader i område 1.**

	Antal byggnader	Antal lägenheter per byggnad	Yta per byggnad, m <sup>2</sup>	Antal lägenheter totalt	Yta per lägenhet, m <sup>2</sup>	Yta per grupp, m <sup>2</sup>
Radhus typ 1	18	1	150	18	150	2 700
Radhus typ 2	36	1	120	36	120	4 320
Friliggande småhus typ 1	15	1	200	15	200	3 000
Friliggande småhus typ 2	10	1	250	10	250	2 500
Flerbostadshus typ 1	10	14	1 050	140	75	10 500
Flerbostadshus typ 2	2	18	1 350	36	75	2 700
<b>Totalt</b>				<b>255</b>	<b>101</b>	<b>25 720</b>

De årliga värmebehoven skattades till 547 MWh för varmvatten och 1417 MWh för uppvärmning. Det totala värmebehovet på 1964 MWh gav en specifik planerad årlig värmeanvändning på 76 kWh/m<sup>2</sup> hos slutkunderna.

### Installerat trerörssystem

Utifrån kartan i områdets detaljplan och de skattade värmebehoven projekterades ett ledningsnät för trerörssystemet i område 1. Nätet byggdes under sommaren 2020 och fick installerade ledningslängder enligt Tabell 2.



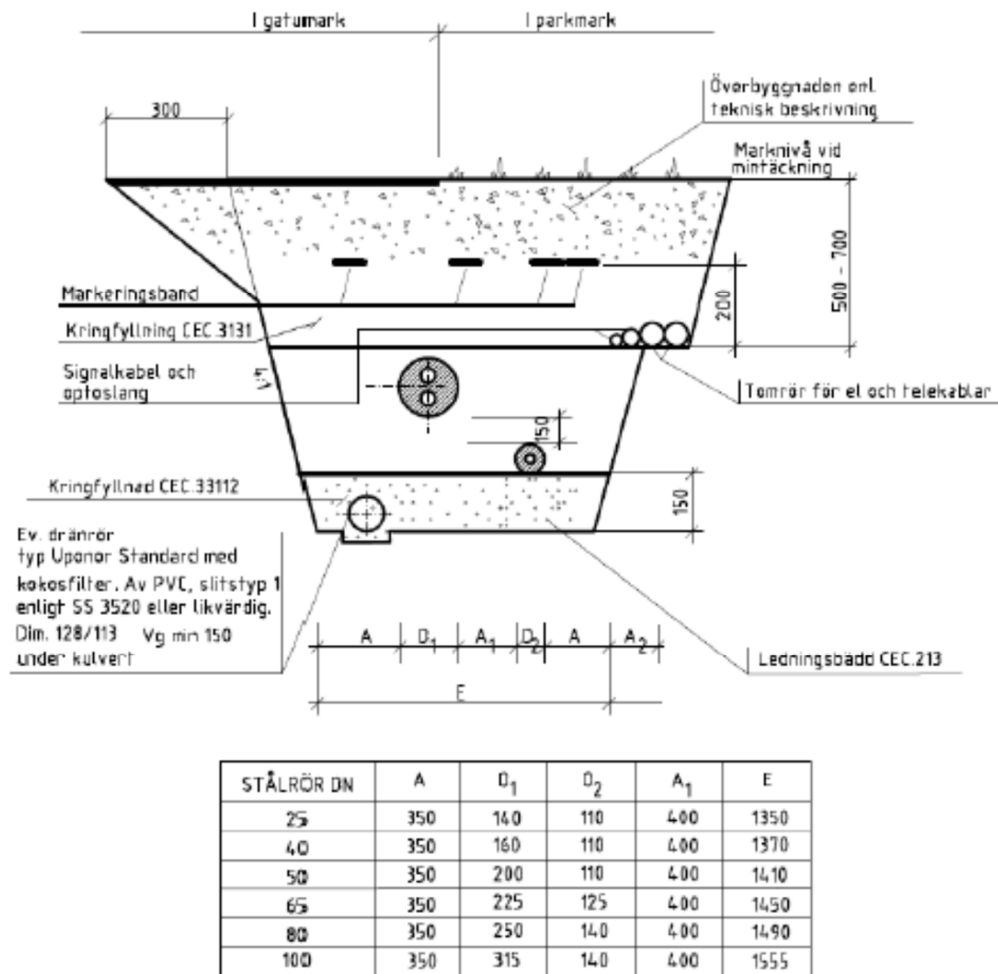
**Tabell 2. Översikt för installerade ledningslängder för trerörssystemet i område 1.**

	Lednings- dimension	Distributions- ledningar, meter	Servis- ledningar, meter	Totalt, meter
Fram- och returledning:	DN100 twin	290	0	290
	DN80 twin	140	0	140
	DN50 twin	380	0	380
	DN40 twin	445	130	575
	DN25 twin	0	1500	1500
Cirkulationsledning: (tredje röret)	DN40 enkel	885	0	885
	DN25 enkel	445	310	755
	DN20 enkel	0	1320	1320
	<b>Totalt</b>	<b>2585</b>	<b>3260</b>	<b>5845</b>
	varav cirkulationsledning	1330	1630	2960

Fram- och returledning installerades med en gemensam isolering i så kallade twinledning, medan cirkuleringsflödet fick ett eget tredje rör vid sidan av twinledningarna, se Figur 5. Total ledningslängd blev 2885 meter för fram- och returledningarna, medan cirkulationsledningen blev 75 meter längre, då den fick ta en annan väg tillbaka till områdescentralen. En typisk tvärsnittssektion visas i Figur 6.



**Figur 5. Anläggning av ledningsnätet sommaren 2020 med den mindre cirkulationsledningen till höger om den större twinledningen med både fram- och returledningarna.**



**Figur 6. Tvärsnittssektion för twinledningen, cirkulationsledningen samt dräneringsrör.**

Enligt uppgift från HEM har twinledningar med isoleringsklass 1 genomgående använts i området. De kan antas ha en värmegenomgångskoefficient på  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Cirkulationsledningarna kan antas ha ett motsvarande värde på  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Med antagna nättemperaturer på  $60$  respektive  $25^\circ\text{C}$  samt ett cirkulationsflöde på  $55^\circ\text{C}$  ger detta en genomsnittlig effektförlust på  $31 \text{ kW}$ . Under ett år kommer då omkring  $270 \text{ MWh}$  att förloras från de tre ledningarna, vilket motsvarar en årlig relativ distributionsförlust på  $12\%$ . Om traditionell teknik med två ledningar hade använts med typiska nättemperaturer i Halmstad, så hade effektförlusten blivit  $39 \text{ kW}$ . Detta motsvarar en årlig värmeförlust på  $340 \text{ MWh}$  och en relativ förlust på  $15\%$ .

Område 1 har en skattad markyta på omkring  $65\,000 \text{ m}^2$ . Tillsammans med övriga parametrar ger detta olika typiska nyckeltal för distributionsnätet i område 1 som framgår av Tabell 3. Genomgående har nyckeltalen värden som indikerar att området ligger nära gränsen för vad som är lämpligt för distribution av fjärrvärme.

**Tabell 3. Typiska nyckeltal för fjärrvärmenätet i område 1.**

Typiskt nyckeltal	Värde i område 1	Kommentar
Exploateringstal	0,40	Exploateringstalet anger kvoten mellan den totala golvytan i byggnaderna och områdets markyta. Det är ett mått på hur koncentrerad bebyggelsen är i området.
Värmetäthet	30 kWh/m <sup>2</sup>	Värmetäthet anger områdets värmebehov i förhållande till områdets markyta. Det är ett mått på hur koncentrerat värmebehovet är. Ju högre värde, desto bättre är de ekonomiska förutsättningarna för värmedistribution. Värdet för Ranagård ligger nära gränsen för när man avstår från att leverera fjärrvärme.
Linjetäthet	0,68 MWh/m	Linjetätheten anger områdets värmebehov i förhållande till fjärrvärmeledningarnas längd. Det är också ett mått på hur koncentrerat värmebehovet är. Ju högre värde, desto bättre är de ekonomiska förutsättningarna för värmedistribution. Medelvärdet för hela Sverige är knappt 2 MWh/m.
Effektiv bredd	22 meter	Den effektiva bredden utgörs av kvoten mellan linjetätheten och värmetätheten. Ju högre värde, desto bättre är förutsättningarna för att nå värmebehoven med korta ledningar. Typiska effektiva bredder för tätbebyggda stadsområden ligger på omkring 65 meter.
Medeldiameter	53 mm för distributionsledningarna och 27 mm för cirkulationsledningarna	Dessa medeldiametrar är små, då området i huvudsak ska förse enfamiljshus med värme genom klena distributions- och servisledningarna. I genomsnitt har hela fjärrvärmenätet medeldiametrar på omkring 100-120 mm.

### Markanvisningsavtal

I januari 2021 slöts avtal mellan Halmstad kommun och fjorton olika exploatörer för flerbostadshus om markanvisning inom hela Ranagårdsområdet. Inom område 1 med den nya trerörlösningen kommer sex exploatörer att bli verksamma. Halmstad Fastighet AB (HFAB) och Tegel Fastigheter kommer att bygga hyresrätter, Skanska och HSB kommer att bygga bostadsrätter, medan Bygg-Sjögren och Halmstadhus kommer att bygga radhus som äganderätter. Fjärrvärmeanslutningarna kommer att utformas i samråd med dessa sex exploatörer.



**Figur 7. HFAB:s planerade kvarter med hyresrätter i område 1 med tre flerbostadshus och 12 radhus.**



**Figur 8. HSB:s planerade kvarter med bostadsrätter i område 1 med tre flerbostadshus och nio radhus.**

För de fristående småhusen erbjuds en avgift på 18 500 kronor för att installera en fjärrvärmecentral för att kunna erhålla fjärrvärme från HEM. Denna låga avgift motiveras med att kostnaden för ledningsnätet ingår i tomtpiserna.

### **Ursprunglig och förväntad tidplan**

Installationen av det nya fjärrvärmenätet inom område 1 i Ranagård var planerad att starta hösten 2019. De nya byggnaderna skulle påbörjas hösten 2020 och förväntades bli klara hösten 2021. Med denna ursprungliga tidplan skulle det nya fjärrvärmenätet tas i bruk under eldningsäsongen 2021/2022.

Genom olika förseningar påbörjades fjärrvärmenätet dock senare under sommaren 2020, medan de första byggnaderna inom markanvisningen för område 1 påbörjades strax före årsskiftet 2021/22. Dessa förväntas bli klara vid nästa årsskifte 2022/2023 då de första invånarna kommer att flytta in (Welin, 2022), vilket kommer att kräva en första leverans av fjärrvärme. De 24 friliggande småhusen har erhållit senare startdatum mellan 1 mars och 1 september 2022.

Detta betyder att starten av det nya fjärrvärmenätet kommer att bli försenad med omkring ett år. Enligt planeringsläget i februari 2022 förväntas de sista nya invånarna i Ranagård flytta in under värmesäsongen 2024/25 (Welin, 2022). Det första hela driftåret för det nya fjärrvärmenätet i område 1 kommer då troligen att bli uppvärmningssäsongen 2024/2025 eller 2025/2026.



### 3 Perspektiv på nya systemlösningar - teori

I det här kapitlet beskrivs påverkande fakta och det teoretiska ramverket för en analys av intervjuer som följer i nästa kapitel 4 samt två teorier som appliceras på resultat och diskussion.

Vid förståelse av komplexa problemställningar kring hållbarhet och klimat såväl som införande av innovativ ny teknik och systemlösningar så tar det ofta tid innan de får bredare acceptans och genomslag på marknaden. Det tycks finnas en tröghet att ta till sig information och agera utifrån denna på ett sätt som kan gå emot tidigare beprövade tankesätt och lösningar.

Denna del av projektet syftar till att genom intervjuer med aktörer i olika delar av energi- och byggbranschen kartlägga olika möjligheter och hinder för att nya systemlösningar ska tillämpas. Ursprungligen planerades att använda en fenomenografisk forskningsansats för att beskriva variationer och skillnader i svaren. Denna typ av analys visade sig dock vara svår att tillämpa när respondenterna har en hög grad av expertis och ämnet är väldigt brett. Den forskningsfråga som skulle besvaras genom intervjuerna kom emellertid huvudsakligen att handla om faktiska händelser och situationer inom olika kontexter och strukturer. Därför valdes en mer sociologiskt inriktad tematisk analys som beskrivs under 3.3. Intervjuerna har genomförts i en semi-strukturerad form med förbestämda frågor, men där intervjun skett i ett friare samtal som tillåtit avvikelser och oförutsedda frågor.

Först nämns några fakta om innovationens dynamik i företag och organisationer under 3.1 samt under 3.2 om befintliga regelverk som under projektets gång i intervju svaren framställts som mycket betydelsefulla för de hinder och möjligheter som här beforskas.

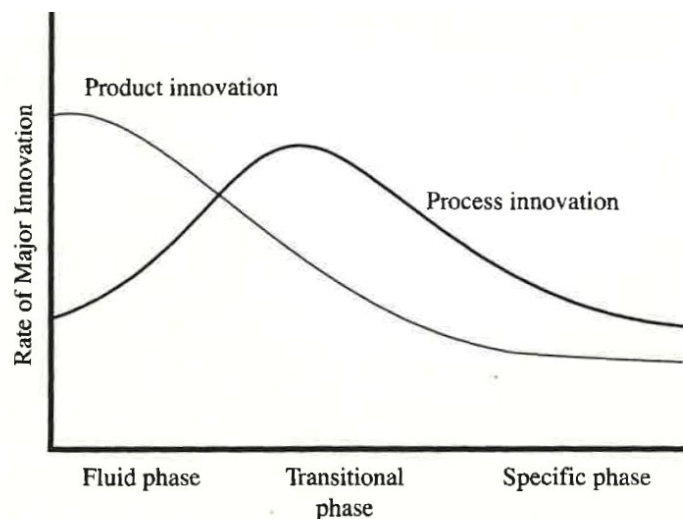
#### Innovationer och ny teknik

Här introduceras helt kort två teorier som används i diskussionen i kapitel 4.

Potentialen för introduktion av ny teknik är inte synonymt med faktisk implementering. Det finns alltid svårigheter med implementering av innovationer/ny teknik. Dels svårigheter inom det rent organisatoriska men dels även det faktum att processer och produkter utvecklas i olika faser.

Fjärrvärmeindustrin som helhet har traditionellt haft en långsam eller låg teknikutvecklingsgrad och har inte följt de generella utvecklingsstegen. Dessa utgörs av ett initialt steg med en fas av ett stort antal små aktörer och en hög grad av produktinnovation som leder fram till en slutlig dominant design. Nästa fas innefattar en ökad processinnovation och där faller ett antal aktörer bort vars produkter har blivit för dyra. I den tredje fasen slutligen finns några större aktörer kvar som arbetar under stark prispress och graden av produktinnovation avtar (Utterback, 1994) och (Thollander P., 2019). Denna fas kan industrin med leverantörer av materiel och produkter till fjärrvärme sägas ha uppnått genom konkurrens och effektivisering av sin kärnverksamhet. Fasen kan dock varken teoretiskt eller praktiskt appliceras på fjärrvärmebolagen som levererar värmen. De har historiskt agerat inom ett geografiskt begränsat område utan konkurrens inom systemet.

Enligt Fjärrvärmelagen SFS 2008:263 ska fjärrvärmebolagen tillåta reglerat tillträde till fjärrvärmenäten för de som vill och kan leverera restvärme/spillvärme eller på annat sätt nyttja ledningsnäten enligt överenskommelse. Det kan ses som en viss konkurrens men den egentliga konkurrensen som det lokala fjärrvärmebolaget utsätts för är hela den övriga värmebranschen. Idag domineras den i Sverige av värmepumpsbranschen med sina nationella och internationella nätverk av leverantörer och installatörer och ofta med en global egen produktion.



**Figur 9.** Produkt och process inom innovationens dynamik som den illustreras av Utterback (1994).

Ur marknadsförings-synpunkt är skillnaden mycket stor mellan den lokala verksamheten och den globala koncernen. Likaså verksamheternas kunskapskärna som i den större koncernen av naturliga skäl har en större bredd och större ekonomiska möjligheter till fortsatt produktinnovation i fas tre inom sina segment och bortom dessa medan de lokala bolagen mutar in sin nisch (Meyer, 1992). Mot denna bakgrund är fjärrvärmeföretagens gemensamma branschorganisation mycket viktig för branschens möjligheter till produktinnovation, effektivisering och marknadsföring/kundrelationer. Rent organisatoriskt finns dock inte samma möjligheter till styrning som inom en koncern utan varje enskilt företag måste agera utifrån sina resurser vilka kan variera starkt. Sammantaget kan detta vara den största enskilda anledningen till trögheten inom branschens process- och produktinnovation som i sin tur utgör grunden för nya teknik- och systemlösningar.

Svårigheter med implementering av innovationer/ny teknik ur organisationssynpunkt kan beskrivas med Everett Rogers innovationsteori om spridning av innovationer (Rogers, 2003). *Diffusion of innovations* är en välbeprövad teori som används inom en rad olika ämnesområden och kan visa på acceptans av och ökad hastighet för antagande av innovationer.

Teorin utgår ifrån ett antal attribut hos fem variabler vilka är; *upplevelsen av innovationen*; *typ av innovationsbeslut*; *kommunikationskanaler*; *socialt system* och *förändringsagenter*. Den första variabeln är den mest använda och där finns attributen *relativ fördel* baserad på balans mellan fördel och kostnad samt

*kompatibilitet* med existerande värde och behov. Vidare kan attributet *komplexitet* beskriva svårighet att förstå en innovation. Detta kan mötas av praktiska exempel vilket då attribueras *testbarhet* och *observerbarhet*. Beslut om innovation kan tas på olika nivåer i en organisation; *enskilt* eller på *organisationsnivå*. För spridning/kommunikation används dels *massmedia*, dels *interpersonell* spridning varav den sistnämnda anses viktigast för att snabba på förloppet för antagande av en innovation och kompletteras efterhand med massmediala kanaler för kommunikation. Alla organisationer har sociala system där *normer* ingår och de länkar även till olika *nätverk*. Förändringsagenterna kan finnas både i den egna organisationen och i olika nätverk men kan också vara helt externa. Attributen är här; *förändring*, *främjande insatser*, *opinionsbildning för att anta innovationer*. Några av dessa variabler med attribut kommer att appliceras på intervjuresultaten vid diskussionen av dem.

### **Befintliga regelverk som styr teknologiska skiften**

Styrmedel som t. ex. regelverk har under projektets gång framkommit vid flera intervjuer varför några rader om detta med nödvändighet följer här. Från och med hösten 2021 måste nya byggnader i Sverige uppfylla kraven för nära-noll-energi-byggnader. Det innebär låga medelvärden för transmission genom byggnaders klimatskal, d.v.s. låg värmegenomgångskoefficient.  $U_m$ -kravet för byggnadens klimatskärm ska vara 0,30 -0,40 [W/m<sup>2</sup>K] för att ge låga värmebehov enligt Boverkets byggregler, BFS (2011:6). I tillägg får byggnader gärna vara självförsörjande med elektricitet och värme eftersom byggnadens angivna energianvändning för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi utgörs av köpt energi. Energi från sol, vind, mark, luft, vatten som används för byggnadens energiförsörjning räknas inte med i byggnadens angivna energianvändning. Formuleringen i Boverkets byggregler, kapitel 9, utgör därmed ett incitament för självförsörjning, eller med ett nyare uttryck ett incitament för prosumenter. Den teknikneutralitet som ska råda i Boverkets byggregler skulle därmed kunna ifrågasättas.

Samtidigt finns statligt investeringsstöd för byggande av hyresbostäder och bostäder för studerande genom SFS (2016:881) där en lägre energianvändning om 88 % av kraven i Boverkets byggregler kan ge stöd. Vidare kan stödet höjas med 75 % om energianvändningen kommer ner till 56 % av kravet i Boverkets byggregler. Huvudsakligen kan två principer användas för att uppnå det högre stödet.

Den första principen handlar om att bygga så välisolerat och tätt att ingen eller mycket liten energimängd för uppvärmning behövs. Energibehovet för faktisk uppvärmning kan då komma ner till 15 kWh/m<sup>2</sup> per år vilket är långt under energikravet i Boverkets byggregler om köpt energi 75 kWh/m<sup>2</sup> per år för uppvärmning, kyla och tappvarmvatten. Då ingår inte energi från sol, vind, mark, luft eller vatten som alstras i byggnaden eller på dess tomt. Den totala energianvändningen/energibehovet finns det inget krav för och den redovisas inte heller. Principen om välisolerad byggnation följer såväl Plan- och bygglagen, SFS 2010:900, 4§ kapitel 8 om byggnaders tekniska egenskaper väsentliga i fråga om energihushållning och värmeisolering som prioriteringsordningen för energieffektiva byggnader som utvecklats utifrån Kyotoprotokollets syfte och mål



att minska CO<sub>2eq</sub> emissioner (UNFCCC, 1998). Grundprincipen brukar illustreras med en pyramidform uppdelad i fem steg där steg 1 utgör basen. Texten i illustrationen förekommer i lite olika varianter men principen i pyramidformen är alltid densamma.



**Figur 10** Illustration av prioriteringsordningen för planering av energieffektiva byggnader.

Den andra principen handlar om att nyttja tekniska lösningar för värmeenergi och elektrisk energi utan att minska det faktiska energibehovet och utan att förbättra värmeisoleringen i byggnadens klimatskärm. Vilken princip som väljs är dels en kostnadsfråga för investeringen samt dels en fråga om hur det statliga investeringsstödet för hyresbostäder och bostäder för studenter kan utnyttjas. Det råder en asymmetri mellan de två styrmedlen byggregler och investeringsstöd vilket bland annat uppmärksammats av Energiföretagen i deras remissvar *Förslag till ändringar i förordningen (2016:881) om statligt investeringsstöd* (Thornström, 2019).

Vidare så har en annan myndighet, Energimyndigheten, satt upp intressanta ambitioner i form av utfallsmål för, i detta fall, energieffektiviseringsområdet generellt för att bidra till att de politiska målen nås. Ett av dem har följande formulering: *Styrmedel ska samverka på ett optimalt sätt*. Detta kan vara av särskilt intresse att notera för andra myndigheter, beställare och utförare.

Invändningar emot och regler som specifikt skulle kunna påverka lägenhetsvisa fjärrvärmeväxlare, vilket var aktuellt i Ranagård, följer här. De invändningar som framkommit handlar om den minskade uthyrbara yta som schakten skulle innebära, vem som ska äga de schakt i flerbostadshusen där fjärrvärmeledningar ska ledas in till lägenheterna och vem som ska ta kostnaden för försäkringar. Separata fjärrvärmeväxlare innebär också en högre kostnad för exploitören, eller för hyresgästen vilket ansågs inte vara rättvist gentemot hyresgästen. Vidare hur åtkomst till växlare och mätare kan ordnas för service och kontroll. Vald plats för placering av växlarna, lämpligen i trapphus, är ett svar till det sistnämnda. Ett servitut, nyttjanderätt eller t.o.m. en tredimensionell fastighetsbildning, SFS (1970:988), för separata schakt löser de juridiska invändningarna. Vidare finns en svensk juridisk praxis med prejudikat vad gäller fjärrvärme och benämns strikt ansvar. Det innebär att ägaren är ansvarig för eventuella skador oavsett omständigheterna NJA 1991 ("SFS 1972:207 Skadeståndslag med ändringar t.o.m. SFS 2019:849.,").

### En överblick över olika perspektiv

Ovan beskrivs hur teknologiska skiften berör såväl tekniska aspekter såväl som lagstiftningar och strukturer, men införandet av nya systemlösningar är ett exempel på komplexa frågor som spänner över fler områden och perspektiv än så. Dessa kan utgöras av exempelvis de tekniska möjligheterna och användbarheten i den nya tekniken, förståelsen hos enstaka individer som tar beslut, normer och gemensamma förväntningar hos olika aktörer, samt materiella och icke-materiella strukturella faktorer som inlåsning i befintliga infrastrukturlösningar och regelverk som är anpassade till tidigare lösningar. Sannolikt sker utvecklingen inte linjärt från ett område till nästa, utan snarare iterativt mellan de olika områdena. Att arbeta med att få genomslag för en ny systemlösning skulle utifrån detta synsätt innebära att man behöver adressera alla områden och perspektiv.

Ett sätt att fånga och överblicka bredden i perspektiv är med hjälp av ett metateoretiskt ramverk och heuristik som använts i tidigare sammanhang för att beskriva större skiften som spänner över psykologiska, sociala och teknologiska perspektiv. Ett sådant har tidigare utvecklats av Wilber (1995) i form av AQAL-modellen (All quadrants, all levels) och tillämpas i hållbarhetsfrågor av Christopher G. Ives, Rebecca Freeth och Joern Fischer(2019). AQAL-modellen återfinns i många olika varianter inom sociologin t.ex. Archer (1998) och Freinacht (2017) miljöpsykologin i Human-Environment Interaction Model (Küller, 1991). Kvadranterna i AQAL-modellen har tillämpats i flertalet områden som samhällsutveckling, ekologi (Esbjörn-Hargens, 2010) hållbart byggande (DeKay, 2011).

