



AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för bygg-, energi- och miljöteknik

Utredning om hur 4:e generationens fjärrvärmeteknik kan implementeras i Borlänge energis fjärrvärmenät

Simon Strandh

2017

Examensarbete, Grundnivå (högskoleexamen), 15 hp
Energisystem
Energisystemingenjör, Co-op

Handledare FVB: Emil Bäcklin
Handledare HiG: Shahnaz Amiri
Examinator: Taghi Karimipannah

Sammanfattning

Genom att samhället utvecklas och bland annat strävar mot effektivare energianvändning, ökning av andelen förnyelsebara energikällor samt sänkta koldioxidutsläpp. Är det ofrånkomligt att energisystemen i samhället inte påverkas. Bland annat så krävs det inte lika mycket energi för att täcka byggnaders energibehov i dag än tidigare. Detta medför att energisystemen i samhället utvecklas och strävar efter att bli mer effektiva.

I Sverige är fjärrvärmen den vanligaste uppvärmningsformen där mer än 50 % av alla bostäder och lokaler använder fjärrvärme som värmekälla. Fjärrvärmens grundtanke är mycket enkel och beprövad. Den går ut på att producera värme storskaligt vid ett eller flera värmeverk och distribuera värmen i två stålrör som ligger nedgrävda i marken ut till kunder som har värmebehov. När värmen når kunden genom framledningsröret finns där en fjärrvärmecentral som växlar värmen till fastighetens egna interna värmesystem. Det avkylda fjärrvärmevattnet pumpas då tillbaka i det andra röret (returledningen) till produktionsanläggningen för att återigen värmas upp.

Genom åren har fjärrvärmen utvecklas, och ser man från de första fjärrvärmesystemen (generation 1) till dagens system (generation 3) har utvecklingen generellt varit att gå mot lägre temperaturer i systemen. Man menar nu att det är hög tid att gå från generation 3 till 4:e generationens system som generellt strävar efter att sänka temperaturerna ytterligare i systemen. Sänkta temperaturer gällande fjärrvärmesystem har visat sig ge positiva effekter gällande ekonomi, miljö och resursutnyttjande. Dels så ger sänkta temperaturer effektivare produktion eftersom mer el kan genereras i kraftvärmeverken och större andel rökgaskondensering kan användas samt att mer integrering av spill- och restvärme från industrier kan utnyttjas. Det finns olika förslag på hur man ska gå mot lägre temperaturer i systemen. Rapporten ämnar att undersöka om en ny fjärrvärmeteknik som kallas 4GDH-3P kan vara lönsam att redan idag implementeras i befintliga fjärrvärmenät. Teknikens grundtanke är att förlägga 3 distributionsledningar istället för 2, detta för att kunna få ner temperaturerna samt spara energi och helt enkelt få mer effektiva system. Tekniken är i grunden till för nyanslutningar av lågenergihus och är under utveckling. I denna studie undersöks vilka möjligheter som finns i att ansluta ett exploateringsområde på 63 lägenheter i Borlänge. Kostnader jämförs, beräkningar på hur mycket energi som kan sparas samt vilka möjligheter det finns att sänka temperaturerna i nätet med hjälp av tekniken utreds.

Resultaten visar att den nya tekniken är relativt dyr att bygga jämfört med att bygga på konventionellt sätt. I detta sammanhang visar det sig att investeringen av den nya tekniken uppskattas bli ca: 70 % dyrare än vanlig konventionell byggnation. Resultaten visar också att med den nya tekniken kan man teoretisk gå mot lägre returtemperaturer på uppemot 12,5 °C i en bestämd punkt i returledningen. Energibesparingen uppgick till 62,57 MWh under perioden juni, juli och augusti för de 63 lägenheterna som undersöktes.

Abstract

The society is constantly evolving and strives for, among other things: energy efficiency, increase the proportion of renewable energy sources and reduced CO₂ emissions. It is inevitable that the energy systems in the community are not affected. Among other things, it does not require as much energy today to cover the energy needs than in the past. This means that the energy systems in the society evolve and strive to become more efficient.