AQAL beskrivs ofta som en metateori för att organisera olika teoretiska perspektiv och tar utgångspunkt i två uppdelningar, först den mellan inre mentala och yttre materiella fenomen, och sedan mellan att se människor och fenomen som i grunden individuella eller kollektiva. Detta skapar fyra kvadranter där den övre vänstra beskriver individuella psykologiska perspektiv, det nedre vänstra beskriver kulturella aspekter, övre högra fångar materiella och nedre högra yttre systemperspektiv som kan beröra organisatoriska eller infrastrukturella aspekter av frågan som studeras.

	Inre	Yttre
Individuell	Psykologiska emotionella perspektiv	Materiella fysisk/teknik perspektiv
Kollektiv	Kulturella relationella perspektiv	Strukturella system-perspektiv

Figur 11 Fyra kvadranter som beskriver perspektiv kring teknikskiften (Wilber, 1995).

Det materiella perspektivet fångar de fysiska aspekterna av tekniken i fråga som vi typiskt fångar med naturlagar och beskrivningar av de tekniska systemen. Fokus ligger här på teknisk prestanda och lösningar och praktiska hänsyn som värmekällor, men också om tekniska hinder för införandet av nya lösningar.

Strukturella aspekter handlar om större organisatoriska och samhälleliga perspektiv som ges av organisationsformer, lagstiftningar, standarder, politiska åtgärder och den bredare samhällsutvecklingen med trender och skiften. Vi kan också förstå vår fysiska infrastruktur med dess inneboende tröghet ur detta strukturella perspektiv.

Kulturella perspektiv tar som utgångspunkt att vi tänker, handlar och identifierar oss i första hand som sociala varelser snarare än som individer. Här beskrivs hur vi tänker om andra människor, om det sociala samspelet och samverkan med andra aktörer. Detta omfattar också organisationskulturella perspektiv och syn på hur kulturen i stort påverkar oss och vårt beslutsfattande. Det kan handla om hur vi betraktar andra aktörer som konkurrenter eller samarbetspartners, hur vi resonerar kring konsumenternas roll och beslutsfattande, samt om olika kommunikationsmönster.

Psykologiska perspektiv kan i frågor om teknologiskiften handla om hur komplext man förstår den nya tekniken, vilka tidsperspektiv man kan omfatta i sin analys och vilka övriga perspektiv man väger in i beslutsfattande. Ser man omgivningen som statisk där man tar för givet att framtiden kommer se ut ungefär som idag eller mer i termer av processer och skiften? Hur långt fram i tiden resonerar man? Det bör noteras att de flesta fenomen t.ex. uppförande av ett passivhus kan förstås från samtliga perspektiv beroende på om man vill belysa kompetensen som krävs, attityder och värderingar till dem, lagstiftningar och regleringar som påverkar byggandet eller faktisk energiprestanda. Därför är det inte helt rättframt att olika beskrivningar i former av koder eller citat kan sorteras i endera av perspektiven. Detta beskrivs närmare i nästa kapitel.

Dessa fyra kvadranter brukar beskrivas som en heuristik snarare än en metateori och olika aspekter kan förstås från mer än ett perspektiv. Wilber (1995) argumenterar för att utveckling sker genom samverkande skiften i alla kvadranter snarare än att man reducerar beskrivningen till en enstaka kvadrant eller halva ramverket. Utgångspunkten är här att använda dem som ett integrerat teoretiskt ramverk som ger oss fyra olika perspektiv på den bredare frågeställningen om skifte från en sorts teknisk lösning till en annan och vilka möjligheter och hinder som kan finnas för detta.

## 4 Perspektiv på nya systemlösningar – analys, resultat, diskussion och slutsats

Detta avsnitt beskriver genomförande och resultat från intervjuer av aktörer från fjärrvärmeföretag, bostadsbolag, bygg- och anläggningsföretag, leverantörer av systemkomponenter och andra som konsulter i energibranschen.

### Metod

Förutom de inledande piloterna har 26 intervjuer genomförts med olika aktörer med insyn eller inflytande i val av uppvärmningsmetoder och syn på utvecklingen kring nya systemlösningar. Vår ambition har varit att tänka bredare kring större beslut om ny teknik, inte enbart inom fjärrvärme. Respondenterna/de intervjuade representerar energi- och fjärrvärmebolag (6), konsulter (4), byggföretag (2), regioner (2), tillverkande industri (2), fastighetsbolag (4), myndigheter (1), en intressegrupp (1), en medlemsorganisation (1), kommunalt fastighetskontor (1) och forskare (2). Intervjuerna har genomförts via Zoom under perioden 2020-2021 och har varat i mellan 30 och 60 minuter, transkriberats och kodats i mjukvaran för kvalitativ analys NVivo (QSR International, Doncaster, Australia). Intervjuerna skedde i semi-strukturerad form vilket innebär att en intervjumall med förbestämda frågor användes, men där intervjun skett mer i ett friare samtal som tillåtit avvikelser och oförutsedda frågor. Intervjufrågorna har utformats utifrån beslut och val man gjort i relation till tekniska lösningar, vilka perspektiv man utgått från – eller räknar med att andra aktörer utgår från. Perspektiven kan vara ekonomiska, etiska, tekniska, organisatoriska, gälla hållbarhet eller andra perspektiv. Respondenterna har också fått frågan om vilka av dessa perspektiv som väger tyngst i beslutsfattande. De har också fått frågor kring samhällsutvecklingen i stort, vilka tidsperspektiv de räknar med samt vilka hinder man ser kring införandet av nya tekniska systemlösningar. Innan intervjuerna fick respondenterna ta del av forskningsprojektets bakgrund och frågeställningar samt översändes intervjufrågorna i förväg, se bilaga 1 Brev med intervjuguide. I övrigt fick de inte någon annan information utan förväntades svara utifrån deras egen förståelse kring fjärrvärmeområdet.

Analysen av intervjuerna tar en kvalitativ utgångspunkt vilket innebär att respondenternas svar och beskrivning av området sker utifrån deras respektive uppfattning vilket förs fram i forskningen oavsett hur eller om det överensstämmer med det aktuella forskningsläget (Bryman, 2016). Det är människors olika perspektiv och uppfattningar om andras perspektiv som ligger till grund för deras handlande. Denna utgångspunkt är vanlig inom samhällsvetenskaplig forskning där man typiskt studerar komplexa fenomen och skeenden där flera olika perspektiv behövs för att ge en rikare bild. Inget perspektiv ses heller som referens utifrån vilket de andra värderas (Alvesson & Skoldberg, 2017). En överblick till de perspektiv, kategorier och koder som används ges nedan i tabellen.

**Tabell 4 Perspektiv, kategorier och koder som resultat från den kvalitativa analysen.**

Perspektiv	Kategori	Kod
Materiellt-tekniskt	<b>Fjärrvärmesystemet</b>	<i>Material och komponenter</i>
		<i>Temperaturer i fjärrvärmenätet</i>
		<i>Värmekällor</i>
		<i>Värmeväxlare</i>
		<i>Värmepump i fjärrvärme</i>
		<i>Dåliga erfarenheter</i>
	<b>Fjärrvärmeutveckling</b>	<i>Generellt om fjärrvärmeutveckling</i>
		<i>Negativ utveckling</i>
<i>Positiv utveckling</i>		
Strukturellt	<b>Ekonomi</b>	<i>Ekonomiskt stöd vs skatt</i>
		<i>Fjärrvärme prismodeller</i>
		<i>Investering och lönsamhet hos fjärrvärme</i>
		<i>Lägenhetsvis debitering</i>
	<b>Organisationsstruktur och beslutsfattande</b>	<i>Ägande och ledning</i>
		<i>Samverkan</i>
		<i>Beslutsfattande</i>
	<b>Styrmedel – juridiska och ekonomiska</b>	<i>Lagstiftningar</i>
		<i>Styrmedel</i>
	<b>Hållbarhet</b>	<i>Generellt om hållbarhet</i>
		<i>Hållbar vs lönsam</i>
		<i>Miljömärkningar</i>
		<i>Energieffektivisering</i>
		<i>Resurshushållning</i>
	Kulturellt	<b>Organisationskultur</b>
<i>Etiska perspektiv</i>		
<i>Kommunikation</i>		
<b>Kulturella skillnader</b>		<i>Skillnader mellan länder i värderingar</i>
Psykologiskt		<b>Kompetens</b>
	<i>Systemtänkande</i>	
	<i>Tidsperspektiv</i>	

## Resultat

Resultat från analysen beskriver 9 kategorier med underrubriker, totalt 30 st koder, som kan belysas utifrån de fyra kvadranterna som introduceras i kapitel 3. Koderna beskriver vidare olika aspekter av frågor som gäller beslutsfattande kring nya tekniska lösningar i anslutning till bostäders energiförsörjning i allmänhet och fjärrvärme med låga temperaturer i synnerhet. Den tematiska analysen kan beskrivas som delvis deduktiv och induktiv (Braun & Clarke, 2006). Koderna har vuxit fram induktivt utifrån initiala analyser och från intervjufrågorna. De har därefter ordnats i bredare kategorier som sedan organiserats i de fyra kvadranterna för att tydligare illustrera de olika dimensionerna eller perspektiven man kan ta på

fjärrvärmeutvecklingen. Kvadranterna verkar som stöd för förståelsen och för att tillse att vi får med de inre perspektiv som ofta åsidosätts i hållbarhetsfrågor, de som belyser psykologiska och kulturella perspektiv. Dock bör man ha en medvetenhet om att vissa aspekter eller fenomen kan förstås från mer än en kvadrant, t. ex. etiska omdömen som kan förstås som något enskilda individer visar eller sådant som snarare bör förstås som något kulturellt.

I resultatbeskrivningen varvas beskrivningar av kategorier och koder med exempel på citat. Beskrivningen sammanfattar de synpunkter som framkommer i intervjuerna tillsammans med citat som illustrerar de olika sätten att resonera. Vissa koder och citat bekräftar bilden som ges tidigare i rapporten medan andra kan ge ett avvikande perspektiv, de kommer att diskuteras senare. En del koder diskuteras endast kortfattat och vissa har uteslutits för att de inte tillför något till frågeställningarna.

### **Materiellt-tekniskt perspektiv (individuella/yttre)**

En lämplig startpunkt är dock det materiellt-tekniska perspektivet som utgår från de aspekter vi kan observera som också har beskrivits tidigare i rapporten. Utifrån detta perspektiv beskrivs utveckling.

Den första kategorin **Fjärrvärmesystemet** beskriver olika delar av det fysiska systemet där delarna beskrivs i de olika koderna, med början i *värmekällor* som innehåller beskrivningar av olika anläggningar med tillhörande bränslen som fossila bränslen som fasas ut till förmån för biobränsle och spillvärme som kan komma från serverhallar eller stora anläggningar som MAX IV och ESS i Lund.

*”Fjärrvärmesystemet har ju bytt bränsle massa gånger under de här åren som det har funnits, årtionden, så det ... Fjärrvärme är flexibel värme, så det har man gjort, man har bytt ut ... Vi kör inte alls samma som man gjorde på 80-talet eller 70-talet, så det har bytts många gånger. Men vi har inte bytt temperatur speciellt mycket, det har vi inte gjort. Det är bara marginellt.”*

*”Nej, men det är ... Ja, men det är ju det som kanske är fördelen med ett lågtempererat fjärrvärmesystem, menar jag. Då kanske det kan användas spill... köpa spillvärme lite större mängd än vad du kan i ett högtempererat nät. Vi har ju mycket spillvärmekällor som ingen vill ha i dag för de är för låg temperatur, och du kanske kan använda solvärme, det kommer bli mer geoenergi och så vidare. Så att det kan vara att vi kommer att se att det delvis drivs av det också. Men de är ingenting som kommer ske på väldigt kort sikt, men jag kan tänka mig att vi kommer att se en del såna piloter, åtminstone kommande år i Sverige.”*

Skiftena av värmekällor anges som en drivkraft mot lägre temperaturer i fjärrvärmesystemet som är nästa kod. Här diskuteras typiska framledningstemperaturer i nätet som i de flesta beskrivningar ligger runt 65-90 grader och i många fall anges legionellarisken i tappvattnet som en begränsande faktor mot att gå lägre. I de fall lågtemperatur diskuteras så anknyter det till värmeväxlare som i flerfamiljshus vanligen placeras i en gemensam undercentral, med som vid låga framledningstemperaturer kan behövas i varje lägenhet.

*”Det blir inga lägenhetsväxlare. Vi hade mycket diskussion med HFAB om just den biten, hur vi ska kunna lösa det på ett smidigt sätt. Och vi kom fram till att vi*



*kommer inte att sätta in några lägenhetsväxlar utan vi går på den, egentligen traditionella, lösningen med en värmecentral i källaren på husen.”*

Föregående citat gäller området Ranagård medan nästa berör erfarenhet från ett annat område.

*” Jag hade ett fastighetsområde, 54 lägenheter här från ... där vi hade lägenhetsvisa värmväxlare för varmvatten och eftervärmning för ventilationen för det var luftvärme, kan man säga, i de fastighetshusen. Och det var en katastrofal lösning som inte var bra. Redan vid projekteringsstadiet, det var en total entreprenad så sa vi att vi tror inte på den här lösningen, det kommer att bli problem. Det kommer att bli mycket värmeförluster ... Och var man tvungen att ha ett cirkulerande, hela tiden 65-gradigt rörsystem i huset som ska klara både varmvatten och värmedelen. Och vi kan aldrig ha pumpstopp. På ett vanligt värmesystem där har vi pumpstopp på sommaren, till exempel som i dag när det är varmt. Nu står pumparna stilla, vi pumpar inte runt något vatten. Det systemet var tvungen att vara i gång dygnet runt, året runt eftersom annars blir hyresgästerna utan varmvatten. [...] Så där fick vi väldigt höga cirkulations.... då cirkulationsförluster sommartid framför allt. Och väldigt hög temperatur i husen. Det var passivhus, välisolerade, och väl de blev varma, här på sommaren, så blev det alltså 28-30 grader högt upp i trapphuset i de husen. Och vi, som sagt, vi var emot det där från början men vi kunde inte få stopp på det, utan de var helt säkra på att de ville bygga det och sen klarade de inte kraven för det passivhus vi hade köpt så att garantitiden blev förlängd och till slut så insåg man, man aldrig kommer få ordningen på det här. Då föreslog jag att vi skulle bygga om det till ett traditionellt system. Och det gjorde vi förra året, eller vi gjorde 2019 kan vi säga, och var färdigt i början på 2020. Och nu har vi minskat energianvändning med ungefär 40 % i de där husen sen vi byggde om det till ett traditionellt system.”*

Citaten illustrerar negativa erfarenheter man haft med nya system som kan handla om inkörningsproblem och nästa citat beskriver ett försökshus där man vill testa lågtemperatur genom att sänka temperaturen i nätet för att därefter höja den med en värmepump som visat sig otillräcklig. Detta ordnas i koden *dåliga erfarenheter*.

*” Vi fick reda på att det här skulle bli en ... man skulle testa, man skulle simulera det här med lågtempererad fjärrvärme för se hur det kunde fungera och bygga det här huset efter det med en värmepump och höja temperaturen där. [...] Det stod klart ganska direkt att, som det här är byggt med den här värmepumpen, så fungerar det inte. Alltså, vi får inte upp temperaturen tillräckligt mycket från 40-45 grader som man ville testa. Och det är ett problem som vi står med och det är inte löst än, om vi säger så.”*

Fler exempel på användning av värmepump i fjärrvärme beskrivs när ett bostadsföretag använder returvärme från annat område och höjer temperaturen med hjälp av en värmepump som kan drivas med bergvärme eller solvärme. Ett problem som anges, som förstås också gäller värmepumpar i allmänhet, är att de förbrukar mest el på vintern när tillgången är som lägst.

*” Jag säger inte att det är något problem att höja den temperaturen i värmepumpen. Det jag inte vill göra är att... jag vill inte öka elanvändningen. Som sagt, vi jobbar för att minska elanvändningen så det är väl det som är utmaningen här ... vi ska hitta lösningar på. Vi har planerat ... där kommer vi*

*nog, som det ser ut, och sätta solceller, vertikala solceller ... alltså sätta på balkongfronter på södra sidan och annat för att det är ...”*

Avslutningsvis anger koderna *material och komponenter* och *praktiska frågor* mer detaljerade beskrivningar kring utrustning som rör och värmeväxlare som är anpassade för nya system. Det innehåller också exempel på material som inte levt upp till kraven för att man upphandlat billig teknik, det kan handla om otillräckliga rörmaterial eller rör med fel dimensioner. Det kan också finnas ett motstånd mot att testa nya material som inte beprövats lika länge, något individer hanterar på olika sätt.

*” Ja. Och byter man då ut någon form av standardiserat fjärrvärmerör med någon plastvariant som ligger i slinga, då kan det lätt bli lite kurr i organisationen. Och man menar, ”men hur ska vi underhålla det här då, hur lagar man en sån här läcka?” och såna här grejer. Så att det är viktigt att ha med sig dem också i det här. Ack så viktigt. Och gör man det snyggt så kanske de till och med ser fördelarna mer och då kanske de är ambassadörerna i sammanhanget. Så att man får lirka lite snyggt där. [...] Man bygger väldigt mycket plast i Schweiz, bland annat, och då frågade jag där, och det var framför allt kopplat till den här larmfrågan där jag sa att ”men vadå, har ni inget ... använder inte ni larm då?” Och då sa de ”men varför ska vi ha larm på någonting som aldrig läcker?””*

Intervjuerna innehåller en hel del resonemang kring **Fjärrvärmeutveckling**, vilket är nästa kategori med koden *generellt om fjärrvärmeutveckling*. Många ser en *positiv utveckling* som önskvärd och trolig, i flera fall i kombination med andra förnyelsebara energikällor. Argument som anges är etik, miljönytta, PR och i vissa fall ekonomiska argument.

*”...man kan få fram det mycket billigare om man får fjärde generationens ... Det är redan billigt i dag [skratt]. Så jag kan inte se ... Jag hittar inte motivet till att investera i helt nytt rörsystem. För det är först när man gör det i hela systemet som den så kallade nyttan skulle komma då. Det här kan ju ändra sig givetvis men hade jag byggt ett nytt system och det fanns ingen fjärrvärme i en ort, då hade man tagit rejäla rör och tänkt att det här ska vara mycket lägre temperatur. Men vi har ärvt ett fjärrvärmesystem som är lite för klena rör och man får köra 80-90 grader på vintern åtminstone. Vi försöker kämpa ner dem men vi har ändå billig produktion och kan få billig produktion med spillvärme, värmepumpar, trots att vi har de här lite för höga temperaturerna.”*

I nästa kod *negativ utveckling* finns exempel på problem man upplever i det större sammanhanget med att komponenter saknas eftersom de inte efterfrågas. Detta kan ses som ett exempel på att teknikskiften sker på flera plan och kräver samverkan av många aspekter, exempelvis kunskapsmässig som beskrivs senare.

*”Vet man det att då ... om nu det här funkar och att det finns så är det så lätt för oss och då kan också ... då bara ... då kan vi åka på, på det tåget liksom. Men om man själv försöker leta ”jaha, hur får jag tag i en växlare?” Det har man inte riktigt ... sätta sig och googla fram det. Nej, så det tror jag är viktigt, att de här programmen eller stöden, att de hjälper till... för jag kan tänka mig, vem tillverkar växlar, om det inte finns någon så blir det ett ”moment 22” hela tiden liksom. Det finns ingen efterfrågan på det. Nej, då gör vi inte det. Och det finns ingen som gör det, så då frågar vi inte efter det heller.”*

### Strukturella/organisatoriska perspektiv; samhällssystem (kollektiva/yttrre)

Detta perspektiv och kvadrant innehåller beskrivningar av strukturella och icke-materiella aspekter som är ekonomi, organisation och omvärlden i termer av samhällsutveckling och hållbarhetsfrågor i stort.

Den första kategorin **Ekonomi** fokuserar på frågor som *investeringar och lönsamhet* hos nya lösningar. Här är det tydligt att tekniksiftet är mycket tröga då de involverar stora system och investeringar där lönsamheten inte kan räknas hem förrän långt senare.

*”Det stora som jag skulle vilja att ni som håller på med detta besvarar, det är ju den här ... När kommer den stora nyttan om jag har ett befintligt system som är tredje generationens, och så börjar jag investera i fjärde generationen där och där och där, när kommer nyttan så att säga? När skördar vi frukterna av de investeringarna i tredje röret eller i fjärde röret, när kommer de? För de kommer inte på direkten i alla fall, det gör de inte.”*

*”...vi har inte gjort ett försök ens en gång, vi har bara tänkt och hela tiden stupade på att vi har ett system med fjärrvärmerör som ligger i gatan som kanske skulle kosta en halv miljard att bygga nytt, och det är byggt för höga temperaturer. Det är ganska lite nytta med att i en del av det systemet sätta in ett lågtemperatursystem och skulle man göra det skulle det nog vara för villor.”*

*”Och jag håller med er om att bygger jag nytt hade jag byggt på ett annat sätt. Men när jag sitter med en enorm investering som har gjorts i några generationer, det är ganska mycket pengar, så är det ju ... Man sitter fast i gammal teknik, kan man säga.”*

*”Om vi säger att vi har några nya flerbostadshus som byggs och de ansluter till fjärrvärme och de använder inte speciellt mycket, om man säger så. Så det kanske man kommer att ... vara tveksamt om det över huvud taget är en idé i framtiden. Utan fjärrvärme är befintliga byggnader. När vi kommer till nya villor och nya radhus är det liksom ... absolut inte. Vi drar inte ut investeringar på 100 000 per hus för att de ska köpa några tusenlappar av oss, det är helt meningslöst. De ska inte ha fjärrvärme, typ.”*

Det sista citatet beskriver hur utvecklingen med passivhus som behöver mindre mängder värme kan driva på en utveckling där lönsamheten i den investeringstunga fjärrvärmerna kan bli otillräcklig. Man kan uttrycka det som att framtidens hållbara lösningar behöver konkurrera med dagens lösningar med dagens villkor i termer av lönsamhet.

Vid diskussionen om investeringar och lönsamhet behöver man också väga in inverkan av olika former av bidrag, vilket beskrivs i koden *ekonomiskt stöd vs skatt*. Den överlappar till stor del med koden *styrmedel* som beskrivs i nästa kategori. Nästa kod som heter *fjärrvärme prismodeller* anger dels vilka priser man sätter på värmen, vilket brukar anges som mycket lågt i förhållande till investeringskostnaderna men också huruvida priserna kan varieras i tid och mellan olika fjärrvärmenät.

*”Fjärrvärme är, tycker jag, väldigt miljövänlig i sig själv. Men är den inte billig så får vi inte sålt den och då kan vi inte vara miljövänliga, så att jag måste kämpa ner priserna när vi var dyrast i Sverige [skratt] för att det över huvud taget ska bli någon miljönytta.”*

Koden *lägenhetsvis debitering* av värme som likväl kan beskrivas ur tekniska eller kulturella perspektiv, men betraktas här främst som en ekonomisk fråga.

*”Så jag önskar bara all lycka till för det är inga problem att införa fjärde generationens fjärrvärme i den kulturen när man är van vid en egen gasmätare inne i lägenheten och den kulturen. Men i Sverige så slår det undan benen för oss och vårt sätt att se på hur man ska effektivisera ett hus. Vi menar på att ... och har förklarat för finansdepartementet om inte annat, att om ni inför individuell mätning, debitering värme, då försvinner alla incitament för oss och fastighetsägare att göra en enda förbättring på våra hus.”*

*”Men jag sa vi är mycket skeptiska till att vi ska släppa in en annan aktör att gå in med ett rörsystem in i vårt hus hela vägen upp till en lägenhet och bygga en lägenhetscentral som innebär att vi för evärdlig tid är helt i händerna på en helt annan aktör. Som har fritt spelrum att gå in med ett eget monopol ända in i lägenheten och leverera värme och vatten i fortsättningen. Och vi har ingenting att påverka och säga till om även om vi skulle tycka någonting.”*

*”I många fall så kan individuell mätning funka, men tittar man på längre ner i Europa, de här extremt dåligt isolerade flerbostadshusen, där kan du inte leva på grannens värmeenergi därför att det klimatskalen och fönsterna är så otroligt dåligt isolerade. Så sänker du värmen i din lägenhet så fryser du ihjäl helt enkelt. Men i Sverige i nyproduktion i väldigt ... i de här välisolerade lägenheterna så kan du stänga av värmen och leva på grannens värmeenergi, därför att det är så välisolerat och, som jag sa, i förhållande till U-värdet mellan lägenheterna så får du din värme från pannan”*

Citaten ovan illustrerar motstånd mot lägenhetsvis debitering av värme ur olika perspektiv.

Kategorin **Styrmedel – juridiska och ekonomiska** beskriver olika ramar och styrmedel, exempelvis Boverkets byggregler och ekonomiska viktningsfaktorer för att bestämma byggnadernas energiprestanda. Koden *lagstiftningar* beskriver de upphandlingslagar och föreskrifter från EU, men främst de grundläggande ramar som finns vid byggande som minimikrav i energiprestanda som flera menar är otillräckliga.

*”Det ska vara zero på allting i framtiden med energi och klimat och prestanda och alltihop, då borde man verkligen höja ribban redan nu, för att de här husen som byggs i dag, de kommer att stå i 100 år. Men om de bara följer dagens BBR-krav, de kommer ju vara omoderna om tio år, för att förhoppningsvis har kraven höjts. Jag läste någonstans att Sveriges regering har sagt att vi ska vara klimatneutrala 2045, och det är ju bara drygt 20 år kvar. Och om vi då bara bygger för fullt nu i dag enligt nätt och jämnt BBR:s krav som är långt ifrån klimatneutralt kan vi tycka då och energieffektivt, och då har man byggt någonting som är omodernt redan om 20 år egentligen, som egentligen skulle behöva energirenoveras då. Och det låter som inte någon smart lösning, men så funkar Sverige i dag tyvärr.”*

Koden *styrmedel* beskriver sådana som inte är tvingande, alltså ekonomiska bidrag och skatter. Ett vanligt förekommande argument är att bidragssystemen inte är väl utformade eller kan ändras med politikerns nycker som tas upp i nästa kategori.

*”Och så lägger jag till på slutet, hade det inte varit för energiinvesteringsbidraget, så bedömer jag ... För så tänkte vi, ärligt talat. Hade det inte varit för det så hade vi nog med stor sannolikhet bara anslutit fjärrvärme och inte jobbat med bergvärmepumpar.”*

*”Ja, men absolut. BBR som styr fel, det är också hinder. Men investeringsstödet är absolut hinder, vi har till och med fjärrvärme gratis till kunder där investeringsstödet slår så pass hårt om man tar andra alternativ än fjärrvärme. Så man tjänar miljoner på att inte ta fjärrvärme. Det är så här, vi har verkligen sagt till kunden, ”du får det gratis, vi fixar allt”, ”det ligger utanför dörren”. ”Nej, jag kan inte, jag är ledsen”. De tjänar så mycket pengar på investeringsstödet.”*

*”Först var viktningfaktorn för fjärrvärme 1,0 och för el 1,16. Och bara pang så blev det 0,7 och 1,8. Vi vet inte vad nästa steg blir.”*

Kategorin **Organisationsstruktur och beslutsfattande** fångar det som händer i organisationerna som har med struktur och arbetssätt att göra, även om det är sammanvävt med de kulturella aspekterna. Organisationer som är av mest intresse här är bostadsföretagen, energiföretagen och kommunerna, även om byggtreprenörer, tillverkare av komponenter och intresseorganisationer också är intressanta. En första handlar om *äggande och ledning*, alltså vem som äger organisationen i fråga. Denna kommer behandlas kortfattat då beskrivningarna och fokuset är vidare än fjärrvärme, även om detta perspektiv är relevant. Många aktörer som vi intervjuar är kommuner, energi- och bostadsföretag. Ofta står kommunerna som ägare för de andra två, vilket förstås underlättat för *samverkan* och långsiktighet. Stora kommuner och företag har i många fall större utrymme för innovation. Vissa mindre företag som tillverkar har ofta kortare beslutsvägar och kan anpassa sig till nya omständigheter. Följande citat visar exempel på vikten av att samverka och att inkluderas tidigt i planprocessen.

*”Vi har ett exempel på Östermälarsstrand, i etapp tre här där markanvisningen slog väldigt fel. Svea fastigheter vann en markanvisning för att man hade plusenergihus som inte innehåller fjärrvärmelösningen, och i det området har vi också väldigt kritiskt just för elnät, alltså de har problem att tillhandahålla kapacitet om alla i byggplan och som ska dit i skedet. Och det är etapp tre, sen kommer etapp fyra, sen kommer ... med tusen bostäder. .... Så [Namn] drev hela den här processen och så till slut så vd för Svea fastigheter ”ja, fasiken, vi kör fjärrvärme, jag hör vad du säger”, ”det är klart vi ska underlätta”. Då säger Västerås stad, som också är våra ägare och har investerat nyligen fem miljarder i block sex och block sju, att ”nej, det får ni inte för att ni har vunnit markanvisningarna på de här kriterierna”. .... Då började dialogen stenhårt, att vi måste in i markanvisningskriterierna, det är där vi måste jobba för att påverka, att det blir rätt skrivet. Så nu har vi haft både vår jurist som har tittat på det här, vi har haft stadsjurister som har tittat på skriften och likväl så, ja, vi har kommit så långt att vi har i skrift att man ser gärna att man nyttjar fjärrvärmens men inte att man ska nyttja den eftersom vi är konkurrensutsatt affärsområde. Man ska ha möjligheten att välja vilket värmealternativ man vill. Men här slog det väldigt fel. Och enkelt förklarar så kan man säga att i dag så har Svea fastigheter tre elkablar in medan resterande fastigheter runtomkring har bara en. Så hårt belastar de via nätet i dag. Så att det är oskönt etablerat ... Sen kom de till detaljplan fyra, etapp*



*fyra, Svea fastigheter, och då sa de direkt att nu kör vi fjärrvärmen, här är inget snack. Så i dag har de fjärrvärme. Men då är det våra ägare som gör fel i vår värld. Så här har vi haft en jättebra dialog och vi har påtryckt. Så det blir lite så här skomakarens barn. Så för att svara kort på frågan, så, ja, det är jätteviktigt, markanvisningarna. För det kan slå jättefel också, men det kan skapa väldigt, väldigt rätt förutsättningar för oss. Så det är viktigt.”*

Vad gäller bostadsägare så ses bostadsrättsföreningar som mindre benägna att ta till sig nya tekniska lösningar då de ägs och drivs av lekmän utan expertis, även om de har en teknisk förvaltning till stöd. Ofta drivs bostadsrättsföreningar inte av att bidra till samhällsnytta.

*”En svår målgrupp är bostadsrättsföreningar, där jobbar vi rätt mycket med att försöka hitta stöd till dem inom Beboverksamheten, i projekt av olika karaktär. Där är det ... Det är beställare som är lekmän i en bostadsrättsstyrelse och det är det ena problemet, att förstå. Och det kanske är lättare att sitta och förhandla med bankerna om några räntepunkter än att förstå att prata med sin tekniska förvaltare om att effektivisera driften. Dessutom när man sätter i gång, vilket vi har blivit varse ett antal gånger, så tar såna här projekt kanske något år att komma i gång och ett par år kanske för att genomföra någon form av energirenovering och liknande, då hinner man byta styrelsemedlemmar kanske både en och två gånger i det där och man får göra omstart för att övertyga folk om vad som är rätt. Eller så läggs projekten på is.”*

Koden *beslutsfattande* innehåller citat med breda beskrivningar av hur beslut tas, vilket inte bara handlar om det faktiska beslutet utan är sammanvävt med många andra perspektiv – vad som är lagligt och tekniskt, ekonomiskt, organisatoriskt och kulturellt möjligt. En vanligt förekommande uppfattning är att även om många anger policys och önsksningar att bidra till att uppfylla hållbarhetsmål, men att det till syvende sist handlar om ekonomi som väger tyngst när beslut tas. Det finner vi också delvis stöd för hos våra intervjuer, vilket vi fångar i den breda kategorin **Hållbarhet** och koden *hållbar vs lönsam*. Här finns många beskrivningar kring att det är ekonomin som får styra även om det i ett långsiktigare perspektiv finns mer hållbara lösningar.

*”På strategisk nivå kanske det kan påverka lite grann, men sen när själva affären ska göras så är det nog mycket pengarna som styr, tror jag. Tror jag.”*

*”Då ska egentligen hela rörsystemet byggas om och bli dubbelt så stort så man kan köra lägre temperaturer. Och det ... nja. Vi är faktiskt utsatta för konkurrens, så att jag kan inte göra vad som helst, då ... Blir det för dyrt så är vi borta.”*

*”Det du frågar är om vi har vävt in i våra lönsamhetsbedömningar att det är ny teknik, så är svaret nej, vi har samma lönsamhetskrav på det här projektet [om lågtempererad fjärrvärme].”*

I kategorin finns även koder *generellt om hållbarhet* som beskriver hållbarhetsfrågor i det större perspektivet, där mycket handlar om klimatmål som ska uppnås. Andra koder är *energieffektivisering* och *resurshushållning* som beskriver de större perspektiven i vilket man kan sätta in fjärrvärmefrågorna. Här finns även diskussioner kring *miljömärkning* som inte involverar fjärrvärmefrågor, förutom när respondenterna påpekar att sätt att värma bostaden inte ingår som krav i någon miljömärkning.



### Kulturella perspektiv (kollektiva/inre)

Vi har i studien valt att använda kvadranterna för att lyfta fram de inre aspekterna på frågorna kring teknikskiften om fjärrvärme som ofta förbises. Det är dock tydligt att de flesta diskussionerna, kategorierna och koderna finns i de yttre högra kvadranterna, vilket är naturligt då det främst är tekniska frågor som berörs.

Kategorin **Organisationskultur** berör den kollektiva insidan i organisationerna som yttrar sig i värderingar, attityder och kommunikation i organisationerna. Här behandlar vi kulturen som ett fenomen i sig själv, men det är tydligt hur sammanvävd den i regel är med yttre strukturella aspekter som uppdrag, organisationsform, investeringar osv. I denna kategori finner vi koden *organisationskultur generellt* som berör attityder kring branschen och uppdraget i allmänhet men särskilt också kring beslutsfattande kring fjärrvärme. Å andra sidan finns beskrivningar om en bransch där förändringar går mycket långsamt, vilket gäller byggbranschen i stort såväl som fjärrvärmeområdet.

*”Ja, då ... Energibolagen förvaltar infrastruktur som har funnits länge och som förväntas finnas lång tid framåt i tiden. Och det är stora investeringar, kapitalbindningar, på det sättet ganska tröga och långsam process, och det påverkar väl företagskulturen i sig själv. Sen tycker jag nog att det finns en stor teknisk kunnighet. Men man önskar att ... Allt kring digitalisering, och sånt här, önskar man att det skulle gå mycket snabbare. Och även det här med att systematiskt sänka temperaturerna i näten, det går väldigt långsamt.”*

*”Alltså det enda hinder där när det kommer till innovation, utveckling och stadsplanering, det är oftast internt, att man möter ... man har olika syn på framtiden eller att man kanske ... Ja, vi har varit inne, du och jag, på det här med att, ja, men det kanske inte är den mest förändringsbenägna branschen generellt. Och det behöver inte bara vara dåligt, utan man kanske har ett konservativt tänk på saker och ting, men det kanske har funkad väldigt bra också. Men det är ganska svårt att införa nya digitala metoder i en personalstruktur som är ganska analog.”*

Det finns även beskrivningar av organisationskulturer med en högre benägenhet att ta till sig och testa nya lösningar. Här finns en del citat som beskriver organisationskulturer som är mer tillåtande och experimenterande.

*”[Projektet] hade som mål att vara off grid. Och första frågan jag och mina kollegor var, ”varför vill ni bli off grid? Vad är anledningen?” Det visste de inte riktigt, de bara tyckte det var coolt. [skratt] Och jag tror att det speglar väl ytterligare en anledning då till att jobba med ... Det är på något sätt också att vässa sig och jobba innovativt.”*

Respondenterna talar om kultur i relation till hur man förhåller sig till hållbarhetsfrågor och kvalitet i arbetet. Det kan å ena sidan beskriva kvaliteter som att organisationen har en tillit att beslut kan tas lägre ner i organisationen och att man kan experimentera med nya lösningar.

*”Men här tror jag man måste ha en gemensam syn i organisationen på saker och ting och att man får med sig alla. Så att man inte är en koncernledningsgrupp som har tagit fram ett nytt initiativ, att så här ska vi göra, och så har man inte organisationen med sig. Eller tvärtom, att man har en organisation som säger att*

*nu borde vi gräva lågtempererad fjärrvärme, och så har man inte en ledning som tycker att det är bra. Utan att man liksom pratar ihop sig.”*

Organisationskultur kan förstås som gemensamma attityder och antaganden kring hur man bedriver arbetet, men det finns också en mellanmännisklig aspekt som fångas i koden *kommunikation*. Den visar dels hur kulturen avspeglas i sätten att kommunicera men också hur individer kan gå tillväga för att förankra nya idéer genom att ta stöd i de globala hållbarhetsmålen och att uppsöka individer.

*”...det är information, information, information. Sprida sina idéer, och hitta någon som kan hjälpa dig, stödja dig. Och det är jättebra förresten, om du ... [skratt] jag i mina projekt brukar ... vet en, två, tre politiker som jag vet att de har stor påverkan på hela grupp, i hela grupp. Då jag tar en, pratar med honom, tête-à-tête, förklarar, försöker intressera, engagera i den idéer, och han i sin tur kan sprida vidare, som den ... som nätverk av personer. Det är jätteviktigt. Hur politiker, beställare, ja ... och informera.”*

I kommunikation räknas också sådan med kunder och flera respondenter anger att försäljning av värmepumpar marknadsförs mer än fjärrvärmens. Det illustrerar också en viss skillnad i kultur mellan värmepumpsidan och fjärrvärmesidan som tillsammans dominerar marknaden.

*”Värmepumpsidan [...] är ganska aggressiva i mark... är vana vid att tävla, verkligen tävla. Och fjärrvärmebranschen är inte van... historiskt inte vana vid konkurrens på det viset. Det var lite grann ... Om man backar tillbaka ännu längre så är det som du säger, det var för det första förknippat med bara större fastigheter, kunderna som ... när de kom ... man kallade de väl inte ens kunder egentligen, de fick komma med mössan i handen nästan och ”skulle man kunna få en fjärr... skulle jag kunna ha möjlighet att få en fjärrvärmeinkoppling”.”*

*”... vi tycker att det är en bransch som faktiskt har hukat sig lite och kanske inte tagit fighten riktigt. Och där försöker vi vara med och lyfta genom teknik och genom att fjärrvärmens måste bli bättre. Konkurrens är egentligen bra. Är man utsatt för konkurrens, det innebär att man måste bli ännu bättre. Och där ... det tycker vi absolut att det finns potential för att fjärrvärme branschen kan bli bättre. Tänka nytt, tänka ännu bättre, optimera i varje litet steg. Inte vara för bekväma. Man kan inte ... man har inte råd att vara bekväm längre. Det måste vässas eftersom ... ja, men det tappas uppenbarligen kunder.”*

Koden *etiska aspekter* beskriver olika etiska resonemang som i det generella perspektivet handlar om moraliska överväganden kring hållbarhetsfrågor och affärsverksamhet. Inom fjärrvärmeområdet kan det också handla om huruvida man ska låsa in kunderna i en uppvärmningslösning som värmepump eller fjärrvärme.

*”...vi har haft lite heta diskussioner med värmepumpar. Om vi inte kan nå en kund så här, kan vi låsa in den med värmepumpar för att sen ta oss dit? Och det där är nog två läger om man tittar på affärsområde värme. Vissa säger ”kör, för fan, vi låser in kunden. Bättre att ta marknaden själv än inte” och så är det vissa som säger ”nej, nej, för fan, det är där vi ska vara, inlåsta hos fjärrvärmens”.”*

*”Ja, precis, det etiska perspektivet, att det var diskussioner i kommunens samhällsbyggnadsutskott där, huruvida det var okej att ålägga alla som köper tomter på Ranagård att betala en viss summa pengar för fjärrvärmesätet*

*egentligen, och sina anslutningar, även om de inte skulle välja att ansluta sig till fjärrvärme som uppvärmningslösning för deras hus. Och beslutet blev att det var okej, vi tvingar dem inte att välja fjärrvärme utan vi bara säger att "Köper du en tomt på Ranagård så bidrar du till möjligheten för miljövänlig uppvärmning."*

Dessa etiska aspekter kan stå i konflikt med ekonomiska perspektiv, vilket kommer att beröras i nästa kategori.

Kategorin **Kulturella skillnader** med den enda koden *skillnader mellan länder i värderingar* beskriver hur värderingar och uppfattningar kan skilja sig mellan länder och kulturer. Detta är ofta kopplat till unika förutsättningar mellan länderna i termer av klimat, naturtillgångar och traditioner, samt med frågor kring kontroll.

*"Och då förstod man inte riktigt varför vi var så tvära så där, men jag var tvungen att markera tydligheten med det, att i Sverige och Finland har vi en väldigt stark övertygelse och tradition över om att vi tror på att man levererar värme från en i huskroppen gemensam värmeundercentral som ... Och att man ser på värmedistributionen i det huset utan att införa individuell mätning, debitering värme, i de olika lägenheterna."*

I citatet ovan hänvisas till kulturella faktorer och tradition till att man har en motvilja mot att en energileverantör har lägenheten som kund direkt snarare än att hyresvärden är mellanhand. En sådan lösning att kunden debiteras för den värmen som levereras lägenhetsvis, vilket är vanligt i andra delar av Europa, något som beskrivits i tidigare.

### **Psykologiska perspektiv (individuella/inre)**

I den sista kvadranten finns en kategori, **Kompetens**, som behandlar kompetens som möjliggörande och nödvändig faktor dels för att driva ett fjärrvärmesystem men också för innovation och att testa nya lösningar. Kategorin innehåller följande tre koder: *kompetens generellt* som beskriver kunskap och färdigheter som krävs för att driva, utveckla och ta välgrundade beslut om fjärrvärme, *systemtänkande* som handlar om att ta ett helhetsperspektiv på frågorna snarare än att bara fokuserar på och optimera delar, samt *tidsperspektiv*.

Först beskrivs kategorin kortfattat utifrån ett generellt perspektiv som går utanför fjärrvärme och därefter fokuseras beskrivningen på fjärrvärme frågor. Kompetens och systemtänkande beskriver typiskt de bredare perspektiven och hållbarhetsfrågor som att bostadsrättsföreningar som drivs av lekmän ofta inte har tillräckliga kunskaper och insikter kring hållbarhetsperspektiv när de väljer olika lösningar som ventilation och uppvärmningssystem. Tidsperspektiv som respondenterna nämner och som citeras handlar om hur långt framåt eller bakåt man tänker kring utvecklingen inom samhälle såväl som byggbransch och projekt. En del respondenter reflekterar bakåt kring utvecklingen de senaste 20-30 åren, antingen i termer av hur lite som hänt men också kring den energieffektivisering som faktiskt ägt rum. Framåt i tiden finns angivna tidsramar kring miljöprogram som varar i 7 år, byggprojekt som varar 12 år från planering till färdigbyggnad, klimatmål som är formulerade mot 2030 och 2050, anläggningar med avskrivningstid på 25 år, kommuners översiktsprogram som sträcker sig 40 år framåt och visionsarbeten mot 50 år, avskrivningar för komponenter som rör och

värmväxlare som ligger på tiotals år och för hus som är tänkta att stå i 50-100 år, fjärrvärmerör som ska hålla i 50-100 år.

Inom området fjärrvärme så beskriver koden *kompetens generellt* hur flera respondenter menar att kunskapen kan vara otillräcklig hos olika aktörer som husägare som är slutkunder, kommuner som sätter upp strategier för energiförsörjning.

*”De flesta kunder vet inte om deras hus är ett högt tempererat eller lågt tempererat distributionssystem, alltså vad distributionssystemet är anpassat efter.”*

*”För oss, på ett idéplan är det enkelt att göra det här, vi kan räkna på det, vi kan hitta rätt leverantörer, vi kan till och med sätta pris på alltihopa. Vi kan räkna på både pris, koldioxid och energi och allt möjligt annat också för den delen. Så vad är problemet egentligen? Uppenbarligen så gör vi inte just allt det här idag, och vad beror det på? Och jag skulle vilja säga att det kräver investeringar på en högre nivå än vad vi i näringslivet befinner oss på. Och kommunerna är för låsta i sina positioner, låsta av gamla, etablerade sätt att tänka. Gamla infrastrukturproblem också, att man vill fortsätta med inslagen väg. Man har investerat i ett jättedyrt kraftvärmeverk som man älskar. Man älskar den planerbarheten man får på köpet, som är enkel för dem, behöver inte ha till något extra utan det är bara att köra igång precis när man vill, enligt sina gamla givna ramar. Så de är inte beredda att ta hela det här steget. Vi har kunnat göra det i min fiktiva stadsdel därför att vi börjar på ett blankt papper. Det har inte kommunen, de har inget blankt papper, de har en hel stad [skratt] med befintlig verksamhet och befintliga fastigheter. Men även befintliga infrastruktur. Så tja, vad ska jag säga, vems fel är det? Det kommer att kräva väldigt mycket mer tid att ändra det som är befintligt än att ändra det som är nytt. Det är väl slutsatsen.”*

Vid några intervjuer har framkommit att det ibland finns en bristande kompetens vid beslutsfattande i bolagens styrelser. Det har då resulterat i negativa beslut kring investeringar och ibland lite väl positiva beslut utan grund i kunskap om vad som faktiskt är möjligt. Dessa beslut har då uppfattats som hinder för verksamhetens utveckling. Här förespråkar dock respondenterna dialog, samverkan och lärande vilket är positivt och ska ses som möjligheter att ta vara på.

*”Vi var uppe i processledningsgruppen i XX stad. Där sitter det ett gäng direktörer och högre tjänstemän. Och då frågade vi just hur många vet vad kraftvärme var. Och det var inte jättemånga som specifikt kunde berätta vad det är. Och då sitter ändå beslutsfattare på rätt hög nivå och ska tycka. Och då sa vi det att ”Här behöver vi lära”. ”*

Ett stort och väntat hinder för investering och utveckling av ny teknik är att det kräver kunskap och kompetens hos exempelvis slutkunder och kommuner om hur fjärrvärme fungerar samt att värdera för- och nackdelar om nya lösningar såväl som befintliga.

*”Att ha kontinuerlig dialog kring kraftvärme generellt, tror jag är super, superviktigt. För vi har ibland lite osexiga produkter och alla tar oss för givet, det ska funka med el, vatten, fjärrvärme, fiber, och dessutom så gräver vi ner alla våra ledningar så ingen ser dem så att det blir ännu bättre. Och ingen förstår det här ... ”*

Kompetens behövs i högsta grad även hos de som utför arbetet, vilket följande citat illustrerar.

*”Varför hjälper inte energibolagen till med den gröna kalkyleringen? För [företag], de vill ha hjälp med det där. Och de frågar efter den men de får den inte. Vad blir det för bättre om vi kör en lägre returtemperatur och så ställer man frågan och så får de inget svar. De måste förstå och man måste bli bättre på att påverka och lobba för det man håller på med. Det räcker inte att man har professorer och doktorer och tekniker som förstår det här, om inte byggarna och de som faktiskt ska ... De måste också förstå det.”*

Ett fjärrvärmesystem är ett komplext system med många samverkande delar och koden *systemtänkande* fokuserar på just systemaspekten i förståelsen som krävs för att helheten ska fungera så bra som möjligt snarare än att man optimerar vissa delar. Det handlar om fjärrvärmesystemet som sådant med värmekällor, ledningsnät och värmeväxlare, men också om att sätta fjärrvärmen i ett större sammanhang av byggregler, ekonomiska styrmedel och hållbarhetsfrågor.