In Sweden the most common form of heating is district heating, where more than 50% of all dwellings and premises using district heating as heating source. District heating concept is very simple and proven. It aims to produce heat on a large scale and distribute the heat in two steel tubes that are buried in the ground out to customers who have a heating requirement. When the heat reaches the customer, there is a substation that switches the heat to the building's own internal heat system. The cold water is pumped back of district heating in the other pipe (return line) to the production site to once again heat up.

Over the years, district heating is developed and you can see from the first district heating systems (generation 1) to today's system (generation 3) that it has generally been moving towards lower temperatures in the systems. Now it is high time to move from generation 3 to the 4th generation system that generally strive to lower the temperature even further in the systems. Lower temperatures in district heating systems have been shown to produce positive effects regarding economic, environmental, and resource utilization. On the one hand, it also gives, more efficient production because more electricity can be generated in CHP plants and larger share of RKG can be used as well as more integration of waste and residual heat from industries can be utilized. There are various proposals on how to move towards lower temperatures in the systems. The report intends to investigate whether a new district heating technology called 4GDH-3p may be profitable to already be implemented in existing district heating network. The Technology's basic idea is to place 3 distribution wires instead of 2 in order to bring down the temperatures as well as save energy and simply get more efficient systems. The technique is basically for new accessions of low-energy houses and is under development. This study examines the possibilities of connecting a developable area of 63 apartments in Borlänge. Costs are compared, calculations on how much energy that can be saved and the options available to reduce the temperatures in the net with the help of the technology examines.

The results shows that the new technology is relatively expensive to build compered to building conventionally. In this context, it turns out that the investment of the new technology are estimated to be approximately 70% more expensive than standard conventional construction. The results also shows that with the new technology, it can theoretical move towards lower return temperatures of up to 12.5 ° C at a certain point in the return line. Energy savings was amounted to 62,57 MWh in the period of June, July and August for the 63 apartments that were examined.

Förord

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och är det avslutande arbetet av en treårig högskoleingenjörsutbildning inom energiteknik på Högskolan i Gävle. Arbetet är på C-nivå och har utförts i samarbete med FVB Sverige AB:s Gävlekontor i uppdrag åt Borlänge Energi.

Jag vill passa på att tacka utbildningsansvarige Nawzad Mardan som varit till god hjälp och stöd under utbildningens gång.

Jag vill också rikta ett stort tack till min handledare Emil Bäcklin som är chef för FVB:s Gävlekontor.

Simon Strandh

Symbolförteckning

T_f	Temperatur i tillöpsröret	[°C]
T_r	Temperatur i returröret	[°C]
P	Effekt	[W]
C_p	Specifik värmekapacitet	[kJ/kg·°C]
\dot{m}	Massflöde	[kg/s]
E	Energi	[Wh]
T_b	Blandningstemperatur	[°C]
T_1	Temperatur i by-pass	[°C]
T_2	Temperatur i returledning	[°C]
q_1	Temperatur i by-pass	[°C]
q_2	Temperatur i returledning	[°C]

Förkortningar

4GDH-3P	4:th generation district heating system 3 pipe solution
TVV	Tappvarmvatten
kWh	Kilowattimme
MWh	Megawattimme
GWh	Gigawattimme

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Introduktion	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Avgränsningar	2
2. Bakgrund	3
2.1 Fjärrvärmens historia	3
2.2 Temperaturnivåer generellt	4
2.3 Borlänge Energi AB	6
2.4 Borlänge Energis fjärrvärmenät	6
2.5 Området Gylle	7
3. Teknik och ekonomi	8
3.1 Konventionell Fjärrvärmedistribution	8
3.2 Kraftvärmeverk och rökgaskondensering	8
3.3 Fjärrvärmecentralen/undercentralen	9
3.4 Distributionsledningarna	10
3.5 4th generation district heating 3 pipe solution (4GDH-3P)	11
3.6 Tekniska parametrar	12
3.6 Ekonomi	14
3.7 Litteraturstudie	14
3.8 Sammanfattning litteraturstudie	17
4. Metod	18
5. Modell	20
5.1 Gylles fjärrvärmeledningar	20
5.2 materialspecifikation konventionell byggnation	21
5.3 Materialspecifikation 4GDH-3P	22
5.4 Flöden och temperaturer	24
6. Resultat och analys	26
7. Diskussion	28
8. Slutsatser	30
9. Litteraturförteckning	31
Bilagor	33
Bilaga 1	33
Bilaga 2	34
Bilaga 3	35

1. Inledning

Detta kapitel ger läsaren en kort introduktion i ämnet samt arbetets syfte, frågeställningar och avgränsningar.

1.1 Introduktion

Energisystemet i Sverige och EU har tillsammans uppsatta klimat- och energimål. Ett av dessa är 20/20/20 målen som behandlar energi- och klimatfrågor, till år 2020 ska man gå mot effektivare energianvändning, öka andelen förnybara energikällor och sänka koldioxidutsläppen (Regeringskansliet, 2015). Dessa mål i samband med andra aspekter har genom åren format utvecklingen av det svenska energisystemet. Ett utfall av detta är att det idag byggs bättre isolerade byggnader samt att energieffektiviseringar är allt vanligare på befintliga byggnader. Detta resulterar i att mindre energi krävs för att täcka byggnadernas värmebehov.

I Sverige är fjärrvärme den vanligaste uppvärmningsformen, över 50 procent av alla bostäder och lokaler använder fjärrvärme som värmekälla. Den siffran är uppemot 90 procent om man enbart tittar på flerfamiljshus medan den är lite lägre för lokaler och lägst för småhus. (Svensk fjärrvärme, 2017). Dagens fjärrvärmeteknik kallas 3:e generationens fjärrvärme och grundar sig på teknik som togs fram på 70-talet (Lund et al. 2014). Till följd av teknisk utveckling och hårdare krav byggs det i dagens samhälle mer energisnåla hus. Tekniken har också blivit mer effektiv vad gäller värmeväxlare och dess tillhörande komponenter. Det resulterar i att det inte behövs lika höga temperaturer i fjärrvärmenäten för att täcka värmebehoven. Detta och konkurrens från andra uppvärmningsalternativ t.ex. värmepumpar, har och kommer att ha en inverkan på fjärrvärmens utveckling i framtiden. Dagens konventionella fjärrvärmeteknik bör därför ifrågasättas och utvecklas för att bli effektivare.

Fjärrvärmen är ett miljövänligt uppvärmningsalternativ om den används rätt och kan komma att spela en viktig roll i framtidens hållbara energisystem. För att fjärrvärmen ska kunna göra det och fortsätta utvecklas, vara effektiv och samtidigt vara lönsam menar Lund et al. (2014) att det är hög tid att börja implementera 4: generationens fjärrvärme. 4:e generationens fjärrvärme är nästa steg i fjärrvärmens utveckling och står generellt för att man ska gå mot lägre temperaturer i fjärrvärmenäten.

Detta arbete jämför en ny fjärrvärmeteknik mot konventionell teknik för att utreda vinsterna med att implementera den nya tekniken i befintliga fjärrvärmenät vid utbyggnationer. I det här fallet Borlänge energis fjärrvärmenät. Den nya tekniken kallas 4GDH-3P och står för (4:th generation district heating 3 pipe solution). Kortfattat förklarar innebär tekniken att man lägger ned 3 distributionsledningar istället för 2, detta

för att kunna reducera energiförlusterna och sänka returtemperaturerna i näten. Mer ingående om teknikens funktion beskrivs senare i rapporten.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att utreda och jämföra en ny fjärrvärmeteknik mot konventionell teknik. I första hand jämföra investeringskostnader i entreprenad, det vill säga få en bild på hur mycket den nya tekniken kostar att bygga jämfört med vanlig konventionell teknik. Utgångspunkten i rapporten är ett område i Borlänge "Gylle" som består av 14st fastigheter där fjärrvärme anslutits med konventionell teknik. Rapporten ämnar att presentera en jämförelse om man använt 4GDH-3P teknik för området istället.