*”Som enskild husägare har man inte hela det här systemperspektivet bakom och se kanske nyttan som fjärrvärme gör, och just att det är viktigt att man får en god täckning och så där i ett fjärrvärmenät. Så att jag tror att det är just, husägare kanske inte ... har inte riktigt det här livs... vad ska man säga, livscykelkostnadsperspektivet med sig i ryggen heller. Så att jag tror att det ... för en professionell fastighetsägare så tror jag att tröskeln just är mindre därför att de ser att ja, men vad kostar det att få driftpersonal som behöver få ta hand om, om vi äger ett eget värmesystem, vad kommer hända? När kommer vi behöva byta ut värmesystemet? Hur länge håller fjärrvärmecentralen kontra värmepumpen? Alltså de har mer en helhetsbild, vilket gör att de ... Jag tror att tröskeln är mindre att välja den här typen utav lösningarna.”*

*”...just i fallet med just [företag] skulle jag säga att det här lite mer ... de tittar inte bara på hållbarhet bara inom fastighetens ramar, det beror lite på vad man sätter systemgränsen eftersom att [företaget] ändå är ett kommunalägt bolag. De har ett kommunalägt energibolag, de har utveckling i [kommunen] där det kommer att finnas väldigt stora mängder spillvärme, tack vare just att de här forskningsanläggningarna byggs ut. [...] så tror jag att det kan finnas lite av ett samhällsansvar i att ta in hela på något sätt, alltså systemperspektivet också, att man behöver anpassa sig till det och just att det ... inte minst just eftersom detta är en av de första fastigheterna som byggs på området, så kommer det att ge väldigt värdefullt lärande, som vet hur man ska agera i byggnad framåt också. Och sen för andra, vissa andra fastighetsägare, så kan det handla om givetvis, att få positiv uppmärksamhet. Ibland kan det säkert styras av vad man kan få eventuellt någon form av bidrag för, om det är något särskilt som man vill utveckla och om det är något man faktiskt kan söka pengar för att utveckla så kan det säkert spela in. Men det ... generellt för de allra flesta, en avvägning mellan ekonomi, drift och hållbarhet.”*

Citatet närmast ovan beskriver en kommun där bostadsföretag, energiföretag och kommun kan samverka, vill ligga i framkant och har resurser att experimentera med nya lösningar. En annan aspekt som vi räknar in som kompetens är *tidsperspektiv* som är en naturlig konsekvens av att investeringar i fjärrvärme kräver långsiktiga perspektiv. Längre tidsperspektiv handlar inte bara om förmåga



men är också en konsekvens av att se osäkerheter och oförutsedda förändringar i omständigheter som förändringar i lagar, styrmedel, teknisk utveckling, resurstillgång eller efterfrågan som beskrivits tidigare.

*”När det gäller investeringar så tänker jag inte längre än max tio år. Det är ingen idé att göra en ny kalkyl på 20 år, den håller aldrig. [...] Det står på vindkraftverket, efter sex år så var vi av med tre miljoner i längdkalkylen. [...] Och efter ytterligare två, tre år så tappade vi två miljoner till i den kalkylen. Och så är det på mycket. Förutsättningarna ändras och det man trodde då ... Vi trodde att elpriset skulle öka med 50 % och det halverades i stället och sånt här så att det är jättesvårt...”*

Citatet ovan illustrerar svårighet att planera och göra långsiktiga investeringar när elpriser och ekonomiska styrmedel som bidrag ändras med kortare intervall.

*”Alltså, en välbyggd ny villa, det är ingenting. Det är till och med så att stora flerfamiljshus börjar bli tveksamma, utan det handlar om att fjärrvärmens har nog sett sina bästa dagar och det är de befintliga husen som kommer stå där i 100 år till som är intressanta. Nya hus kanske är producenter snarare än konsumenter.”*

*”Och jag håller med er om att bygger jag nytt hade jag byggt på ett annat sätt. Men när jag sitter med en enorm investering som har gjorts i några generationer, det är ganska mycket pengar, så är det ju ... Man sitter fast i gammal teknik, kan man säga.”*

Resonemang kring tidsperspektiv i anslutning till fjärrvärme handlar förutom de stora perspektiven om specifika aspekter kring byggprojektet Ranagård som är den fallstudie vi utgår från.

*”Och då gick vi över våra ramavtalsgränser så vi fick gå ut med en offentlig upphandling av det. [...] Så att vi blev sex månader förskjutna på den upphandlingen. [...] Så ... och det är många anledningar, inte bara den upphandlingen, den entreprenaden, utan det är många andra saker som har skjutit på det. Och det gjorde också att vi hamnade mitt i att det var som mest tjäle på området, så hela byggnationen på hela Ranagård har pausats i två månader och bara stått helt still nästan.”*

Tidsaspekten beskriver i första hand den långsiktighet som är nödvändig i byggbranschen såväl som i teknikskiften som kräver decennier i hänsyn och de svårigheter som finns i termer av en föränderlig värld och dels i vilja och förmåga att tänka så långt framåt.

### **Diskussion kring resultat från intervjuer och jämförelse med tidigare forskning**

Utifrån de olika perspektiven hittar vi stöd för att skiften kan och behöver äga rum i samtliga kvadranter och det är enklast att hitta beskrivningar av hinder. Förstås handlar det om materiella förutsättningar i termer av befintliga och framtida värmekällor, tekniska begränsningar i systemen och naturvetenskapliga i hur värme sprids mellan lägenheter vilket försvårar lägenhetsvis debitering av värme. Från detta perspektiv kan vi också se en tröghet i de tekniska systemen som är tänkta att fungera över många decennier.

Ur ett strukturellt perspektiv tar sig denna tröghet ekonomiska uttryck i stora investeringar som kräver lång tid att räkna hem. Till detta kan vi lägga till



bidragssystem som man inte kan räkna med på längre sikt, eller som ibland anges vara rent motverkande sitt syfte.

Det kulturella perspektivet beskriver dels kulturella skillnader som gör att vissa europeiska lösningar inte anses gångbara i svenska förhållanden. Vad gäller organisationskultur finns även här exempel på tröghet mot att ta till sig nya lösningar. Å andra sidan finns exempel på organisationer med en mer tillåtande och experimenterande kultur, vilket gäller såväl små aktörer som har korta beslutsvägar eller stora som kan samverka med andra aktörer med samma ägare för att kunna ligga långt fram i utvecklingen. Vid samverkan och när förändringar initieras anges vikten av interpersonell kommunikation och att knyta kontakter med och övertyga olika nyckelpersoner eller förändringsagenter för att tala med Rogers (2003) om nya möjligheter och lösningar snarare än att försöka ändra hela systemet på en gång.

Det psykologiska beskriver hur individer tänker och förstår sin omvärld och fjärrvärme frågor. De långa omställningstiderna med dess dyra investeringar och oförutsägbara omvärldsförändringar i termer av bidragssystem, elpriser och annan teknisk utveckling ställer höga krav på individerna som tar beslut, både i termer av sakkunskap, systemförståelse och en förmåga att tänka och planera långsiktigt.

Ett syfte med att använda de fyra kvadranterna är att belysa skiftet ur ett helhetsperspektiv snarare än att försöka identifiera någon enskild förändringsmekanism. När flera aspekter och faktorer krävs för att åstadkomma en förändring uppstår lätt ”moment-22”, exempelvis att nya lösningar kräver nya komponenter som ännu saknar efterfrågan och därmed inte tillverkas. Eller att nya lösningar behöver konkurrera med befintliga lösningar på tidigare ekonomiska villkor eller enligt tidigare lagstiftningar och ekonomiska styrsystem.

Hur ser vi då att intervjuerna besvarar projektets frågeställningar om möjligheter och hinder för teknikförändringen och vad ser vi för sätt att adressera dem?

Bristande eller obefintlig kommunikation är ett av de hinder som framkommit under intervjuerna och via exempel visat på andra större projekt som inte alls kunnat genomföras. Vikten av kommunikation har också framhållits som avgörande i projekt med positiv utgång då kommunikationen fungerat i alla led. En nyckel kan här vara kontinuitet i kommunikationen. Koden kommunikation har därför sorterats in under kategorin kompetens i analysen eftersom där även ingår en viss grad av social kompetens för en fungerande kommunikation. De viktigaste kanalerna för kommunikation i de lyckade projekten utifrån intervjumaterialet är de interpersonella vilket överensstämmer väl med Rogers teori (2003).

Organisatoriskt är kommunikation ett nyckelord. Det märks speciellt i projekt med många ingående parter där såväl strukturella som kontextuella skillnader ska överbryggas för att bygga upp ömsesidiga förtroenden. Detta tar tid. En tid som det sällan finns tillgång till i organisationer styrda av begränsad eller hårt styrd ekonomi och tidspress d.v.s. de företag som fastnat i det Utterback (1994) beskriver som tredje fasen där produktinnovation stagnerar. Detta sammanhang kan vara en möjlig orsak till att många, enligt intervjuerna, oftast ”gör som de alltid har gjort”. Det finns dock goda exempel i det empiriska materialet på fungerande samverkan mellan olika aktörer som kommunala organ.

Svårigheter när innovationer ska implementeras handlar även de i ganska hög grad om kommunikation. Det som ska informeras om och kommuniceras är dels den generella innovativa tekniska lösningen och dess positiva konsekvenser för utvecklingen av fjärrvärmens vid implementering. Dels det specifika goda exemplet vilket kan utgöra de fakta eller det smörjmedel som behövs för den faktiska implementeringen då flera parter/organisationer ska involveras i efterföljande projekt. Nästa del är marknadsföringen ut till kund (Utterback, 1994). Där har fjärrvärmebranschen stora möjligheter och kan lära från andra branscher.

Kompetensutveckling är ett nyckelord för att möta de kunskapsbrister som framkommit i denna del av forskningsprojektet. För att se det i ett helhetsperspektiv så behöver fjärrvärmebolagens styrelser ofta mer dokumenterad information avseende dels tekniska, dels branschspecifika faktorer enligt respondenterna. Projektörer och utförare i sin tur behöver mer lösningsorienterad kompetensutveckling. En strukturerad och genomtänkt databas med goda exempel och pilotprojekt, förutom nyckeltal och bench-marking, skulle kunna utgöra grundmaterial för en möjlig kompetensutveckling. Det skulle gynna såväl de mindre bolagen som de större och kunna öka hastigheten för implementering av ny teknik. Ett sådant initiativ sorterar under variabeln upplevda innovationers attribut enligt Rogers (2003). En viktig del som kommit fram i helheten är att säkerställa beställarkompetensen, att företagen har korrekt kompetens att handla upp värmelösningar utifrån såväl hållbarhetsaspekten som kvaliteten.

### **Diskussion kring organisation**

De något större bolagen testar olika lösningar och organisationen har separata avdelningar för produktinnovation och affärsmodeller. De har med andra ord landat i den tredje fasen enligt Utterbacks teori (1994) för graden av innovation inom företag. De mindre resursstarka bolagen/avdelningarna är mindre benägna att testa nya lösningar och ny teknik då de innebär ett visst mått av risktagande. Ny informations- och kommunikationsteknologi för mätning av energi har dock införts i alla bolag för snabb lokalisering av fel i systemen och för debitering till kund. Alla bolag har också någon typ av policy och/eller handlingsplan för hållbarhet och för att uppnå en fossilfri framtid i enlighet med de nationella miljömålen och de globala målen i Agenda 2030. I intervjuerna framkommer att de olika företagen inom fjärrvärmebranschen gärna samverkar kring erfarenhetsutbyte vilket uppfattas som positivt. En möjlig orsak till detta kan vara verksamheternas bundenhet till specifika geografiska områden varför en låg grad av konkurrens förekommer mellan företagen. Svar som framkommit tyder på att man också gärna ser att någon provat och utvärderat ett möjligt alternativ i ett pilotprojekt innan man tar risken att göra en helt ny typ av investering. Detta medför mycket försiktiga och inerta processer när alternativa investeringar studeras och jämförs noga.

Alla respondenter med få undantag är övertygade om att vi kommer att ha mer fjärrvärme i framtiden och att distribution med låga temperaturer och tre rör kan bli en av de bra och hållbara lösningarna. Intervjuerna indikerar även en övertygelse om att denna framtida fjärrvärme kommer att baseras på en rad olika värmekällor som spillvärme, solvärme, vätgas och andra värmekällor som vi ännu

inte känner till. Vatten kan alltid värmas på olika sätt och därför kan det aldrig bli en inlåsning i beroende av en enda värmekälla vid användande av flexibla fjärrvärmenät.

Det är vanligt att representanter för själva verksamheten även ingår i de kommunala bolagens styrelser. Beroendet av den kommunala politiken kan få både positiva och negativa konsekvenser på organisationsnivå. Själva utförandet för att följa beslutade riktlinjer/inriktning överlämnas dock åt verksamhetsledningen. Det finns en indikation på att de flesta verksamheter har en fast men ändå relativt horisontell organisation där självständiga investeringsbeslut på kollegial nivå kan tas inom olika avdelningar (Rogers, 2003).

Frågor kring beslutsfattandet på olika nivåer i olika organisationer och företag har varit av betydelse för identifiering av hinder och möjligheter för implementering av tekniska innovationer. Här hänger det ihop med innovationens dynamik som den beskrivs av Utterback (1994) samt Rogers variabler (2003) och som redovisats under föregående rubrik.

Några av de större energibolagen använder låga temperaturer i sina fjärrvärmesystem men inte med tre rör. De visar dock ett intresse för denna nya lösning och väntar på den första tekniska rapporten om implementeringen i projekt Ranagård.

### **Planeringsprocessen i Ranagårdsprojektet**

Det kommunala bolaget HEM har en policy där mål för hållbarhet och användande av ny teknik ingår. Den första pilotstudien, LowTEMP-projektet, visade på rimlig investeringsnivå och avkastning. Kombinationen av 4GDH och nära-noll-energi byggnader var en möjlig, teoretiskt logisk och väl anpassad lösning som bidrag till ett hållbart samhälle som skulle visas i projekt Ranagård. Den första uppgiften var att planera enheten för shuntning av fjärrvärmen med hög temperatur till Ranagårds distributionsnät för låg temperatur i Område 1. Därefter tog ett tidsödande arbete vid med flera konsulter involverade för utformning av tre-rör systemet. Det krävde en del innovativt tänkande. Som en försiktighetsåtgärd beslutade HEM att använda stål istället för plast i ledningarna för att kunna leverera hög temperatur om det skulle behövas i en nödsituation. Stål kräver svetsning och i praktiken blev det svårt att svetsa tre tätt liggande rör i ett isolerat hölje. Den innovativa lösningen blev att förlägga det tredje röret enskilt. Fjärrvärmeväxlarna till lägenheterna krävde mer arbete. De som fanns på marknaden kunde inte möta funktionskraven. Alternativet var en speciallösning där en enhet med befintlig konstruktion skulle kunna rekonstrueras. Lagen om offentlig upphandling SFS 2016:1145 måste följas vilket var tidsödande. Förfrågningsunderlag för den speciallösning som efterfrågades lämnades till flera olika leverantörer. En existerande fjärrvärmeväxlare från ett nära liggande företag kunde ändras för det specifika ändamålet. Shuntningen och tre-rör systemet kunde levereras av flera företag.

Det optimala energinyttjandet för 4GDH med låg temperatur och tre rör är enskilda små värmväxlare för varje lägenhet (Averfalk & Werner 2018). Det skulle i tillägg möjliggöra individuell mätning och debitering av kundens värme och varmvattenanvändning. Detta är i sin tur ett effektivt sätt att informera och

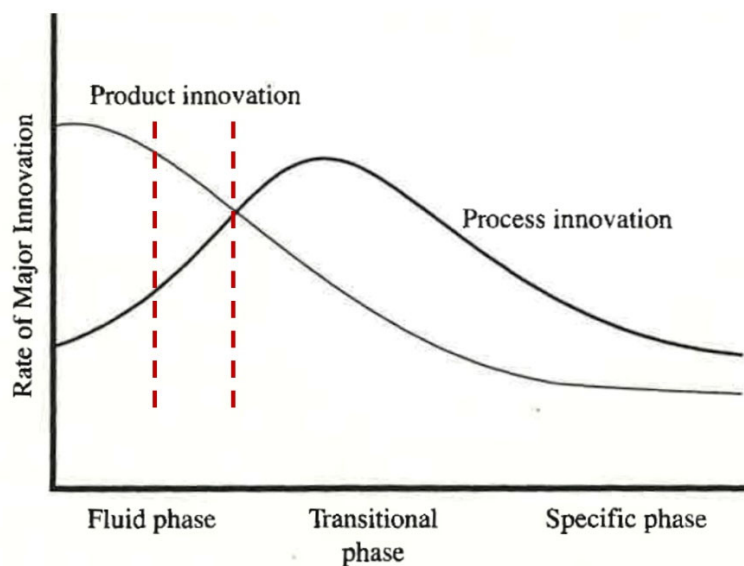
visa för att göra kunden medveten om sin energianvändning. Vid diskussion med fastighetsbolag framkom frågor som ändrad storlek på schakt för ledningar och därmed minskad uthyrbar yta alternativt ett separat schakt för fjärrvärmedistribution. Vem skulle äga schaktet och ledningarna och vem skulle ta kostnaden för försäkringar? Separat mätning och debitering av värme och varmvatten i flerbostadshus är ovanligt för svenska hyresgäster. Traditionellt ingår detta i hyran och kostnaderna delas lika mellan hyresgästerna. Separata fjärrvärmeväxlare innebär också en högre kostnad för exploitören, eller för hyresgästen. I diskussionen framkom att det inte skulle vara rättvist att låta hyresgästen svara för kostnaden. Småhus- och villaägare däremot har normalt separata växlare med mätare och separat debitering. I dessa fall skulle optimal effektivitet kunna uppnås i område 1 där 4GDH med låg temperatur och tre rör implementeras. Alla dessa olika delar i processen fördröjde projektet rejält trots att servicebyggnaden med shuntstationen redan år 2020 var på plats. HEM hade väntat sig högre kostnader för test av den nya innovativa tekniken och de förväntade höga kostnaderna blev ännu högre tack vare unika lösningar.

Det finns inga juridiska hinder för lågtemperatursystem med tre rör och med tiden när det här fjärrvärmesystemet har blivit mer vanligt och med större serier i producerade enheter för växling samt mer praktisk hantering av svetsfogning, om stål då fortfarande är nödvändigt, helt enkelt när teknik och praktik är mer anpassad kommer också kostnaderna att minska. De steg i processen som krävt mest av projektledarna har varit design av praktiska lösningar och att finna leverantörer. Detta var å andra sidan väntat då det är ett unikt innovativt system som inte blivit testat tidigare. Samtidigt handlar det om att navigera inom ramen för existerande teknik för att erhålla de fördelar som 4GDH, med låg temperatur och tre rör, äger. Vidare så har diskussionerna om praktiska problem med installation av separata fjärrvärmeväxlare tagit mycket tid i anspråk.

Slutsatsen är att planeringsprocesser vars unika karaktär liknar projekt Ranagårds kan fördröja ett projekt många månader och år.

Om vi ser på Ranagårdsprojektet som ett organiserat företag, och inte enbart som ett projekt inom företaget, och försöker placera in processen i Utterbacks figur så är det förväntade utfallet vid den högra röda markeringen i diagrammet nedan.

Avvikelse i utförandet har tvingat fram en förändring av den initiala produktplanen och en ny lösning har arbetats fram. Den vänstra röda markeringen visar en ungefärlig uppskattning av utfallet vid nuläget årsskiftet 2021-2022.



**Figur 12** Det förväntade utfallet för produktplan och planeringsprocess i Ranagårdsprojektet vid markeringen till höger samt en försiktig uppskattning av utfallet vid nuläget 2021-2022 vid markeringen till vänster i Utterbacks (1994) diagram. Företaget fjärrvärme med tre rör och lågtemperatur är i uppstartsfas.

### Slutsats – Identifierade hinder

De starkaste hindren som framkommit är dels brist på kompetens men i vissa fall även en viss brist på möjlig ekonomi för investeringar. Juridiska regelverk samt subventioner som ska fungera som drivkraft för utveckling och implementering av förnybar energi och teknisk effektivitet kan ha motverkande effekt. Vidare så kan den nödvändiga långsiktiga, strategiska planeringen i vissa fall på grund av asymmetriska styrmedel få vika för ekonomisk kortsiktig taktik. Denna uppräknade hinder kan uppfattas som en rad enskilda, av varandra oberoende, hinder men bilden är mer komplex än så. Ny teknik måste kunna ge relativa fördelar. Kompatibiliteten måste vara tydlig då innovationer kan upplevas som komplexa och kräva observerbara tester med positivt utfall. Vidare framgår av flera intervjuer att det måste finnas en bred uppslutning inom en organisation för att ett projekt ska kunna bli framgångsrikt.

Hur fungerar då utvecklingen av fjärrvärme? De viktiga besluten för utveckling tas av huvudaktörerna som är flera. Först fjärrvärmeföretagen som planerar, projekterar, investerar och bygger ut fjärrvärmen. Dessa är vanligen kommunalt ägda och även via politiker i styrelserna kommunalt styrda ur strategisk synpunkt. Dessa fakta gäller även för de kommunalt ägda bostadsbolagen. De kommunala planerings- och exploateringsorganen är vidare starka huvudaktörer i kommunernas utbyggnadsplaner för boende och handel samt för fjärrvärmeutbyggnad. Alla dessa huvudaktörer har regelverk att följa, utformade av huvudaktörer på högre nivåer, av såväl den lagstiftande församlingen som av olika myndigheter. Brister kompetensen hos någon av dessa huvudaktörer ger det återverkningar på de övriga huvudaktörerna och därmed i förlängningen också på brukarna. Det viktiga ur fjärrvärmebolagens perspektiv är att kunna delta och påverka redan i de kommunala planeringsprocesserna och kunna påverka markanvisningarnas utformning.

### **Slutsats – Identifierade möjligheter och acceptans**

Det har även framkommit en rad möjligheter under intervjuerna. Dessa möjligheter kännetecknas huvudsakligen av drivande krafter så kallade förändringsagenter (Rogers, 2003) med framsyn inom konsultföretag, större fjärrvärmebolag, större bostadsbolag, kommunala styrelser som tar beslut, tillverkande företag och branschorganisationer. Ofta resulterar initiativen i framgångsrika projekt som påskyndar implementeringen av innovationer men utvecklingen är inkrementell.

Hur fungerar då utvecklingen av kompetens? Initiativen uppkommer på interpersonell nivå. Dessa agenter som skapar förändring finns inom alla företag. De uppfattas ofta som nyckelpersoner och opinionsbildare som kan vara avgörande för om innovativa projekt får möjlighet att genomföras. Handlar det om personer i högre befattningar är ofta etiska aspekter och hållbarhetsperspektiv drivande på grund av åtaganden de förbundet sig till. På mer vardaglig nivå handlar det om förändringsagenter med drivkraft att föra såväl arbete som kollegor framåt mot utveckling och kompetenshöjning.

Flera innovativa förslag har kommit fram vid intervjuerna som till exempel att diversifiera utbudet av produkter och installationer till kund för att lägga det ekonomiska beslutet hos kunden. Vidare att engagera kunden genom digitalisering med kund-appar för information, viss styrning och kontroll. Diversifiering är effektivt för utveckling av nya produkter och ny teknik så länge den inte drivs för långt bort från kärnprodukten/kärnkompetensen enligt Meyer och Utterback (1992). Förslag till ett nationellt initiativ har lagts vid intervjuerna.

### **Slutord**

Det finns olika typer av information och den generella och allmänt hållna informationen resulterar av erfarenhet sällan i aktivt agerande. Det betyder dock inte att det inte kan skapa nyfikenhet, medvetenhet och höjd kunskapsnivå. Den specifika informationen riktad till särskild målgrupp resulterar vanligen i registrerbart agerande i högre eller lägre grad beroende på informationskällans eller förändringsagentens trovärdighet och informationens utformning. En databas baserad på branschens egna erfarenheter som ett bottom-up perspektiv skulle kunna möta trovärdighetskriteriet. Fakta om genomförda och goda exempel leder vanligen till någon eller några efterföljare vilket var vad projekt Ranagård skulle visa. Trots ett par avvikelser i utförandet från den ursprungliga planeringen beroende på bristande kommunikation samt motverkande statliga styrmedel har tre-rör-systemet implementerats i det aktuella området. De erfarenheter som erhållits kommer därför att vara värdefulla för planering och utförande av nästa projekt.



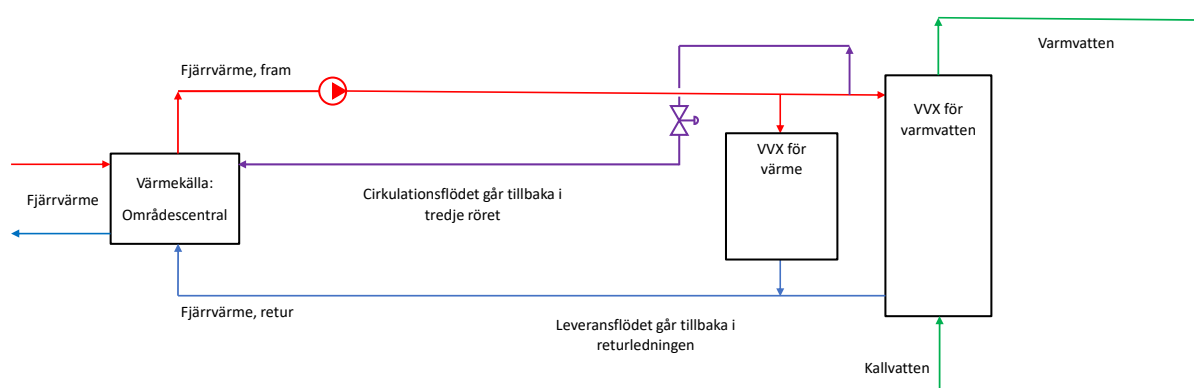
## 5 Kvalitetssäkring av genomförande i Ranagård – resultat, diskussion och slutsats

Det övergripande syftet med detta kapitel har varit att följa samspelet mellan produktinnovationen (modifierad klassisk konfiguration) och processinnovationen (implementeringen i Ranagård) enligt innovationsdynamiken i Figur 9 i kapitel 3. Detta syfte har uppnåtts genom en kvalitetssäkring, så att inga betydande funktionsfel skulle uppstå i den valda konfigurationen när Rangårdsnätet projekterades och installerades. Ett delsyfte har också varit att planera för en framtida mätning så att ett efterföljande mätprojekt kan genomföras för att fastställa de faktiska egenskaperna hos den valda modifierade klassiska konfigurationen.