Den nya tekniken beskrivs, beräkningar på hur mycket man kan sänka returtemperaturerna vid området Gylle i Borlänge med hjälp av den nya tekniken utreds, samt en påvisning om vilka vinster som finns genom minskade energiförluster 4GDH-3P väntas åstadkomma. Utifrån resultaten är målet också att påvisa potentialen av tekniken om den fortsätter att implementeras i framtiden i Borlänges fjärrvärmenät.

1.3 Frågeställningar

Följande frågeställningar är centrala i arbetet:

1. Kostnadsjämförelse i entreprenad, vad kostar 4GDH-3P teknik att bygga i området Gylle?
2. Driftjämförelse i temperatur:
 - Vad innebär det för blandningstemperatur i returledningen att skicka tillbaka "kortsletet" fjärrvärmevatten, det vill säga vatten som passerar fjärrvärmecentralerna utan avkylning i området Gylle?
 - Vad blir returtemperaturen i huvudledningen om man kör 4GDH-3P för området Gylle?
3. Vid större implementering av 4GDH-3P, vad innebär det för möjlig potential?

1.4 Avgränsningar

Arbetet avgränsar till Borlänge energis fjärrvärmenät och området Gylle. Studien behandlar därför området Gylles rådande förutsättningar som utgångspunkt och riktar sig främst mot Borlänge Energis fjärrvärmenät generellt. För att avgränsa studien ännu mer utförs samtliga beräkningar på rådande förutsättningar för sommarhalvåret i Borlänge Energis fjärrvärmenät. Detta dels för att parametrar som temperaturer och flöden varierar över året. Samt att det är under sommaren som 4GDH-3P förutsägs hämta den största vinsten i systemet, därför blir sommaren mer intressant att titta närmare på.

2. Bakgrund

Följande kapitel ger läsaren en kort beskrivning av fjärrvärmens utveckling och historia. En introduktion av Borlänge Energi och hur deras fjärrvärmenät är uppbyggt samt en generell beskrivning av området Gylles förutsättningar där studien har sin utgångspunkt.

2.1 Fjärrvärmens historia

Fjärrvärmens funktion och teknik är i grunden mycket enkel och beprövad, huvudsyftet är att flytta värme i stadsområden från en värmekälla till en kund med ett värmebehov. Fjärrvärmens huvudsakliga uppgift för kunden är främst att täcka kundernas värmebehov samt beredning av tappvarmvatten (TVV). Förutom en värmekälla och ett värmebehov krävs ett distributionsnät som länkar samman värmekällan med kunden och dess värmebehov. Vanliga värmekällor som används kan vara förnyelsebara naturliga resurser, värme producerad från kraftvärmeverk samt spillvärme från t.ex. industrin (Frederiksen Werner 2014). Figur 1 visar en enkel schematisk bild på fjärrvärmens uppbyggnad, hur värme förflyttas från en värmekälla (värmeverk) genom ett distributionsnät till en kund med ett värmebehov.