I detta kapitel har således målen varit att säkerställa att

- inga betydande avvikelser från den föreslagna systemlösningen uppstår under projekteringen och installationen
- accepterade avvikelser inte har en betydande inverkan på de grundläggande egenskaperna hos den föreslagna systemlösningen
- valda komponenter stöder den föreslagna systemlösningen då lämpliga komponenter inte alltid är kommersiellt tillgängliga idag
- Ranagårdsnätet är förberett för en framtida mätning för validering av funktionen hos den modifierade klassiska konfigurationen.

Motiven för den valda systemlösningen har tidigare redovisats i avsnitt 1.3, medan forskningsprocessen fram till det färdiga förslaget återges kortfattat i avsnitt 2.2. Det installerade tre rörssystemet har presenterats i avsnitt 2.5. De tre ändringarna i den modifierade klassiska konfigurationen jämfört med den traditionella klassiska konfigurationen är att cirkulationsflödet separeras från leveransflödet med ett tredje rör, att varmvattencirkulation elimineras i flerbostadshus samt att längre värmeväxlare används i alla fjärrvärmeväxlare. Den föreslagna systemlösningen med en modifierad klassisk konfiguration återges i Figur 12.



**Figur 12. Den föreslagna konfigurationen avseende modifierad klassisk konfiguration för delområde 1 i Ranagård.**

Utmaningen för detta pilotprojekt är att pröva en helt ny konfiguration utan kommersiell tillgång till de modifierade komponenter som behövs för den nya modifierade klassiska konfigurationen. Det finns ju nästan ingen kommersiell tillgång till ledningar med tre rör och gemensam isolering, lägenhetscentraler eller prefabricerade fjärrvärmecentraler med termiskt längre värmeväxlare.

Aktiviteterna i kvalitetssäkringsarbetet har främst bestått av aktiva dialoger med HEM som fjärrvärmeleverantör och ägare av Ranagårdsnätet rörande dessa utmaningar. Helge Averfalk har även deltagit i vissa projektmöten hos HEM. Men dialoger har även genomförts med HEM:s konsulter (AFRY och Creacon) och med deras potentiella leverantörer (SWEP, Cetetherm, KE Therm) samt med vissa fastighetsägare i Ranagård (HFAB). I förlängningen har det handlat om att stödja läroprocessen om att lära sig driva fjärrvärmesystem med lägre temperaturer för samtliga inblandade aktörer.

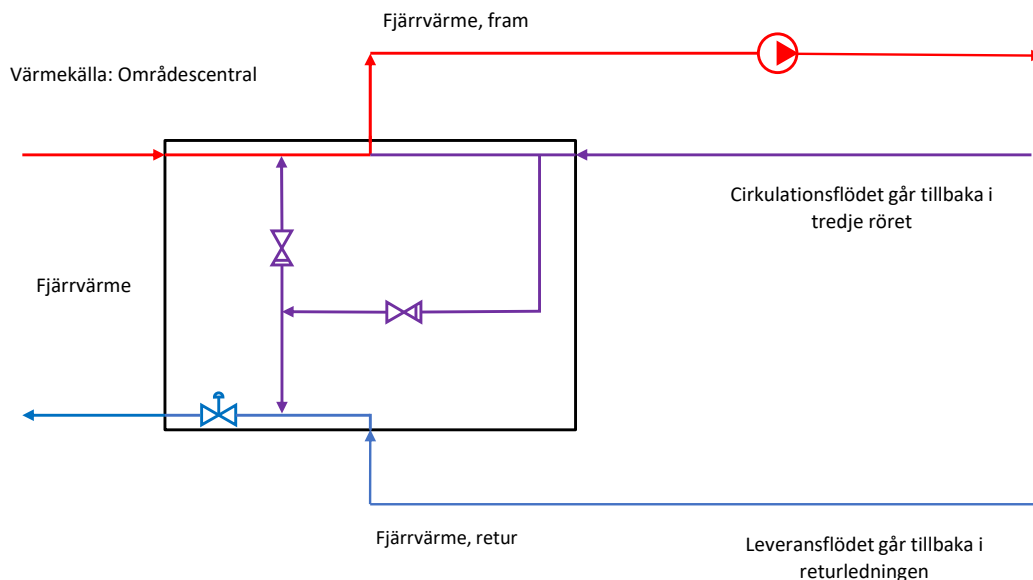
Ursprungligen fanns det ytterligare tre aktiviteter inplanerade i kvalitetssäkringen, men dessa har inte kunnat genomföras av olika anledningar.

- Inom ramen för ett EU-projekt var även ett tyskt fjärrvärmesystem i Hamburg planerat att använda samma systemlösning som har föreslagits för Ranagård. Intentionen var att jämföra erfarenheter från detta system med Ranagård. Men tyvärr kom detta planerade system ej till genomförande.
- Fullständiga motiveringar till alla komponentval kan inte redovisas, då installationen i Ranagård ännu inte är genomförd på grund av cirka ett års försening jämfört med ursprunglig tidplan.
- Dokumentation av alla installationskostnader kan inte genomföras, då installationen i Ranagård inte är avslutad.

### **Områdescentralen**

Gränssnittet mellan det ordinarie fjärrvärmenätet och Ranagårdsnätet benämns här som en områdescentral, baserat på allmänt accepterad internationell nomenklatur (Frederiksen & Werner, 2013) s. 352. Inom fjärrvärmeföretag förekommer dock även andra synonymer som undercentral, nedväxlingsstation eller mottagningsstation.

Syftet med områdescentralen är att sänka framtemperaturen från Halmstads fjärrvärmesystem samt att koppla samman de två inkommande rören med trerörssystemet i Ranagårdsnätet. Konfigurationen i områdescentralen valdes av en konsult till HEM och presenteras i Figur 13.



**Figur 13. Förenklad schematisk konfiguration för områdescentralen till det lågtempererade Ranagårdsnätet.**

Framtemperaturen i Ranagårdsnätet regleras genom en blandning av tre flöden: inkommande flöde från fjärrvärmenätet, cirkulationsflödet samt en del av leveransflödet. Regleringen sköts av en reglerventil i returledningen till fjärrvärmenätet som styrs mot börsvärdet för Ranagårdsnätets framledning. Genom vald konfiguration blandas cirkulationsflödet alltid in i första hand i denna blandning. Därefter tillförs en del av leveransflödet från returen för reduktion av inkommande framtemperatur från huvudnätet så att önskad framtemperatur i Ranagårdsnätet erhålls.

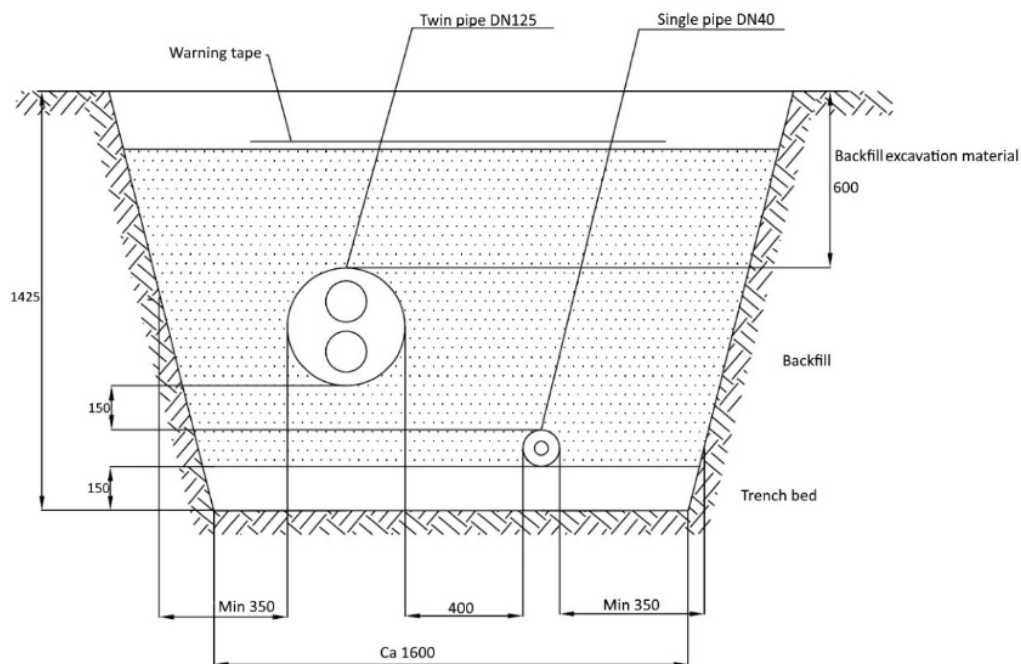
Genom den valda konfigurationen kommer returflödet till Halmstadsnätet nästan alltid att bestå av returflöde från Ranagårdsnätet med låg temperatur. Det är enbart när leveransflödet är nära noll (sommarnätter) som cirkulationsflöde med högre temperatur kommer att återföras till Halmstadsnätet.

En pump i framledningen driver både gemensamt leverans- och cirkulationsflödena i Ranagårdsnätet. Fördelningen mellan leverans- och cirkulationsflödena sköts av reglerventiler i de anslutna fjärrvärmecentralerna. Cirkulationsflödena styrs av börvärden för önskad minimal framtemperatur till varje fjärrvärmecentral. Cirkulationsflödena behövs främst under sommaren när uppvärmningsbehov inte förekommer, så under vintern bör dessa vara nära noll. Områdescentralens utrustning är lokalt projekterad och platsbyggd. Men numera säljer Grundfos färdiga moduler (iGRID) för detta ändamål med temperatursänkning, dock enbart för inkommande två rör och utgående två rör (Grundfos, 2020).

Slutsatsen blir att områdescentralen inte har någon avvikelse utan har en utformning som möjliggör användning av den modifierade klassiska konfigurationen inom Ranagård. Nyttan med en lägre temperaturnivå kan överföras till det överliggande nätet. Nätet kan både ta emot en lägre framtemperatur och leverera en lägre returtemperatur.

## Trerörslösningen

I den ursprungliga systemlösningen för trerörssystem är de tre rören förlagda i samma mantelrör. På så sätt blir skillnaden i värmeförlust marginell jämfört med kommersiellt tillgängliga twinrör. Då denna typ av rörprodukt ej finns kommersiellt tillgänglig, förekommer en avvikelse från systemlösningen, vilken innebär att det tredje röret är separatförlagd i kulvert enligt Figur 14. Med den implementerade lösningen bör värmeförlusterna bli något högre eftersom cirkulationsledningen ligger separat i marken. Denna förväntas också att ha en temperatur som är nära framledningstemperaturen. Det ses också att det tredje röret har mindre dimension detta för att cirkulationsflödet förväntas vara mindre än leveransflödet.



**Figur 14. Tvärsnittsbild för implementerat trerörssystem. Figur från HEM.**

I samband med att det tredje röret ligger separatförlagt ökar utrymmeskravet för diket, vilket medför ökad schakt och därmed kostnader. Det utökade utrymmeskravet har också varit en utmaning i samband med att området är tätt avseende bebyggelse och att det ska finnas plats för flera andra samhällstjänster i marken på området. Utöver avsaknaden av kommersiellt tillgängliga produkter, har det under projektets gång framförts av underleverantörer till HEM att svetsbarheten för tre rör i en mantel blir svår i de fall det blir aktuellt med anborring på ledning.

Valet av utformning har till viss del berott på att HEM önskat bygga in möjligheten att driva området under samma förutsättningar som det kringliggande fjärrvärmenätet. Materialvalet för rören är således stål. De tilltänkta temperaturnivåerna på området är sådana att plaströr skulle kunna användas. I sådant fall föreligger viss risk vid områdescentralen och denna skulle vid användning av plaströr med fördel kunna förstärkas med extra skyddsåtgärder. Förslag på sådana skyddsåtgärder ingår ej inom ramen för projektet. Det viktiga

att poängtera här att systemlösningen är oberoende av materialval avseende distributionsledningar.

Under projektets gång har det i dialog med HEM kommunicerats att alla varianter av möjliga flöden mellan framledning och returledning inte ska förekomma i annat fall än att det cirkuleras i det tredje röret.

Slutsatsen blir att ett tredje distributionsrör för cirkulationsflödet har installerats inom hela område 1 i Ranagård.

### **Fjärrvärmecentraler för småhus**

I kundgränssnittet för småhus eller andra typer av individuella leveranspunkter är det ovanligt att varmvattencirkulation förekommer. I dessa sammanhang föreligger således ej behov av att bygga bort varmvattencirkulation. Hårdvara (fjärrvärmecentral) för denna typ av leveranspunkt borde i teorin vara nära identisk med leveranspunkter på lägenhetsnivå. Där den största relativa skillnaden antas vara effektbehovet för uppvärmning, vilket bör vara betydligt lägre för lägenheter i ett flerbostadshus jämfört med fristående byggnadskroppar, villor.

För individuella leveranspunkter utan varmvattencirkulation stämmer den befintliga fjärrvärmecentralens utformning relativt väl med den enligt den ursprungliga systemlösningen. Skillnaden är att specifikationerna på värmeväxlarna, både för uppvärmning och tappvarmvatten behöver stärkas. Dessutom behöver metod för att separera cirkulationsflödet till tredje röret införas.

Avseende själva värmeväxlare avhandlas detaljerna ytterligare i avsnitt 0. Generellt sett får det sägas att det funnits utmaningar att övergå till värmeväxlare med längre termisk längd. Delvis har det i vissa fall ändrat ytterdimensionerna på värmeväxlarna så att utrymmet i dagens kompakta fjärrvärmecentraler varit begränsande. Delvis har längre termisk längd inneburit värmeväxlaralternativ med två stråk, vilket inneburit att inlopp och utlopp bytt plats, i förhållande till värmeväxlare med ett stråk, också med konsekvenser för utrymmet i fjärrvärmecentral. Värmeväxlare med längre termisk längd är inte lika efterfrågade på marknaden och är därmed inte tillgängliga i samma utsträckning som de mer sålda produktvarianterna. Denna sista punkt har haft inverkan speciellt avseende de svårigheter som rått för globala logistikkedjor under projektets gång.

Avseende funktion för att separera cirkulationsflöde till tredje röret för systemlösningen tillämpas separation i fjärrvärmecentralen via en ventil som med temperaturgivare styr mot ett börvärde på fjärrvärme tillopp i fjärrvärmecentralen, enligt HEMs anvisningar (Bölander, 2020).

Slutsatsen blir att det planerade gränssnittet för småhus överensstämmer helt med den principiella utformningen av den modifierade klassiska konfigurationen.

### **Fjärrvärmecentraler för flerbostadshus**

För fjärrvärmecentralen i ett flerbostadshus innebär den huvudsakliga förändringen att varmvattencirkulationen ska byggas bort, enligt den föreslagna systemlösningen, för att få bort varmhållning från sekundärsidan. Under projektets gång har det uppkommit invändningar mot denna del av

systemlösningen, dels accepteras inte lägenhetscentraler, dels finns önskemål om att installera värmepumpar i en del fastigheter.

Det finns olika invändningar mot att använda lägenhetscentraler, bland annat så finns tradition att jämnt fördela kostnaden för uppvärmning och tappvarmvatten på hyresgästerna månadskostnad. Vidare finns också svårigheten med att ändra befintliga tillvägagångssätt. Eftersom den sekundära varmhållningen ej kan byggas bort i dessa fall krävs en alternativ inkoppling, vilket ger en avvikelse från den föreslagna konfigurationen. Denna första alternativa konfiguration kallas första avvikelsen och framgår av Figur 15. I huvudsak adderas en värmeväxlare för varmvattencirkulationsflödet så att det ej avkylda flödet från varmvattencirkulation inte höjer leveransflödets returtemperatur.

Behovet av värmepumpar härrör från ett tillfälligt statligt stöd som premierar användning av värmepumpar fast det finns fjärrvärme installerat. För att nå upp till kriterierna för det statliga stödet behövs en kombinationslösning för värmetillförseln, vilket leder till den andra avvikelsen, som framgår av Figur 16.

Slutsatsen blir att den föreslagna konfigurationen måste ändras i två avseenden, då lägenhetscentraler inte accepteras av kunderna och kompletterande värmepumpar önskas i vissa byggnader. Dessa båda avvikelser från den ursprungliga systemlösningen diskuteras vidare i följande två avsnitt.

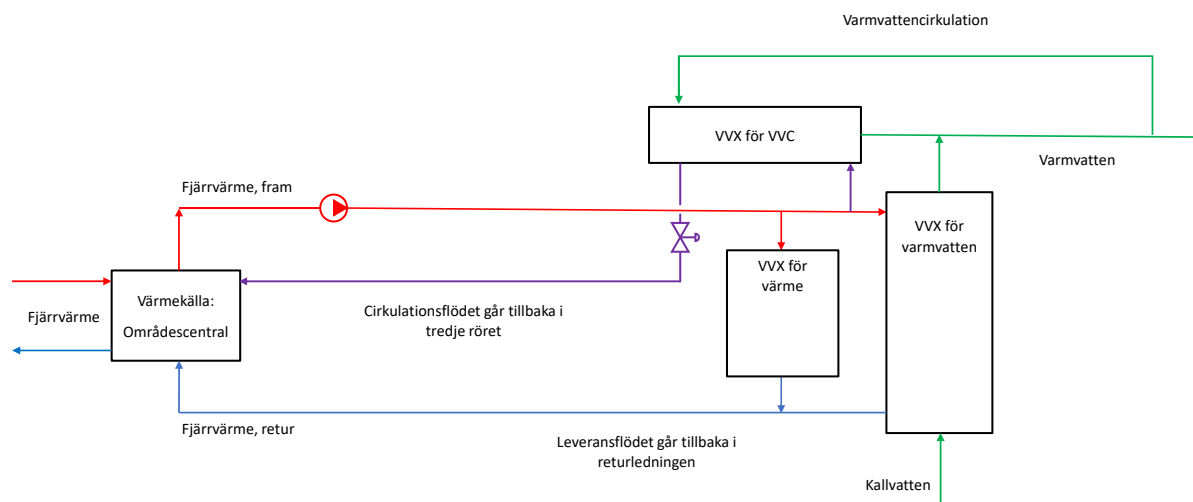
### **Fjärrvärmecentraler för flerbostadshus, första avvikelsen**

Eftersom traditionen med fjärrvärmelösning i flerbostadshus är att använda en fjärrvärmecentral i byggnaden för att sedan distribuera varmt vatten för uppvärmning och tappvarmvatten i sekundära ledningar inom byggnaden, så är även hela värdekedjan utformad för att göra på detta sätt. Det finns således inarbetade rutiner inom hela värdekedjan vilket gör processen smidig. Om ändringar ska införas finns risk för att arbetsintensiteten i processen ökar samt att risken för problem uppstår när obeprövade metoder ska testas. Detta kan innebära ökad arbetsbelastning samt ökade kostnader. Det är således förståeligt att argumentation mot förändring dyker upp, trots att tankar om förändring framförs i mycket tidigt stadium av processen.

Inom ramen för Ranagård kommer inte lägenhetscentraler användas enligt den föreslagna systemlösningen från (Averfalk & Werner, 2017b, 2018). Det innebär att varmvattencirkulationen kommer att finnas kvar och riskerar höja returtemperaturerna i systemet. För att hantera denna första avvikelse från systemlösningen införs en liten värmeväxlare i varje berörd fjärrvärmecentral. Denna värmeväxlare tillhandahåller varmhållningen av varmvattencirkulation och på så sätt säkerställs separationen av leverans- och cirkulationsflödena. Härigenom kan behovet av varmhållningen för varmvattencirkulationen även tillfredsställa varmhållningen av fjärrvärmecentralerna då inga reella värmebehov föreligger (till exempel sommarnätter).

Slutsatsen för den första avvikelsen för flerbostadshus blir att avsaknaden av lägenhetscentraler kan kompenseras genom att varmvattencirkulation sorteras ut med hjälp av en värmeväxlare för enbart varmhållning av varmvattencirkulationen.





**Figur 15. Alternativ konfiguration för kunder som ej önskar lägenhetscentraler i flerbostadshus (första avvikelser).**

### Fjärrvärmecentraler för flerbostadshus, andra avvikelser

Enligt BFS (2011:6) används en definition för energianvändning som hänvisas till byggnadens köpta energi. Det vill säga, energi från sol, vind, mark, luft eller vatten som alstras i byggnaden eller på dess tomt och som används för uppvärmning, komfortkyla, varmvatten eller fastighetsenergi inte räknas med i byggnadens energianvändning. Vidare tillämpas primärenergital för byggnader. Primärenergitalet tar hänsyn till en geografisk justeringsfaktor och inför justeringsfaktorer för olika typer av energibärare. För el används viktningsfaktorn 1,8 medan fjärrvärme har viktningsfaktorn 0,7. Detta ger indikation om att elektrisk energi har ett högre värde ur kvalitetssynpunkt. Viktningsfaktorerna för att bestämma primärenergitalet kan även användas för jämförelse mellan fjärrvärme och värmepumpsanläggning, enligt begreppet värmefaktor (eng. coefficient of performance, COP). Värmefaktorn anger hur mycket värme en anläggning avger i förhållande till den mängd elektrisk energi som tillförts, differensen däremellan utgörs av upptagen värme från omgivningen, d.v.s. icke köpt energi. Kvoten  $1,8/0,7$  ger således den säsongvärmefaktor som fordras för att de båda alternativen skall generera samma primärenergital, i detta fall cirka  $COP = 2,6$ .

Det råder här ett mindre frågetecken avseende viktningsfaktorn vid fjärrvärmertilämpningar. Om det råder värmeåtervinning i något samhälle, värme som inte har något annat användningsändamål och som skulle kylas bort till omgivningen om ingen möjlighet att flytta värme från källa till behov förelåg. Vore det inte rimligt att klassa denna typ av värme med lägre viktningsfaktor? En återvunnen restprodukt borde rimligtvis inte allokeras någon vikt avseende primärenergianvändning. Det finns en primärprocess dit vikten kan allokeras. Detta skulle givetvis bygga på individuella bedömningar för olika fjärrvärmeverksamheter vilket möjligtvis gör det icke-tillämpningsbart.

Sedan ett par år finns lagstiftning för att främja uppförandet av nya bostäder, i form av stöd för hyresbostäder och bostäder för studerande (SFS, 2016:880, 2016:881). Det förekommer ett antal kriterier för att stöd ska lämnas, ett av dessa

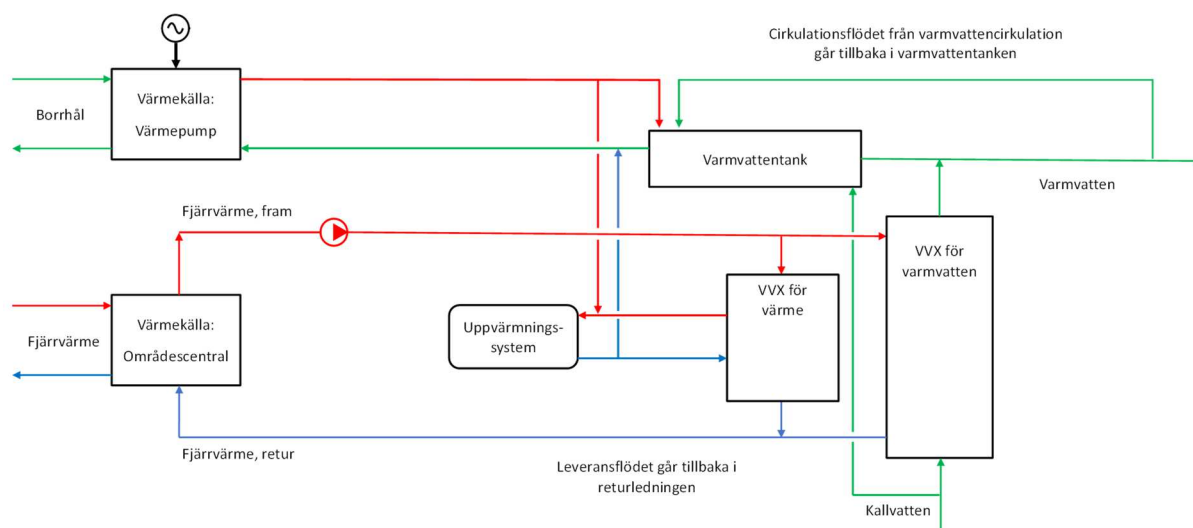
är 8§ punkt nummer 5, vilken anger kravet att: ”projektet bidrar till ett långsiktigt hållbart byggande genom att byggnaden har låg energianvändning, motsvarande högst 88 procent av vad som den 29 september 2016 följer av föreskrifter om byggnaders specifika energianvändning som Boverket har meddelat” (SFS, 2016:880). Stödets storlek spetsas därtill via 13§ ”Om ett byggnadsprojekt medför en energianvändning motsvarande högst 56 procent av vad som krävs för byggnaders specifika energianvändning den 29 september 2016, ska stödbeloppen enligt 11§ höjas med 75 procent.”, anmärk att belopp enligt 11§ ej omnämns (SFS, 2016:880). Skillnaden mellan (SFS, 2016:880) och (SFS, 2016:881) framgår vara att den förstnämnda är tidsbegränsad, då denna lagstiftning trädde i kraft 15 november 2016 och upphävdes i februari 2017. Medan den sistnämnda trädde i kraft den 23 juli 2019. Det föreligger andra skillnader mellan lagstiftningarna men de omnämns ej vidare här.

Med en värmepumpsanläggning där säsongsvärmefaktorn överstiger gränsvärdet (cirka 2,6) blir det enklare att uppnå målen om reducerad energiprestanda i form av primärenergital [ $\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  och år] för att erhålla stöd vid nybyggnation. Det stöd som finns enligt (SFS, 2016:880) och (SFS, 2016:881) kan således leda till nya byggnader med ökad komplexitet i värmeförselanläggningarna. Till exempel kombinationer av värmepump och fjärrvärme. Detta är möjligt då värmeförselanläggningen kan konfigureras så att värmefaktorn blir högre än 2,6 och att det därför blir enklare att nå upp till primärenergitalet för byggnaden och således enklare att erhålla stöd.

För fjärrvärmeverksamhet är det viktigt att kunna täcka kapitalkostnaderna från distribution genom att säkerställa att värmeleveransen per meter ledningslängd (linjetätheten) inte blir för låg. Arbetet med Heat Roadmap Europe (Connolly et al., 2014) påvisade att värmeåtervinning via fjärrvärmesystem fortfarande var ekonomiskt intressant även vid betydligt energieffektiviserade byggnadsbestånd. Det är oklart hur kapitalkostnaderna för fjärrvärmeverksamhet påverkas av värmeförselsinstallationer i byggnader i form av värmepumps- och fjärrvärmehybrider när de blir mer frekventa, avseende de områden som idag har tillräckligt hög värmtäthet för fjärrvärmeexpansion. Problematiken kan härledas till Boverkets metod för att bestämma specifik värmeanvändning i kombination med statligt stöd för att bygga nya hyresrätter. Konsekvensen i detta projekt resulterade i att det ej var möjligt att testa systemlösningen avseende lägenhetscentraler. Det går således att yrka på att kombinationen av policyverktyg i detta fall ej är teknikneutral. Ty, lösningen med parallellkopplad värmepump i kombination med fjärrvärme för att erhålla stöd vid nybyggnation ej fungerade med teknikgränssnittet lägenhetscentraler. Om den specifika energianvändningen (primärenergitalet) för en byggnad speglade det fysikaliska energibehovet i stället för att tillämpa metoden med köpt energi som används idag så hade denna problematik ej uppstått. Mer fokus skulle då kunna allokeras till kvalitet och utförande av byggnadens klimatskal oavsett hur värme tillförs.

I strävan om att nå låga primärenergital för att erhålla stöd finns det fastighetsägare som ska uppföra byggnader på Ranagård med en kombinationslösning där värmeförsel kommer från både fjärrvärme och värmepump. Hänsyn till detta är således beaktat i förhållande till systemlösningen enligt Figur 12. I detta fall är de båda värmeförselanläggningarna

parallellkopplade vilket medför liten inverkan på fjärrvärmens returtemperatur. Principen för detta visas i Figur 16 och hänvisas som avvikelse 2. Eftersom en varmvattentank körs mot värmepumpen och varmvattencirkulationen är inkopplad endast mot varmvattentanken behövs ej det tredje röret anslutas till denna fastighet (så länge som värmepumpen är i drift), ty den förhöjda returtemperaturen som erhålls från varmvattencirkulation isoleras med vattentank samt det förutsätts att byggnaden ej behöver varmhållas med fjärrvärmenätet utan denna varmhållning förväntas kunna levereras av värmepumpen under de tillfällen då cirkulation annars skulle föreligga.



**Figur 16. Alternativ konfiguration för flerbostadshus med integrerad värmepumpslösning (andra avvikelsen).**

Slutsatsen för den andra avvikelsen i flerbostadshus blir att värmepumpen får ansvara för varmvattencirkulationen genom att varmvattencirkulationen kopplas till värmepumpens lagringstank. Då kommer inte varmvattencirkulationen störa den modifierade klassiska konfigurationen med högre returtemperaturer. I samband med detta behöver tredje röret ej anslutas.

### Temperaturer och termiska längder i fjärrvärmecentraler

Syftet med en lång värmeväxlare är att kunna ha en låg framtemperatur samtidigt som man erhåller en låg returtemperatur. Tidigare har fokus varit mer på att enbart minska skillnaden mellan de två returtemperaturerna.

Efterfrågan på prestanda i fjärrvärmecentralens värmeväxlare anges idag via (Energiföretagen Sverige, 2021), där det går att utläsa temperaturspecifikationer för värmeväxlare för uppvärmning och tappvarmvatten i ett par olika sammanhang, dessa är grafiskt framställda enligt Figur 17 och numeriskt sammanställda i Tabell 5.

Värmeväxlarteori ger att värmeeffekten kan beräknas genom Ekv. (1), antingen genom kännedom om värmeväxlarens fysiska attribut eller med kännedom om massflöde samt mediets termiska egenskaper.

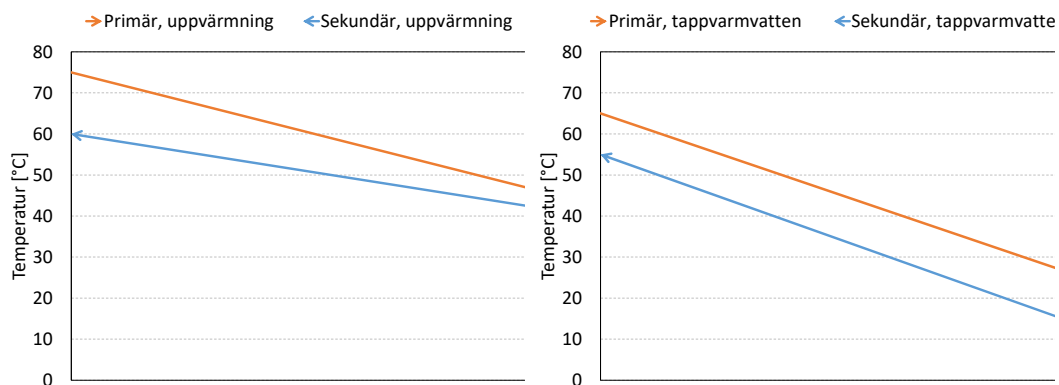
$$\dot{Q} = kA\Delta t_{LMTD} = (\dot{m}c_p)_{min} \Delta t_{max} \quad (1)$$

I ovanstående ekvation är  $\dot{Q}$  den överförda effekten,  $k$  är värmegenomgångskoefficienten,  $A$  är värmeöverförande yta,  $\Delta t_{LMTD}$  är den logaritmiska medeltemperaturdifferensen,  $\dot{m}$  är minsta massflödet genom värmeväxlaren,  $c_p$  är specifika värmekapaciteten för vatten och  $\Delta t_{max}$  är temperaturändringen för det minsta massflödet.

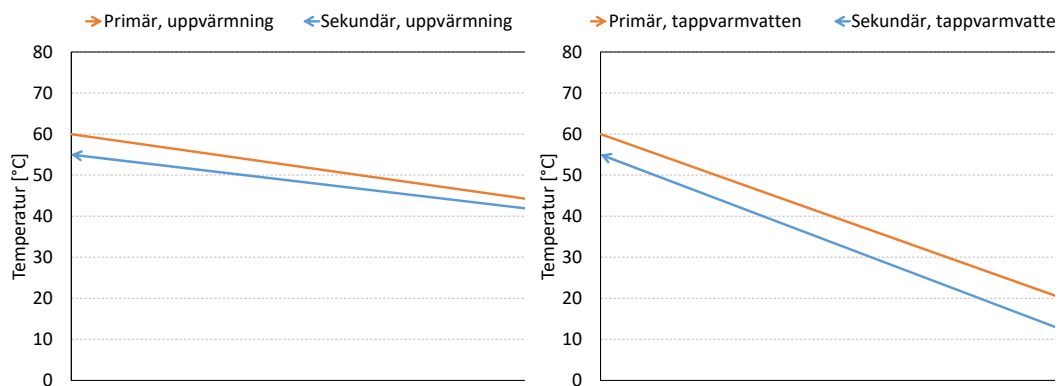
Uttrycket kan skrivas om enligt Ekv. (2), för att erhålla det dimensionslösa uttrycket för den termiska längden (Number of Thermal Units, NTU).

$$NTU = \frac{kA}{(\dot{m}c_p)_{min}} = \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{LMTD}} \quad (2)$$

Det framgår således att den termiska längden kan bestämmas enbart med de fyra temperaturerna som ges av värmeväxlaren (uttrycket till höger). Vid dimensionerande last för värmeväxlare erhålls således  $NTU = 4,1$  ( $\Delta t_{LMTD} = 11^\circ\text{C}$ ) för tappvarmvatten och  $NTU = 4,3$  ( $\Delta t_{LMTD} = 7,5^\circ\text{C}$ ) för uppvärmning, se Tabell 5 för nuvarande dimensioneringsförutsättningar i Sverige.



**Figur 17. Temperaturspecifikationer för värmeväxlare i fjärrvärmecentraler vid dimensionerande förutsättningar för lågtemperatursystem för klassisk konfiguration, enligt (Energiföretagen Sverige, 2021). Till vänster: uppvärmning, till höger: tappvarmvatten.**



**Figur 18. Skärpta temperaturspecifikationer för värmeväxlare i fjärrvärmecentraler vid dimensionerande förutsättningar, enligt förslag för modifierad klassisk konfiguration och önskemål för Ranagårdsnätet. Till vänster: uppvärmning, till höger: tappvarmvatten.**

Genom skärpta dimensioneringsförutsättningarna för värmeväxlare kan bättre prestanda uppnås. De skärpta dimensioneringsförutsättningarna är grafiskt framställda i Figur 18, det framgår att längre termisk längd motsvarar mindre logaritmiska medeltemperaturdifferenser. Det är således ett sätt att pressa ned temperaturnivåerna genom att anskaffa längre värmeväxlare.

Värden för informationen ur Figur 18 är dokumenterade i Tabell 6. Utöver ordinarie värmeväxlare (tappvarmvatten/uppvärmning) finns även avsedd temperaturprestanda för den värmeväxlare som tillhandahåller varmhållning av varmvattencirkulationen enligt första avvikelser, eftersom temperaturdifferensen för denna helst skall vara så liten som möjligt behövs endast en kort värmeväxlare för detta ändamål.

I samband med att lägenhetscentraler ej tillämpats har fjärrvärmecentraler i flerbostadshus kunnat anpassas till den önskade termiska längden, avseende tappvarmvatten. För villa och hus behövdes kompromiss, främst på grund av utrymmesskäl i fjärrvärmecentralen, skillnaden ses i Tabell 7. Anvisningarna innehöll dessvärre en otydlighet avseende temperaturspecifikationerna för val av värmeväxlare för tappvarmvatten. I stället för att ange temperaturen 55°C sekundärt utlopp så uppgavs lägsta temperaturen vid tappstället, 50°C. Den lägre temperaturen användes oavsiktligt vid dimensionering av värmeväxlare och på så sätt sänktes kraven för tappvarmvattenväxlare. Utfallet ses i Tabell 8. Ett tecken på att små detaljer kan få stora konsekvenser om de ej upptäcks i tid. Den i slutändan valda tappvarmvattenväxlaren resulterade i en primär returtemperatur på cirka 20°C så prestandan är något bättre än vad som anges i Tabell 8, men NTU understiger 4,0.

**Tabell 5. Temperaturdimensionering för värmeväxlare inom (Energiföretagen Sverige, 2021).**

	Primär fram [°C]	Primär retur [°C]	Sekundär fram [°C]	Sekundär retur [°C]	LMTD [°C]	NTU [-]
Tappvarmvatten	65	22	55	10	11,0	4,1
Uppvärmning	75	43	60	40	7,5	4,3
VVC-VVX	-	-	-	-	-	-

**Tabell 6. Av Högskolan i Halmstad föreslagen temperaturdimensionering för värmeväxlare inom Ranagårdsprojektet.**

	Primär fram [°C]	Primär retur [°C]	Sekundär fram [°C]	Sekundär retur [°C]	LMTD [°C]	NTU [-]
Tappvarmvatten	60	15	55	7	6,4	7,5
Uppvärmning	60	42	55	40	3,3	5,5
VVC-VVX	60	52	55	50	3,3	2,4



**Tabell 7. Av HEM vald temperaturdimensionering för värmeväxlare inom Ranagårdsprojektet. Enligt anvisningar för Ranagårdsområdet (Bölander, 2020).**

	Primär fram [°C]	Primär retur [°C]	Sekundär fram [°C]	Sekundär retur [°C]	LMTD [°C]	NTU [-]
Tappvarmvatten, flerbostadshus	60	17	55	10	5,9	7,6
Tappvarmvatten, småhus	60	22,5	55	10	8,2	5,5
Uppvärmning	60	35,4	45	35	4,0	6,1
VVC-VVX	60	54	55	50	4,5	1,3

**Tabell 8. Temperaturdimensionering för tappvarmvattenväxlare efter missförstånd vid dimensionering av värmeväxlarna till småhus.**

	Primär fram [°C]	Primär retur [°C]	Sekundär fram [°C]	Sekundär retur [°C]	LMTD [°C]	NTU [-]
Tappvarmvatten, småhus	60	22,5	50	10	11,2	3,6

Slutsatsen blir att det i projektet varit möjligt att ha en givande dialog avseende val av värmeväxlare men tyvärr kom ett missförstånd i projekteringen att medföra att den termiska längden för varmvattenberedning i småhus kom att bli något kortare än dagens standardutförande. I dessa dialoger om val av värmeväxlare har dagens fokus på att enbart minska avståndet mellan de båda returtemperaturerna dominerat hos projektörerna. I framtiden behövs även att större fokus för att minska avståndet mellan de båda framtemperaturerna i varje värmeväxlare.

### Temperaturer och termiska längder i uppvärmningssystem

Utformningen av de sekundära värmesystemen ingår ej i den föreslagna konfigurationen men det är givetvis bra om dessa dimensioneras för lägre temperaturer.

Samtliga uppvärmningssystem utgör värmeöverförande ytor och kan betraktas under motsvarande värmeväxlarteori enligt Ekv. (2). Skillnaden är att värme avges till en värmesänka med konstant temperatur, rummet, vilket kan antas ha temperaturen 20°C. För att pressa ner medeltemperaturdifferensen blir det således en fråga om att ha tillräckligt med värmeöverförande ytor, vilket översätts till större radiatorer (om det används) och därmed eventuellt högre kostnad. Vid användning av golvvärme förväntas det högsta temperaturkravet vara lägre, för att undvika för varma golv. Samtidigt förväntas returtemperaturen vara högre, då det i regel bör vara höga flöden i golvvärmeslingor, för att erhålla någorlunda jämn temperatur i golvet. Således bör returtemperaturen kunna bli lägre när radiatorer används. Det förutsätter så klart att radiatorerna har lämplig reglering (Tunzi, Østergaard, Svendsen, Boukhanouf, & Cooper, 2016).

Övriga komplikationer avseende större radiatorer inkluderar saker såsom att dessa komponenter bygger ut mer från vägg och därmed påverkar rummets estetik. Detta får påverkan på utrymmets möblerbarhet men kan även utgöra ett potentiellt hinder avseende krav på ledigt golvutrymme efter möblering då vissa utrymmen i byggnader inte är större än nödvändigt.

Följande framgick ur Statens planverks författningssamling (1983): ”I en byggnad för stadigvarande bruk som innehåller bostads- eller arbetsrum och är avsedd för annat ändamål än fritidsändamål skall ett uppvärmningssystem med vatten som värmebärare vara så utformat att framledningstemperaturen vid dimensionerande värmeeffektbehov inte överskrider  $+55^{\circ}\text{C}$ .” Motsvarande skrivelse fanns med bland annat i BFS (1989:18) samt BFS (1993:57). Det framgår sedermera ur BFS (2006:12) att avsnittet med temperaturreglering av vattenburna uppvärmningssystem upphör att gälla. Sedermera används en formulering från BFS (2011:6), enligt: ”Värmeinstallationen ska väljas, utformas, isoleras, justeras och trimmas in så att de övriga tekniska egenskapskraven kan tillgodoses på ett energieffektivt sätt.”

Det fanns alltså goda idéer i frågan om hur uppvärmningssystem i byggnader skulle regleras redan på 1980-talet, då högsta (dimensionerande) temperatur för uppvärmningssystem ej skulle överstiga  $55^{\circ}\text{C}$ . Denna styrning försvann sedermera i senare reglering. Idag är  $55\text{--}50^{\circ}\text{C}$  vanligt förekommande dimensionerande framtemperaturer för uppvärmningssystem av radiatortyp vilket kan ses ur Tabell 9. Detta kan tolkas som att mycket lite har förändrats inom bostadsuppvärmning under de fyra senaste decennierna. Det uppfattas som rimligt att ställa krav på lägre dimensionerande temperaturer från uppvärmningssystem (radiatorer), till exempel  $45^{\circ}\text{C}$ . Detta kommer att innebära att längre termisk längd behövs och att kostnaderna eventuellt blir något högre, precis som förutsågs i Regeringens proposition (1980/81:133). Jämfört med för fyra decennier sedan så borde detta krav vara enklare att uppnå idag eftersom det specifika effektbehovet [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] borde vara lägre idag i och med att dagens byggnader har bättre energiprestanda. Ett exempel på sådan reglering återfinns redan i den schweiziska standarden SIA Zurich (2009), där de sekundära systemens framledningstemperaturer är reglerade så att radiatorer har ett övre gränsvärde på  $50^{\circ}\text{C}$  samt ett målvärde på  $40^{\circ}\text{C}$ . I standarden regleras golvvärme på motsvarande sätt med ett övre gränsvärde på  $35^{\circ}\text{C}$  samt ett målvärde på  $30^{\circ}\text{C}$ .

Om krav ställs på lägre dimensionerande uppvärmningstemperatur så har det positiv inverkan i form av lägre tillförselkostnader för samtliga uppvärmningssystem som är av intresse för framtida användning, till exempel solvärme, värmepumpar eller lågtempererad fjärrvärme.

Enligt systemlösningen föredrogs dimensionerande temperaturer på uppvärmningens sekundärsida som är lägre än dagens konvention. Värmeväxling i rummet kyler mot rumstemperatur i detta fall valt till  $21^{\circ}\text{C}$ . Om funktion för uppvärmningssystem enligt dimensionerande förutsättningar skulle vara  $45^{\circ}\text{C}/30^{\circ}\text{C}$  då erhålls en logaritmisk medeltemperaturdifferens om  $15,3^{\circ}\text{C}$  och en termisk längd,  $\text{NTU} = 0,98$ . Val av dimensionerande temperaturer för uppvärmningssystem är ej känt för samtliga aktörer inom område 1, enligt Tabell 9. Där information är känd framgår det att konventionell metod tillämpats. Med exempelvis de vanligen använda dimensionerande temperaturerna  $55^{\circ}\text{C}/40^{\circ}\text{C}$  erhålls en logaritmisk medeltemperaturdifferens om  $25,8^{\circ}\text{C}$  och en termisk längd,  $\text{NTU} = 0,58$ . Det finns i detta sammanhang ett motiv att stärka värmeöverföringen så att returtemperaturen är reglerat lägre.

**Tabell 9. Specifikationer från projekteringsunderlag avseende dimensionerande temperaturer på sekundära uppvärmningssystem. Område 1 med trerörsystem.**

Kvarter enligt Halmstad Kommun	Fastighetsutvecklare	Upplåtelseform	Dim. framtemperatur för radiatorer [°C]	Dim. returtemperatur för radiatorer [°C]	Temperaturskillnad [°C]	NTU för radiatorer
1A	HFAB (flerbostadshus)	Hyresrätt	50	35	15	0,7
1A	HFAB (småhus)	Hyresrätt	55	40	15	0,6
1B	Tegel Fastigheter AB radiator	Hyresrätt	45	30	15	1,0
1B	Tegel Fastigheter AB golvvärme	Hyresrätt	35	25	10	1,3
1C	Skanska	Bostadsrätt	50	35	15	0,7
1D	HSB	Bostadsrätt	50	32	18	1,0
2A	Bygg Sjögren	Äganderätt	55	40	15	0,6
2B	HalmstadHus AB radiator	Äganderätt	55	45	10	0,3
2B	HalmstadHus AB golvvärme	Äganderätt	38	33	5	0,3
	Genomsnitt för radiatorer		51,4	36,7	14,7	0,66

Valet av dimensionerande temperatur för uppvärmningssystem är för närvarande ej reglerat. Baserat på den kända informationen förekommer liten avvikelse ifrån det som kan anses vara temperaturnorm för uppvärmningssystem. Det vore gynnsamt för de vanligt förekommande uppvärmningssystemen om designförutsättningarna harmoniserades mot en nivå som befinner sig några grader Celsius under nuvarande konvention.

Slutsatsen blir att valet av komponenter för uppvärmningssystem avseende dimensionerande temperaturnivåer i stort sett är något bättre än de temperaturnivåer som numera används i nya svenska byggnader. Variansen är dock liten, vilket förmodas förmildra behovet av komponentvarians på marknaden. Detta betyder att valet av dagens temperaturprestanda i stort sett är densamma som för cirka 40 år sedan. Det saknas således en progression vid val av dimensionerade temperaturer relativt den reviderade normen från tidigt 1980 tal. Ändringar av krav på termisk prestanda i nya byggnader under motsvarande tidsperiod borde kunna föranleda en sänkning av dimensionerande temperaturer för uppvärmningssystem i byggnader.

### Planerad mätinsamling

Användningen av den modifierade klassiska konfigurationen i område 1 i Ranagård är den första installationen av denna nya konfiguration i världen. Det är därför viktigt att en vetenskaplig uppföljning senare kan genomföras för att verifiera dess verkliga funktion, inklusive eventuella avvikelser i den förmodade funktionen. Målet med en mätning av område 1 i Ranagård är således att verifiera funktionen hos den nya modifierade klassiska konfigurationen.

Viktiga indata för en sådan uppföljning är värme- och vätskeflöden samt fram- och returtemperaturer i dels inmatningen till det lokala nätet samt dels i värmeleveranserna till kunderna. Dessa indata är nödvändiga för att besvara följande väsentliga forskningsfrågor kring den modifierade klassiska konfigurationen:

- Hur ser den årliga värmebalansen ut med avseende på inmatningen från det överliggande nätet, varmhållningen och nätförlusten i det lokala nätet samt värmeleveranserna till kunderna?
- Vilken lägsta framtemperatur behövs för att möta kundernas temperaturkrav?
- Vilka returtemperaturer kan erhållas?
- Hur stort är det årliga cirkulationsflödet i förhållande till det totala flödet?
- Hur varierar cirkulationsflödet under året?
- Hur stort är temperaturfallet i framledningen till kunderna?
- Hur varierar returtemperaturen till överliggande nät under året?
- Kan de två förekommande avvikelserna i flerbostadshus utan lägenhetscentraler pareras med föreslagna åtgärder?
- Vilka förtjänster har den modifierade klassiska konfigurationen relativt den traditionella klassiska konfigurationen och traditionella temperaturnivåer i svenska fjärrvärmesystem?

Den övergripande strategin för planerad mätinsamling är att enbart använda befintlig infrastruktur för värmemätning hos HEM. Uppgifter om aktuella utetemperaturer kan antingen erhållas från HEM:s driftdatorer eller köpas från SMHI. Utöver dessa tidsserier behövs ingen annan mätning för utvärderingen av område 1 i Ranagård.