Figur 1. visar en förenklad bild över fjärrvärmens funktion (Arvidsjaur kommun)

Fjärrvärmens historia sträcker sig tillbaka till slutet på 1800-talet och har sedan dess utvecklats successivt genom åren, dels vad man använder som värmekälla men även förutsättningarna för distributionen. Fjärrvärmens grundtanke kommer från USA och Tyskland där man fick idén om att ta ånga från ångdrivna kraftvärmeverk för att leverera värme till kunder. Det var det som la grunden till att fjärrvärmen började utvecklas, tekniken då byggde på att ånga distribuerades i ställedningar som var isolerade i betongkulvertar. När ångan nådde kunden kondenserades den och värme avgavs (Frederiksen Werner 2014). Utvecklingen efter det har pågått i etapper och idag används trycksatt vatten som värmebärare istället för ånga. Tekniken som används mest idag benämns tredje generationens fjärrvärme och infördes på 1970-talet (Lund et al. 2014). Tredje generationens ledningar ligger inte i någon kulvert vilket innebär att de är direktförlagda i marken. Rören är av stål och har en omgivande isolering av polyuretanskum (PUR) omgivet av en plastmantel (Frederiksen Werner 2014).

I Sverige tog det fram till år 1948 innan det första kommunala fjärrvärmesystemet togs i bruk i Karlstad. Utvecklingen i Sverige gick relativt trögt de första åren men det byggdes ut successivt och det stora genombrottet kom med oljekrisen i början på 70-talet. Under en tioårsperiod: 1975-1985 fördubblades försäljningen av fjärrvärme och uppgick år 1985 till 35 TWh (Svensk fjärrvärme AB, 2009) Detta kan jämföras med fjärrvärmeproduktionen år 2015 som uppgick till ca: 52 TWh (SCB, 2016).

Dagens konventionella fjärrvärmeteknik står inför flertalet utmaningar och bör utvecklas och framförallt gå mot lägre temperaturer i näten för att följa med i samhällsutvecklingen. Vid sänkta returtemperaturer menar Frederiksen Werner (2014) att de största fördelarna är att man också kan reducera framledningstemperaturerna som resulterar i att mer el kan genereras i kraftvärmeverken. Mer värme kan återvinnas vid rökgaskondensering, man kan också på sikt integrera mer lågvärdig spillvärme från t.ex. industrin och värmeförlusterna i distributionsnätet blir således lägre.

2.2 Temperaturnivåer generellt

Fjärrvärmevattnet som cirkulerar i systemet är värmebärare, detta vatten värms upp i en produktionsanläggning exempelvis ett kraftvärmeverk till framledningstemperaturen. Fjärrvärmevattnet kyls sedan ned till returtemperaturen i kundernas fjärrvärmecentraler. Framtemperaturen styrs av producenten det vill säga fjärrvärmeföretaget och returtemperaturen är ett resultat från avkyllningen i kundernas fjärrvärmecentraler. I en studie utförd av Stefan Petersson på FVB Sverige har 142 svenska fjärrvärmesystem undersökts och en årlig genomsnittlig fram- och returtemperatur av dessa har kartlagts. Studien visar att av dessa 142 system i snitt så ligger medelvärdena för framledningstemperaturer på 86 °C samt returtemperaturerna på 47,2 °C. Temperaturhållningen i nätena är inte standardiserade och varierar i landet beroende på

lokala förhållanden i respektive distributionssystem. Om man ser till dagens teknik och systemlösningar för en felfri fjärrvärmecentral bör dock de flesta svenska fjärrvärmesystem kunna ha generellt lägre returtemperaturer. En typisk felfri fjärrvärmecentral i dagsläget skulle fungera bra och ha de årliga teoretiska fram- och returtemperaturerna 69 respektive 34°C (Frederiksen Werner 2014)

Avvikelser vad gäller returtemperaturer mellan faktiska och teoretiska temperaturer kan bland annat orsakas av:

- Kortslutningsflöden mellan fram och returledningar, där varmt framledningsvatten cirkulerar in i returledningen utan avkylning.
- Avkylningsfel i kundernas värmesystem.
- Avkylningsfel i kundernas fjärrvärmecentraler.

Kortslutningsflöden kan både vara avsiktliga men också oavsiktliga, avsiktliga kortslutningsflöden kan finnas vid värmeglesaområden som har höga värmeförluster för att upprätthålla en lägsta framtemperatur, speciellt under sommaren då värmebehovet är lågt. De kan också användas för att undvika frysning på vintern i distributions- och servisledningar, som saknar kunder.