I en promemoria (Averfalk & Werner, 2020b) har Högskolan i Halmstad definierat önskemålen om framtida mätning i Ranagårdsområdet. För alla kunders fjärrvärmecentraler gäller följande önskemål:

- Ordinarie mätning till varje byggnad (värme, flöde och temperaturer).
- Extra mätning för flerbostadshus avseende cirkulationsflödet från varmhållning av VVC-växlare (flöde och temperatur).
- Upplösning för alla mätningar: Timsmedelvärden
- Ingen övrig speciell mätning erfordras för senare utvärdering.

För områdescentralen till område 1 gäller följande önskemål:

- Mätning av inkommande värme från överliggande fjärrvärmenät till område 1 (värme, flöde och temperaturer)
- Mätning av område 1, tre flöden och tre temperaturer.
  - Framledning: flöde och temperatur
  - Returledning: flöde och temperatur
  - Cirkulationsledning: flöde och temperatur
- Upplösning för alla mätningar: Timsmedelvärden

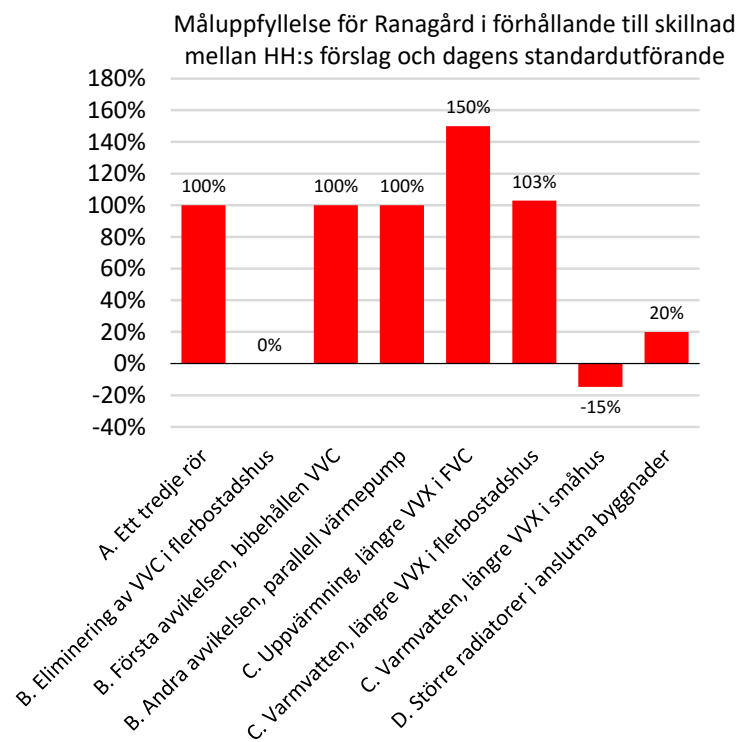
Det huvudsakliga intresset för en framtida vetenskaplig utvärdering finns enbart för område 1, ty övriga två områden inom Ranagård kommer att använda traditionell känd teknik, vilket inte kräver en vetenskaplig analys. Men om det finns intresse för att även analysera område 2 och 3 på samma sätt som område 1 så är det fullt möjligt, men då måste även motsvarande mätserier finnas tillgängliga från dessa två områden.

Enligt avsnitt 2.7 kan område 1 vara färdigbyggt någon gång under värmesäsongen 2024/25. Det betyder att mätningen av området kan påbörjas först under 2024 eller 2025. För att spegla alla årstidsvariationer behövs en mätperiod på 1 år. Därefter kan en analys av insamlade mätvärden genomföras förutsatt att det finns ett forskningsanslag tillgängligt för detta.

Slutsatsen blir att det finns ett utkast till mätprogram inför den vetenskapliga utvärderingen av den nya modifierade klassiska konfigurationen i Ranagård.

### Slutsatser från genomförd kvalitetssäkring

Slutsatserna från den genomförda kvalitetssäkringen sammanfattas i Figur 19, där måluppfyllelsen redovisas för de avseenden som avser förändringar i förhållande till dagens standardutförande. Måluppfyllelsen är god. Den största avvikelserna är avsaknaden av eliminering av varmvattencirkulation i flerbostadshus, men denna brist pareras leder till två kvalitetssäkrade avvikelser. Dessutom så har värmeväxlare för varmvattenberedning i småhus blivit något kortare än standardutförande medan radiatorerna blivit något större än vad som vanligen används i svenska nybyggen. I övrigt är måluppfyllelsen mycket god.



**Figur 19. Översikt för måluppfyllelse av Ranagårdprojektet i förhållande till skillnaden mellan det ursprungliga förslaget från Högskolan i Halmstad och dagens standardutförande för fjärrvärmedistribution i Sverige.**



Slutsatserna från detta kapitel kan relateras till de tre forskningsfrågorna på följande sätt.

Den viktigaste **kundaspekten** var att det inte fanns acceptans för eliminering av varmvattencirkulation genom användning av lägenhetscentraler. För Sverige och Finland råder en organisationstradition med att inkludera värmebehov för uppvärmning och varmvatten i hyresavgiften för hyresrätter. Denna organisationsmetod gäller ofta även för bostadsrätter men där ingår kostnaderna för värmebehoven i bostadsrättsavgiften istället. Det finns inte något ekonomiskt incitament för boende att spara på värme eller varmvatten, då kostnaden är oberoende av verklig användning. En konsekvens av denna organisationstradition i Sverige är att det ej finns rutiner för att installera och använda lägenhetscentraler för fjärrvärme. På andra platser i Europa förväntas lägre grad av friktion avseende användning av lägenhetscentraler eftersom det påminner om kundgränssnittet med naturgaspannor som idag är vanligt förekommande. Förslagen om att kunna utföra individuell debitering för uppvärmning och varmvatten har funnits sedan slutet på 1970-talet enligt rekommendation från europeiska ekonomiska gemenskapen (Council Recommendation, 77/712/EEC).

De viktigaste **leverantöraspekterna** har varit att Halmstad Energi och Miljö har lyckats bygga ett trerörssystem utan kortslutningar i Ranagård. Trerörssystemet kan dock göras mer effektivt i framtiden med bättre avsedda komponenter. Det har varit ovant för projektörer att använda värmeväxlare med andra dimensioneringskriterier.

En viktig slutsats angående det **gemensamma ansvaret från statliga och kommunala lagar och regler** är att en förordning av statligt stöd av hyresbostäder gjorde det ekonomiskt fördelaktigt för en fastighetsägare att använda värmepump parallellt med fjärrvärme. Detta medförde en alternativlösning för att inte störa den valda systemlösningen. Det finns även bristande harmonisering av hur radiatorer i nya byggnader ska dimensioneras för att möta de framtida marknadsvillkoren på den svenska värmemarknaden.

## 6 Extern kommunikation om Ranagård

Nationellt har Ranagårdsnätet presenterats vid Energiföretagens temadagar för fjärrvärme-distribution (Pettersson, 2020) samt i Energiföretagens månatliga tidskrift om el- och värmeförsörjning (Borglund, 2020). Ranagårds fjärrvärmelösning presenterades också i en specialbilaga i Villatidningen nr 5 2021. Internationellt har det planerade nätet presenterats vid ECEEE:s Summer study (Norrström, 2021) och i Euroheat & Powers magasin om fjärrvärme (Johansson, 2021). Två workshops kring projektet har hållits och projektet är presenterat på Högskolan i Halmstads webb under rubriken Samspel, Forskningsnyheter från Högskolan i Halmstad. En artikel är i vardande och ska skickas in så fort den är färdig och publicerad. Med det rika empiriska material som projektet genererat är det troligt att ännu en artikel kan publiceras.

## Referenser

- Alvesson, M., & Sköldberg, K. (2017). *Tolkning och reflektion: vetenskapsfilosofi och kvalitativ metod*: Studentlitteratur.
- Archer M., B. R., Collier A., Lawson T., Norrie A. (1998). *Critical realism: essential readings*. London: Routledge.
- Averfalk, H., Benakopoulos, T., Best, I., Dammal, 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., Ottermo, F., & Werner, S. (2019). Pipe Sizing for Novel Heat Distribution Technology. *Energies*, 12(7), 1276.
- Averfalk, H., & Werner, S. (2017a). Essential improvements in future district heating systems. *Energy Procedia*, 116, 217-225.
- Averfalk, H., & Werner, S. (2017b). *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/>
- Averfalk, H., & Werner, S. (2018). Novel low temperature heat distribution technology. *Energy*, 145, 526-539.
- Averfalk, H., & Werner, S. (2020a). Economic benefits of fourth generation district heating. *Energy*, 193, 116727. doi:<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116727>
- Averfalk, H., & Werner, S. (2020b). *Önskemål om mätning i område 1 på Ranagård för senare utvärdering. Promemoria från Högskolan i Halmstad*. Retrieved from
- Bergman, J., & Werner, S. (2015). Fjärrvärmerna utvecklas och är klimatsmart. *Hallandsposten den 25 augusti 2015 sid 15*.
- BFS. (1989:18). *Nybyggnadsregler (föreskrifter och allmänna råd), Nr 1*. Retrieved from Karlskrona: <https://www.boverket.se/contentassets/639573ac3ef44319b4752cd302f0a053/nybyggnadsregler-nr-1.pdf>
- BFS. (1993:57). *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR 94:1*. Retrieved from Karlskrona: <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/1993-57BBR-1.pdf>
- BFS. (2006:12). *Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (1993:57) - föreskrifter och allmänna råd, BBR12*. Retrieved from Karlskrona: <https://rinfo.boverket.se/BBR/PDF/BFS2006-12BBR12.pdf>
- BFS. (2011:6). *Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd, BBR. BFS 2011:6 med ändringar till och med 2020:4*. Retrieved from Karlskrona: [https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad\\_bbr\\_2011-6.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf)
- Borglund, A.-S. (2020). Halmstad blir först i världen med ny teknik. *Energi*(5), 22. Retrieved from <https://www.energi.se/artiklar/halmstad-forst-i-varlden-med-ny-teknik>

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods*: Oxford university press.
- Bölander, M. (2020). *Anvisning för anslutning av fjärrvärme till 3-rörssystem i Ranagård: Projekt Ranagård - fjärde generationens fjärrvärme*. Retrieved from Halmstad:
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., Werner, S., Möller, B., Persson, U., . . . Nielsen, S. (2014). Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. *Energy Policy*, 65(0), 475-489. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.035>
- Council Recommendation of 25 October 1977 on the regulating of space heating, the production of domestic hot water and the metering of heat in new buildings [1977] OJ L 295/1, (77/712/EEC).
- DeKay, M. (2011). *Integral Sustainable Design: Transformative Perspectives*. Abingdon-on-Thames: Routledge, Earthscan Ltd.
- Energiföretagen Sverige. (2021). *Fjärrvärmecentralen - utförande och installation*. Retrieved from Stockholm:
- Esbjörn-Hargens. (2010). *Integral Ecology: Uniting Multiple Perspectives on the Natural World*. Boston: Integral books.
- Frederiksen, S., & Werner, S. (2013). *District Heating and Cooling*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Freinacht, H. (2017). *The Listening Society; A Metamodern Guide to Politics*. Jægerspris: Metamoderna ApS.
- Grundfos. (2020). *District Heating: Grundfos iGRID*. Retrieved from <https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-6400907.pdf>
- Halmstads kommun. (2021). Ranagård. Retrieved from <https://www.halmstad.se/halmstadvaxer/halmstadstatort/ranagard.n1205.html>
- Ives Christopher D., F. R., Fischer Joern. (2019). Inside-out sustainability: The neglect of inner worlds. *Perspective, Kungliga vetenskapsakademien*. doi:<https://doi.org/10.1007/s13280-019-01187-w>
- Johansson, P. (2021). The Urban Energy System of the Future: LTDH in the 3-pipe Solution in Halmstad. *Euroheat & Power (eng ed.)*, 18(2), 18-21.
- Küller, R. (1991). *Environmental assessment from a neuropsychological perspective*. New York: Oxford University Press.
- 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/>
- LOWTEMP. (2021). Low Temperature District Heating for the Baltic Sea Region. Retrieved from <https://www.lowtemp.eu/>
- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1-11.

- Meyer, M. a. U. J. (1992). *The Product Family and the Dynamics of Core Capability*. Retrieved from MIT Cambridge: NJA 1991 s. 720.
- Norrström, H. (2021). *Ranagård with new 4GDH technology. Paper 8-149-21. ECEEE Summer Study on Energy Efficiency, June 7-11 2021.*
- Pettersson, J. (2020). *Om Ranagård i Halmstad. Energiföretagens värmedistributionsdagar 22-23 januari 2020.*
- Regeringens proposition om riktlinjer för energisparverksamheten i byggnader m.m., (1980/81:133).
- Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: The Free Press.
- SFS 1972:207 Skadeståndslag med ändringar t.o.m. SFS 2019:849.
- SFS 2008:263 Fjärrvärmelag med ändringar t.o.m. SFS 2018:729.
- SFS 2010:900 Plan- och bygglagen med ändringar t.o.m. 2021:788. .
- SFS 1970:988 Fastighetsbildningslag med ändringar t.o.m. SFS 2020:921, (1970:988).
- SFS 2016:880 Förordning om statligt stöd för att anordna och tillhandhålla hyrebostäder och bostäder för studerande, (2016:880).
- SFS 2016:881 Förordning om statligt investeringsstöd för hyrebostäder och bostäder för studerande t.o.m. SFS 2019:1302, (2016:881).
- SIA Zurich. (2009). *Heizungsanlagen in Gebäuden - Grundlagen und Anforderungen (Värmesystem i byggnader - grunder och krav)*. Retrieved from Zürich:
- Statens planverks författningssamling. (1983). *Svensk Byggnorm (SBN 1980)*. Retrieved from Stockholm:
- Tingsrätten lämnar Konkurrensverkets talan utan bifall. Dom i mål T 9248-13 mellan Konkurrensverket och Växjö kommun den 16 november 2015., (2015).
- Thollander P., K. M., Rohdon P., Rosenqvist J. (2019). *Energieffektivisering, energikartläggning, energiledning och styrmedel*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Thornström, E. (2019). Förslag till ändringar i förordningen (2016:881) om statligt investeringsstöd. Retrieved from <https://www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/sa-tycker-vi/remisser/remissvar-energiforetagen-sverige-dnr-fi2019-02681-bb.pdf> 2021-12-17.
- Tunzi, M., Østergaard, D. S., Svendsen, S., Boukhanouf, R., & Cooper, E. (2016). Method to investigate and plan the application of low temperature district heating to existing hydraulic radiator systems in existing buildings. *Energy*, 113, 413-421. doi:10.1016/j.energy.2016.07.033
- UNFCCC. (1998). *KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*. Retrieved from <https://fn.se/wp-content/uploads/2016/08/Kyotoprotokollet.pdf>
- Utterback, J. M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Villatidningen, specialbilaga. (2021)(nr 5).
- Welin, C. (2022). Här växer nya stadsdelen med 550 bostäder fram. *Hallandsposten den 17 februari 2022 sid 6-7.*



- Werner, S. (2017). District heating and cooling in Sweden. *Energy*, 126, 419-429.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.052>
- Wilber, K. (1995). *Sex, ecology, spirituality: the spirit of evolution*. Boston: Shambhala Publications.

## Bilagor

Bilaga 1 Intervjuguide och frågeställningar. Brev till respondenter.

Bilaga 2 Norrström, H. (2021). *Ranagård with new 4GDH technology*

*Paper 8-149-21. ECEEE Summer Study on Energy Efficiency, June 7-11 2021.*

# BILAGA 1



HÖGSKOLAN  
I HALMSTAD

2021-xx-xx

Bygg- och energiavdelningen  
Heidi Norrström

Till  
Företaget  
Namn Namnsson

## *Intervjuguide / frågeställningar*

### Introduktion

Det här projektet drivs tillsammans av Högskolan i Halmstad och Malmö Universitet och rör nyttan med ny teknik. Ett viktigt motiv vid implementering av nya lösningar är de olika aktörernas perspektiv. Vi vill identifiera och förstå grunderna till olika aktörers beslutsfattande som relaterar till ny teknik och vi fokuserar på fjärrvärmelösningar som 4GDH. Vår ambition är dock att tänka mycket bredare än så och att tänka kring större beslut om ny teknik. Behöver det i förlängningen utformas nya metoder och strategier för införande av nya lösningar?

### Frågeställningarna

Här följer några frågor som vi tänkt ta upp men situationen och dina/era erfarenheter styr naturligtvis också valet av ämnen att tala om.

1. Hur har ni tänkt när ni tagit beslut rent organisatoriskt?
2. Vilka perspektiv har ni utgått från?
  - a. Ekonomiskt perspektiv
  - b. Hållbarhetsperspektiv
  - c. Tekniska perspektiv
  - d. Etiska perspektiv
  - e. Företagskulturellt perspektiv
  - f. Andra perspektivVilka har vägt tyngst?
3. Vilka aktörer har ni involverat och hur har ni tänkt kring de aktörerna? Hur har ni interagerat med dem?
4. Hur tänker ni kring samhällsutvecklingen?
5. Vilka tidsperspektiv har ni antagit?
6. Vilka hinder har ni upplevt?
7. Vad har fått er att avstå från andra val och alternativ?

## BILAGA 2



# Ranagård with New 4GDH Technology

Heidi Norrström

FIH: School of Business, Innovation and Sustainability, Halmstad University

Kristian IV:s väg 3

SE-301 18 Halmstad

Email: heidi.norrstrom@hh.se

## Abstract

From now on, in 2021, new buildings in Sweden must fulfil the nZEB, near Zero Energy Buildings, concept. It implies low mean U-value ( $U_m$ ) of 0.30-0.40 [W/m<sup>2</sup> K] in the buildings' envelopes for obtaining low heat demands according to the Swedish National Board of Housing, Building and Planning. Furthermore, the new buildings must have sufficient mechanical ventilation with heat recovery. In addition, the buildings could preferably even be self-sufficient of electricity. In this context, and with a new renovation wave carried through in Europe, a new technique with low-temperature district heating is a smart, even a wise, solution. The technique is based on renewable, recovered, and stored heat.

Halmstad Energi & Miljö, HEM, and the Halmstad University and Malmö University are carrying out a transdisciplinary project in cooperation. In Part 1 of the project HEM is installing district heating for 550 new dwellings in the Ranagård district. The area will have several real estate companies/owners. HEM has planned for a sharp system solution, which use considerably lower temperature than conventional district heating. Halmstad University has developed this network configuration, which so far, never has been tested in full scale. The new technique benefits with lower heat supply costs for using renewable, recovered, and stored heat in future district heating. The Universities are making two research analyses in addition to this extension. Part 2 of the project aims to survey acceptance, for identifying any hindrance occurring when new technology is introduced. Analyses of interviews within the construction and energy industry will show their decision making in relation to new technical solutions. Part 3 pertains to quality assurance of the new district heating technology, to ensure that this new technology is fully implemented. This paper is a first report on the implementation.

Key words: building technology, best available technique (BATs), heating technology, nZEB concept.

## Introduction

According to the Heat Roadmap Europe: *Towards a decarbonised heating and cooling sector in Europe* (Mathiesen et al 2019) there is enough excess heat for heating all housing and premises throughout Europe. The statement from the study is based on the Pan-European Thermal Atlas (Heat Road Map Europe 2021). Furthermore, district heating should be increased from today's level of 12% up to approximately 50% in 2050 – ranging from 20-70% depending on the country to encounter the climate change.

In the US the first generations of district heating, 1GDH, were established in the 1880s and based on supplying steam distributed in concrete pipes. This technique is still in use in New York and Paris. The second generation of district heating, 2GDH, were used in Germany starting in the 1920s and based on supplying hot water over 100°C instead of steam. It was known as the best technique during the period between 1930-1970. The third generation of district heating, 3GDH, was invented by engineers. It still had a high supply temperature of 80-95°C, but prefabricated and pre-insulated pipes for supply and return of the hot water. Altogether, more efficient. It was considered as the best available technique, BAT, from the 1980s and on. Today the fourth generation of district heating, 4GDH, was tested in Denmark in the 1990s for distributing solar heat. Its main characteristic is significantly lower supply temperatures below 70°C resulting in lowered heat losses and the possibility to use excess heat and to use plastic pipes (Lund et al 2014 and 2018). Low-temperature district heating using traditional two - supply and return - pipes in one casing in the distribution grid, has been tested in Germany, Sweden and Denmark. 4GDH is now often considered to be the best available technique. The different types of heat generation is showed in Figure 1. One alternative 4GDH is using three pipes where the third is for supplying water circulation without any temperature contamination of the true return temperature (Averfalk & Werner 2017).

In Halmstad the newest 4GDH, fourth generation district heating, with three pipes instead of two will be implemented for the first time. It will supply new nZEB buildings, according to the Swedish concept, in Ranagård, Halmstad.

The aim and objective of the study is to explore and find answers to the following questions.

- What opportunities and what holdbacks lies in the development of novel techniques and especially the 4GDH, fourth generation district heating, with low temperature systems and three pipes?
- Are developers ready for novel systems?
- What impacting decisions are taken in construction and energy industry and which ones are needed?

The methods in use for this study are mainly literature survey, and making interviews with actors in the fields of construction, in housing and real estate, and in the energy field for use when making analysis of the project and processes.

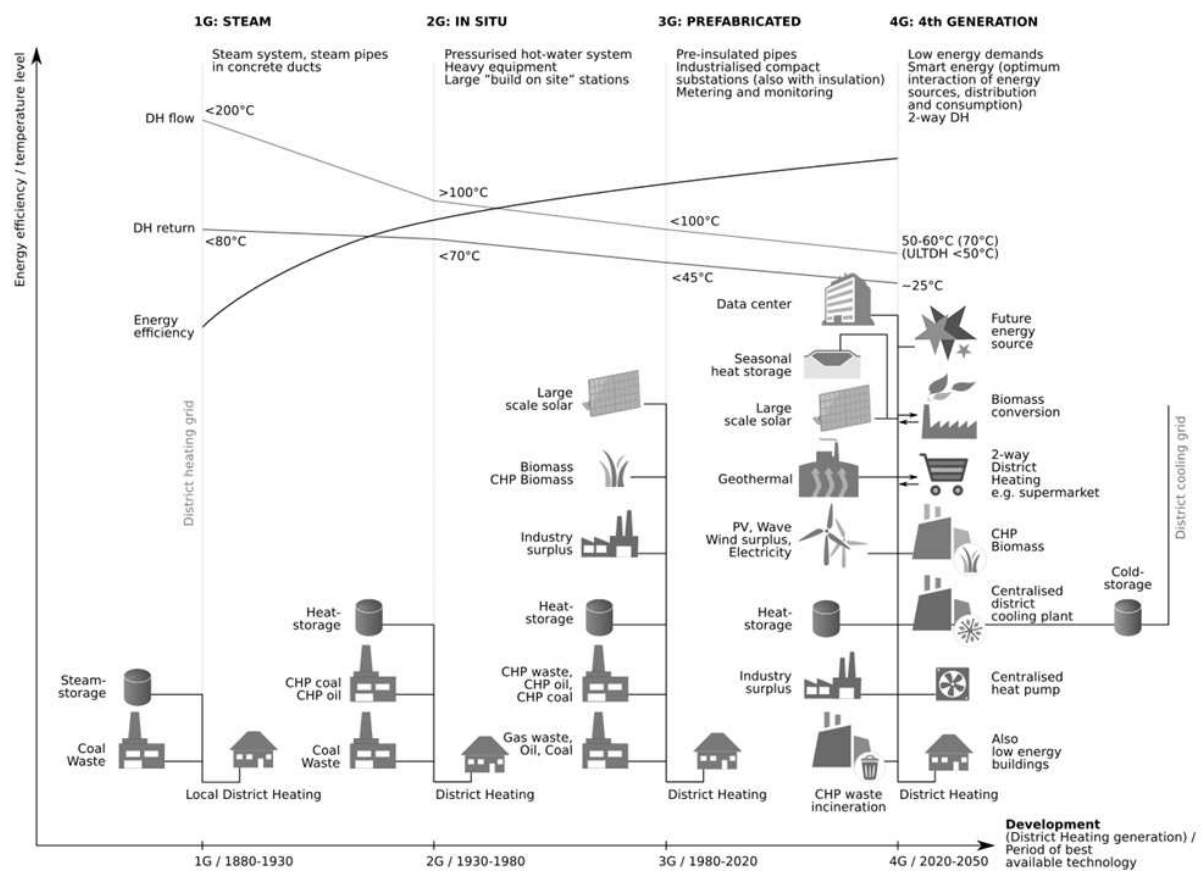


Fig. 1. The concept of 4GDH and previous generations. Illustration from Lund H. et al 2014 and 2018.

## Background

The Swedish parliament has set a goal on having no net GHG, greenhouse gas, emission latest in 2045 and thereafter achieve negative GHG emissions (Skr 2017/18:238). A new Climate Act (SFS 2017:720) came into force January 1<sup>st</sup>, 2018 and a Climate Council has been initiated.

Emissions from housing/real estate and premises for service, agriculture and other commercial aims have decreased 87% between 1990 and 2016, from 9.5 million tons of CO<sub>2</sub> equivalents to 1.2 million of tons. Mainly due to replacement of individual oil-based heating and hot tap water in housing and premises by district heating, heat pumps and biofuels (Skr 2017/18:238).

According to the National Energy Agency (Energiläget 2020) district heating is the most common system for generating heat in the Swedish building stock. About 58% of the heating and hot tap water in housing and premises are generated by district heating. The district heating is usually generated by combustion of biofuel, like waste and residues from forestry and from wood industry, 62%, excess heat 8% and heat pumps 8%. The rest is a mix of electricity, peat and natural gas among other fuels.

Attempts to replace fossil raw material with wooden raw material within the manufacturing industry though, has created a situation of competition about the use of wooden material. Simultaneously, new demands on near Zero-Energy Buildings, nZEBs, are implemented in the building regulations-mandatory provisions and general recommendations, BBR (BFS 2011:6 to 2020:4), for new buildings, and within the EU a renovation wave is initiated to reduce the energy consumption, with connected CO<sub>2</sub> emissions, within the existing building stock.

### ***The nZEB concept***

All member states within the EU must transpose new EU rules on the use of energy in buildings into national law i.e. to implement Directive EU 2018/844 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency.

*Each Member State shall establish a long-term renovation strategy to support the renovation of the national stock of residential and non-residential buildings, both public and private, into a highly energy efficient and decarbonised building stock by 2050, facilitating the cost-effective transformation of existing buildings into nearly zero-energy buildings. (Directive EU 2018/844, page 7).*

In Sweden the nZEB concept came into force September 1<sup>st</sup>, 2020, and has its own interpretation, applicable for new buildings as well as for renovations and extensions. BBR (BFS 2011:6 to 2020:4) provides minimum requirements and there are developers that are choosing to build better and more energy efficient than the minimum level.

In short, the concept implies a certain demand of efficiency with a maximum primary energy, but there are geographic adjustment factors specific for each municipality, adjusted to the local climate. It is stretching from 1.9 in the Northern parts to 0.8 in the South part of Sweden. The geographic factor only applies for the heating part of the total energy use. There are also weighting factors depending on choice of energy, see Table 2 below. Both Table 1 and 2 are translated from BBR (BFS 2011:6 to 2020:4).

**Table 1. Maximum primary energy, installed electric power for heating, average heat transfer coefficient, and average air leakage for detached houses, multifamily buildings and premises. 1 kWh=3.6 MJ**

	Energy performance expressed as primary energy (EP <sub>pet</sub> ) [kWh/m <sup>2</sup> Atemp and year]	Installed electric power for heating (kW)	Average heat transfer coefficient (U <sub>m</sub> ) [W/m <sup>2</sup> K]	The envelopes average air leakage at 50 Pa pressure difference (l/s m <sup>2</sup> )
Dwellings				
Dwellings > 130 m <sup>2</sup> Atemp	90	4.5 + 1.7 x (F <sub>geo</sub> - 1)	0.3	According to section 9:261)
Detached houses >90 — 130 m <sup>2</sup> Atemp	95			
Detached houses >50 — 90 m <sup>2</sup> Atemp	100			
Detached houses ≤ 50 m <sup>2</sup> Atemp	No demand	No demand	0.33	0.6
Multifamily buildings	75	4.5 + 1.7 x (F <sub>geo</sub> - 1)	0.4	According to section 9:261)
Premises				
Premises	70	4.5 + 1.7 x (F <sub>geo</sub> - 1)	0.5	According to section 9:261)
Premises ≤50 m <sup>2</sup> Atemp	No demand	No demand	0.33	0.6

- 1) Section 9:26 in BBR regulates the envelopes air tightness. The building's envelope should be tight enough to meet the demand on the building's primary energy and installed electric power for heating.

In addition to calculation of the primary energy one must fulfil the average heat transfer coefficient, but it can be higher if there is e.g. PV panels generating electricity that is provided for the building's heating or hot tap water. The own energy from sun, wind, ground, air or water must though be generated on the plot.

The heat demand is also depending on the degree of ventilation, which in turn depends on the building space in m<sup>2</sup>. Adding to the primary energy and installed electric power for heating is possible when a building is larger than 130 m<sup>2</sup>, and there are higher demands for ventilation. There is also a limit for SFP, specific fan power, ranging from 0.5 when only using mechanical exhaust air and up to 1.6 when using supply and exhaust air with heat recovery and cooling.

**Table 2. Weighting factors based on choice of energy**

Energy carrier	Weighting factor
Electricity	1.8
District heating	0.7
District cooling	0.6
Solid, liquid, and gaseous biofuels	0.6
Fossil oil	1.8
Fossil gas	1.8

Those who builds today must, to a larger extent than earlier, consider how the building as a system is interacting and how the users make use of it. With all the various factors to take into account in the calculations, and influencing the primary energy it is almost impossible to make a comparison between different buildings based solely on the figure for primary energy. It gives insufficient information on the technical quality. If two buildings of the same type choses a separate oil boiler respectively choses district heating, the one with an oil boiler will have to be better built/have more insulation added than the one connected to the district heating because of the two different weighting factors (Elmroth 2020).

**Table 3. Heat transfer coefficient to aim for in separate parts of a building  $U_i$  translated from BBR (BFS 2011:6 to 2020:4).**

$U_i$	[W/m <sup>2</sup> K]
$U_i$ roof	0.13
$U_i$ wall	0.18
$U_i$ floor	0.15
$U_i$ window	1.2
$U_i$ entrance door	1.2

The same demands for primary energy applies when extending or alter an existing building, but if this is not possible then the demand for low heat transfer coefficients in the separate parts of the envelope should be fulfilled, see Table 3. This applies e.g. if the existing building has historic and/or cultural values.

### ***4GDH with three pipes***

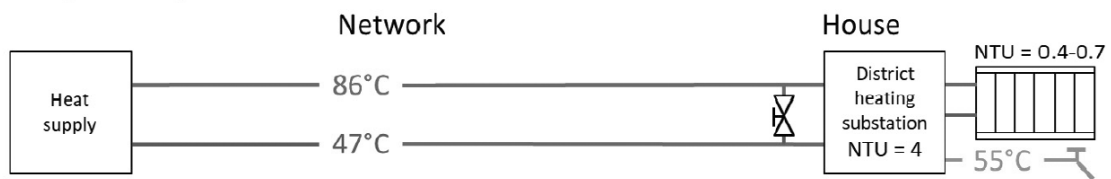
The implementation of nZEB for new and existing buildings will, nevertheless, decrease their need for heating and it will continue to do so. A lower need for heating could therefore be met by a low temperature heat supply such as heat pumps or low-temperature district heating. Heat pumps are running on electricity which today is regarded as a scarce resource as more functions in society including transport requires electricity for running. In this regard the low-temperature fourth generation district heating, 4GDH, seems more suitable from both an energy view and society's view. The total number of buildings that can be supplied by district heating increases as heat generated can be distributed with lower temperatures to more buildings by existing plants and grids. Lower temperatures also imply that more excess heat from industries, solar energy, from server halls and other heat generating activities can be supplied at lower costs and thus lower the use of biofuel. There is a plethora of possible supply combinations to use in district heating, and when formulating the solutions, one could always consider and make use of the various local conditions.

In short, the 4GDH with three pipes was first presented in a conference paper 2016 by Averfalk and Werner and later in an article 2018 by the same researchers. It differs from the third generation district heating, 3GDH, with two pipes in three technical ways. Firstly, the third pipe, secondly heat exchanger units in each flat in multi-family buildings, and thirdly longer thermal lengths in heat exchangers. In addition, ICT supervision can be used with the heat exchangers and thus avoiding todays common temperature errors (Averfalk & Werner 2017).

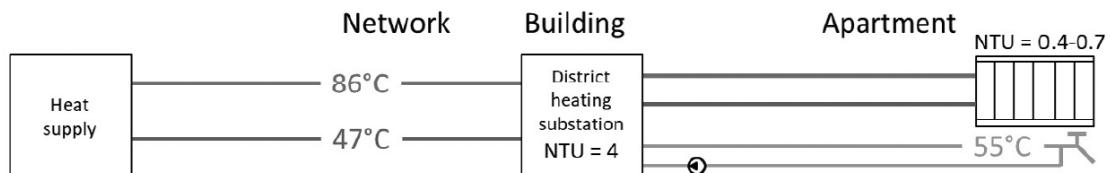
Basically, one has to navigate within the frame for existing technique to achieve the advantage that the 4GDH system solutions have. The new network configuration gives a lower temperature in total. Traditionally Swedish supply temperature is 85°C in 3GDH grids and 46°C in the return pipe while the new 4GDH network configuration has a supply temperature of 50-55°C and 20-25°C in the return pipe.

Traditionally, in two pipe systems, for supply flow and return flow, a recirculation flow is necessary for supply of domestic hot water when the heating demands are low in the summer. In detached houses, the recirculation flow is managed by a bypass valve and in multi-family buildings by maintaining the hot water circulation systems. The latter is what the third pipe in the 4GDH does in the distribution system as shown in Figure 2.

### 3GDH Single-family house



### 3GDH Multi-family house



### 4GDH-3P



Figure 2. Sketch of two 3GDH systems currently in use and of the novel 4GDH which will be tested in Ranagård. The 86°C lines in the 3GDH denote the supply and the 47°C lines the return. The 55°C lines in the 3GDH denote domestic hot water. NTU denotes the number of heat transfer units and thermal lengths in substations and radiators. In the 4GDH the 50-55°C line denote the supply and the 20-25°C the return. Here the 4GDH, the domestic hot water has 45°C. ICT information and communication technology, the dotted line, is used in the 4GDH system for continuous measuring and control enabling improvements in locating temperature errors (Gadd & Werner 2013). Illustration by Averfalk & Werner (2018).

A novel 4GDH system with three pipes operates with one supply and one return pipe, and a third circulation pipe which will lower the temperature in the return pipe. This is contrary to e.g. a German system in Berlin which has two supply pipes and one return pipe (Frederiksen & Werner 2013). This implies separate distribution for heating and domestic hot water. It is one way of reducing heat losses in the grid and in total. In early proposals for grids, three pipes were utilised in the service between the main pipes and substations using two pipes for supply and one for the return (Böhm & Kristjansson 2005; Li et. al. 2010). The gain was suggested to be less heat loss while only one pipe was in use in the summer at low demands which in turn would imply a heat storage.

In Sweden the circulation pipes for hot tap water in buildings connected to 3GDH with two pipes may not undercut 50°C in any part of the installation (BFS 2011:6 to 2020:4). The separate substations/units for heat exchange in each flat in the 4GDH with three pipes will eliminate the secondary hot water circulation with its high return temperature. In addition, the units will enable separate metering for each flat and allow the individual end user to determine the indoor temperature.

Longer thermal lengths in the substations, as part of the 4GDH system with three pipes, are better adjusted to new nZEB buildings with low heating demands than the 3GDH with two pipes currently in use in Sweden.

The actual temperature in the 4GDH supply pipe is low, 55°C, but high enough to ensure that no growth of Legionella will occur. The national board of housing, building, and planning has set the limit higher than 50°C but lower than 60°C for hot water at the tap to avoid scalding (BFS 2011:6 to 2020:4).

## Interviews on new technique and 4GDH with three pipes

So far only slightly more than ten interviews with energy companies and housing companies have been performed, but some answers are the same regardless of respondent. Firstly, they have a long-term perspective working with systems and buildings that will last for periods of 80 to 100 years implying that any decision will have long-term consequences. Hence a cautious and quite inert process when studying alternatives in investments.

Simultaneously the larger energy companies have separate sections for innovation and business models. An early cautious conclusion might be that the larger the companies the more likely they are to test new solutions while the smaller companies are tied to limited economic frames that do not allow any tests implying risk taking.

All respondents in interviews so far are convinced that we will still have more district heating in the future, and that 4GDH with three pipes could be one of the good solutions. They also seem to be convinced that it will be based on a variety of energy sources like excess heat, solar heating, and some sources of which we do not know yet. This implies use of low tempered heat generation which will suffice for heating new energy efficient buildings. Water can always be heated in various ways and thus we can never be locked into one energy source for heating when using the district heating grid.

New ICT technology for metering energy is implemented in all the companies for quick location of errors and leakage and of course from the energy companies view for debiting the end users' electricity use. In housing companies, the heating and hot tap water is included in the rent. All companies have policies and/or action plans for sustainability and for achieving a fossil free future according to the national objectives.

Some of the bigger energy companies have tested 4GDH with low temperature in their district heating systems, but not with three pipes. They show an interest in the subject matter though, and are waiting for the first technical report on the implementation in the Ranagård project.

## Ranagård

Ranagård was initiated by the board of HEM. The board consist mainly of local politicians and co-opted employee representatives. As a municipal company HEM has a policy including objectives on sustainability and about using novel technique. A pilot study was made showing reasonable investment costs and return. The combination of 4GDH and built environment according to nZEB demands is a possible, theoretically logic and well-balanced solution for a sustainable society, which will be shown in Ranagård.

The district Ranagård is situated in the West parts of Halmstad. There will be built 550 dwellings, of which about 80 will be detached houses, with various forms of lease and ownership by fourteen developers and housing companies. The district is divided into three development areas. Table 4 shows the calculated heat demand in the nZEB buildings for the whole district.

**Table 4. Heat demand in Ranagård with input from AFRY engineering.**

Heat demand	Heating, MWh	Hot tap water, MWh	Total, MWh	Specific heat demand, kWh/m <sup>2</sup>
Area 1	1417	547	1964	76,4
Area 2	1333	542	1875	77,5
Area 3	521	194	715	75,6

The construction of housing will start with the first area in 2021. At a visit at the site in May 2021 the 4GDH with three pipes, the water supply and other utilities, and roads were on-going in Area 1. All infrastructure in Area 1 including the culverts for 4GDH with three pipes supplying the 1964 MWh heating demand was built by HEM, Halmstad Energi & Miljö, and finished in 2020. Area 1 has the fourth generation low-temperature district heating, 4GDH with the three pipe solution.





Figure 3. Ranagård Area 1 in May 2021 with the service building where the district heating is entering the area.

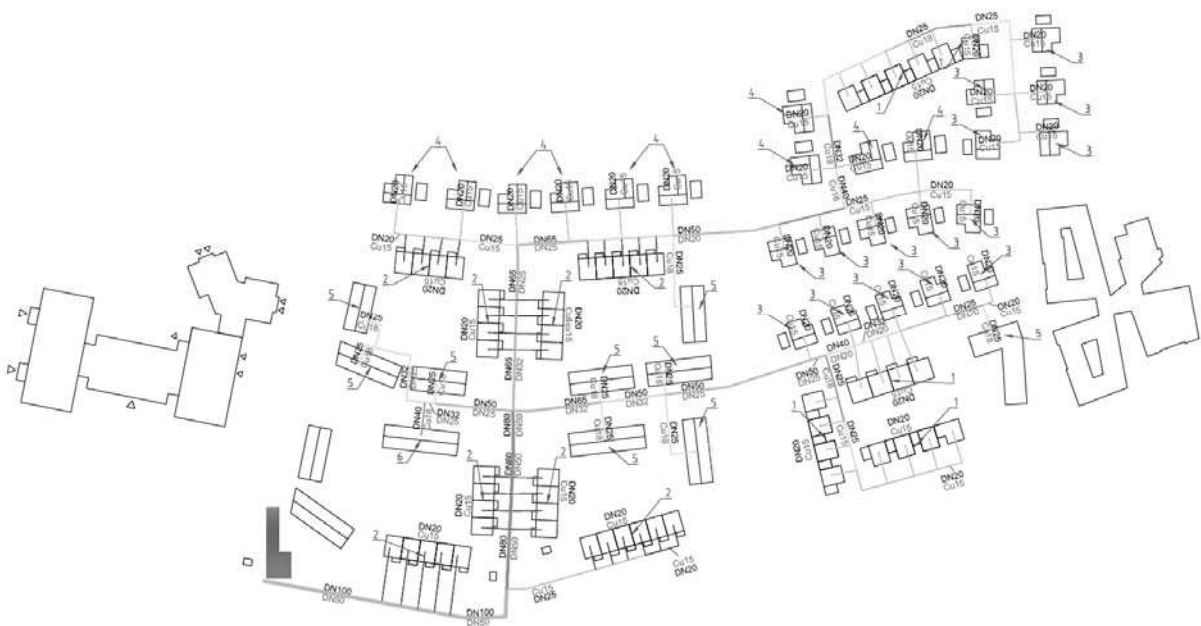


Figure 4. Ranagård Area 1 showing the buildings and the 4GDH with three pipes district heating grid.

### **The Process**

The first task for HEM was to design the unit for shunting the high temperature water from district heating to the low temperature district heating grid in Area 1. Thereafter the actual three-pipe system was to be designed. It took time, and discussions with several consultants about different solutions were needed for the three-pipe solution which required an innovative thinking. As a precaution HEM decided to use steel piping if higher temperatures should be needed in an emergency, instead of the plastic PEX-piping. Steel piping implies welding and to weld three pipes lying close when joining the lengths caused practical problems. The innovative solution was to have a third single pipe in a second casing. The heat exchangers for the flats were a bit more difficult to get. The units on the market did not meet the functional requirements. A special solution implicating a reconstruction which was an option. There were even discussions on the accessibility to the service building.

Suppliers had to be found. The Public Procurement Act (SFS 2016-12-01 to 2019:970) requires accurate tender documents and making them is time consuming. In this particular project, it was also about a special solution.

The tender documents were sent to several relevant suppliers. An existing heat exchanging unit from a nearby company could be altered for the specific purpose. The shunting unit and the single third pipe could be delivered by any company.

The concept with three-pipes should preferably be combined with separate substations in every flat for optimal efficiency (Averfalk & Werner 2018). It would in addition enable separate metering and debiting of heating and domestic hot water use. Hence, the process included discussions with housing companies about substations for heat exchange in each flat. Separate substations implies that shaft-space within the building would have to be enlarged if used also for extra piping diminishing the rentable space. A separate shaft was discussed, but who would own the shaft, who would own the pipes and who would get the insurance? All these parts delayed the process and project more than six months.

Separate metering and debiting of heating and domestic hot water is not common in a multifamily building with tenants in Sweden. Traditionally the cost for heating and domestic hot water are included in the rent and the tenants share the cost equally. Separate substations in a multifamily building would also imply a larger investment for the developer or extra costs for the tenants than one traditional bigger heat exchanger supplying the whole building. Furthermore, in the discussions it did not seem fair to let the tenants answer for the cost of separate substations. Owners of detached and semi-detached houses on the other hand do normally have separate heat exchangers, metering, and debiting. In these instances, an optimal efficiency could be achieved in Area 1 where the 4GDH is implemented.

HEM had expected higher costs for testing the new innovative technique and the additional cost became even higher than expected on account of unique solutions. Measuring stations are installed for running and maintenance, and for follow-up and evaluation. A reorganisation came to pass along the way, and the project has now been transferred from the planning department to the department for production for installations in the service building shown in Figure 3.

## **Analysis and conclusion**

The steps requiring most effort from the project leaders in the process has been to design the practical solutions and finding suppliers. This was on the other hand expected as it is a unique innovative system that has not been tested earlier. Still, it is all about navigating within the frame for existing technique to achieve the advantage that the 4GDH with three pipe system solutions have.

Furthermore, the discussions on the practical problems with the separate heat exchange units for each flat in the multifamily buildings has been time consuming and has not yet led to any solutions. Motives for the municipality housing company to reject separate heat exchange units were that extra piping would diminish the rentable space and the questions about - who would own the shaft, who would own the pipes and who would get the insurance?

All decisions in energy companies and housing companies are impacted by the long-term perspective as they work with investments that will last for periods of 80 to 100 years implying that any decision will have long-term consequences. All companies also have local policies and/or action plans sustainability and for being fossil free in a near future. The plans include low temperature district heating as a priority and as one way of getting there.

These are the holdbacks found so far, hindering the opportunities of using the low temperature system 4GDH with three pipes. An easement, usufruct or even a three-dimensional property formation (SFS 1970:988 to SFS 2020:921) for separate shafts would likely solve the problems mentioned above. In this one instance the developer is not ready for novel systems. Moreover, there is a Swedish legal practice with precedent regarding district heating, and is called strict liability where the owner is liable for damages regardless of circumstances (NJA 1991: SFS 1972:207).

The conclusion so far may only apply for the process which unique character has delayed it more than six months. It could be considered normal though, in a project of this rank.

There are no legal holdbacks for 4GDH, and with time when this district heating solution has become more common with longer series of manufactured units and a more practical welding of pipes, if steel is still needed, simply when the technique is more adjusted to 4GDH the investment costs will also decrease.

An overall conclusion on the Ranagård project can only be drawn after completion, and commissioning and analysis of data from the different and already installed measuring stations, and after measuring the customers' habits and use of heating and hot water.

## References

- Averfalk H. and Werner S. Novel low temperature heat distribution technology. *Energy* **2018**, *145*, 526-539.
- Averfalk H. and Werner S. Essential improvements in future district heating systems. The 15<sup>th</sup> International Symposium on District Heating systems. *Energy Procedia* 116 (2017) 217-225.
- BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2020:4. *BBR Boverkets byggregler*. Karlskrona: Boverket. Available at <https://www.boverket.se/sv/lag--ratt/forfattningssamling/gallande/bbr---bfs-20116/> (accessed 2021-02-20).
- Böhm B. and Kristjansson H. Single, twin and triple buried heating pipes: on potential savings in heat losses and costs. *International Journal Energy Res* 2005; 29:1301-1312.
- Directive EU 2018/844 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Available at <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=EN>. (accessed 2021-03-13).
- Elmroth A. (2020) *Energihushållning och värmeisolering. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Energimyndigheten (2020) *Energiläget*. Eskilstuna: Statens Energimyndighet. Available at <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=168344> (accessed 2020-12-14).
- Frederiksen S. and Werner S. (2013) *District Heating and Cooling*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Gadd H. and Werner S. Heat load patterns in district heating substations. *Applied Energy* 2013;108: 176-183.
- Heat Road Map Europe (2021) Pan European Thermal Atlas. Available at <https://heatroadmap.eu/peta4/> (accessed 2021-03-20.)
- Li H., Dalla Rosa A., Svendsen S. (2010) *Design of a low temperature district heating network with supply recirculation*. In 12<sup>th</sup> International symposium on district heating and cooling. pp. 73-80.
- Lund H., Werner S., Wiltshire R., Svendsen S., Thorsen JE., Hvelplund F., et al. 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy* **2014**; 68:1e11. [doi:10.1016/j.energy.2014.02.089](https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089). (accessed 2021-03-10)
- Lund H., Alberg Østergaard P., Chang M., Werner S., Svendsen S. et al. The status of 4th generation district heating: Research and results. *Energy* **2018**, *164* 147e159. [10.1016/j.energy.2018.08.206](https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.206) (accessed 2021-03-17)
- Mathiesen, B. V., Bertelsen, N., Schneider, N. C. A., García, L. S., Paardekooper, S., Thellufsen, J. Z., & Djørup, S. R. (2019). *Towards a decarbonised heating and cooling sector in Europe: Unlocking the potential of energy efficiency and district energy*. Aalborg: Aalborg Universitet. Available at <https://heatroadmap.eu/decarbonised-hc-report/> (accessed 2021-03-15).
- NJA 1991 s.720. Available at <https://lagen.nu/dom/nja/1991s720>. (accessed 2021-03-27)
- SFS 2017:720 *Klimatlag*. Stockholm: Riksdagen. Available at <http://rkrattsbaser.gov.se/sfst?bet=2017:720> (accessed 2021-03-11).
- SFS 2016-12-01 med ändringar t.o.m. SFS2019:970 *Lag om offentlig upphandling*. Stockholm: Riksdagen. Available at [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20161145-om-offentlig-upphandling\\_sfs-2016-1145](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-20161145-om-offentlig-upphandling_sfs-2016-1145). (accessed 2021-03-10).
- SFS 1970:988 med ändringar t.o.m. SFS 2020:921 *Fastighetsbildningslag*. Stockholm: Riksdagen. Available at [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/fastighetsbildningslag-1970988\\_sfs-1970-988](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/fastighetsbildningslag-1970988_sfs-1970-988) (accessed 2021-03-18)
- SFS 1972:207 i lydelse enligt SFS 2019:849. *Skadeståndslag*. Stockholm: Riksdagen.
- Skr 2017/2018:238 *En klimatsstrategi för Sverige*. Stockholm: Regeringen. Available at <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2018/04/skr.-201718238/> (accessed 2021-03-14).