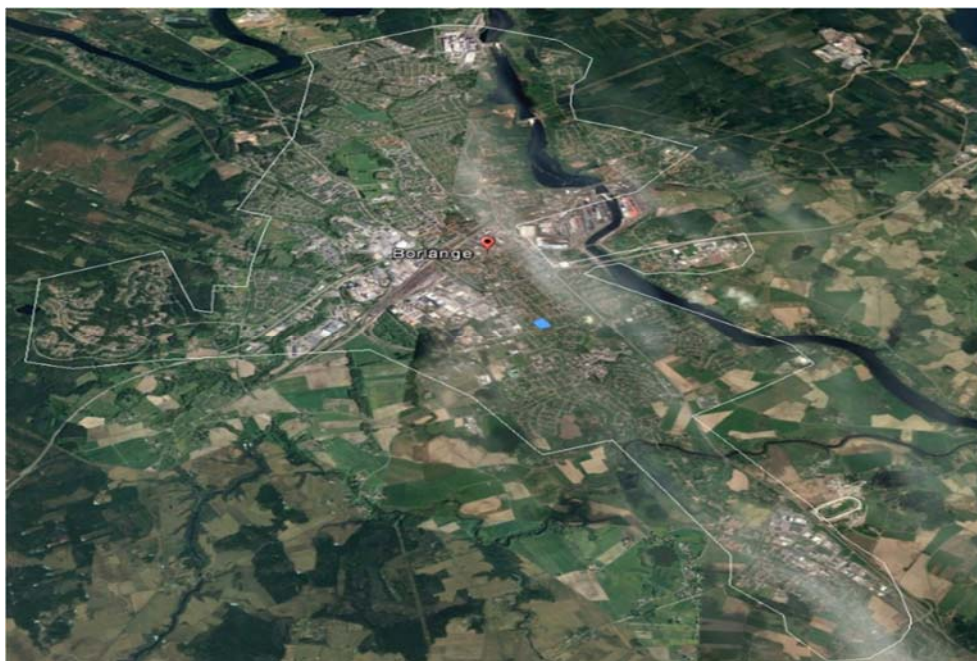
För att få fram en kostnadsreduktionsgradient och se hur mycket man kan spara genom sänkta returtemperaturer (SEK/MWh, °C) har Stefan Petersson på FVB Sverige gjort en studie på 27 svenska fjärrvärmesystem, resultatet från studien visar att medelvärdet uppgick till besparingen 1,5 SEK/MWh, °C. Detta visar att det finns besparingspotential i att sänka returtemperaturerna framförallt om man har rökgaskondensering och lågtempererad spillvärme som värmer systemen. Detta eftersom spillvärmens då i större utsträckning kan ersätta dyra och högt beskattade fossila bränslen för mellan- och spetslast, samt att mer energi kan utvinnas ur rökgaskondenseringen. (Frederiksen Werner 2014).

2.3 Borlänge Energi AB

Borlänge Energi AB är ett kommunalt bolag som bland annat levererar fjärrvärme till borlängeborna. Företaget har totalt på alla avdelningar ca: 250 st. anställda, nettoomsättningen uppgick till 243,9 Mkr år 2016. Borlänge Energi producerade år 2016 ca: 484 GWh värme. (Borlänge Energi 2017)

2.4 Borlänge Energis fjärrvärmenät

Fjärrvärmenätet i Borlänge började byggas år 1969 och består idag av ca: 304 km ledning. Årsmedeltemperaturen i nätet ligger på 81,25°C i framledning samt 44,95°C i returledningen. I figur 2 nedan visas en karta över Borlänge samt inom vit markering utbredningen av fjärrvärmenätet (Borlänge Energi 2017)



Figur 2 visar gränserna för Borlänge Energis fjärrvärmenät.

2.5 Området Gylle

Gylle är ett bostadsområde i Borlänge som består av både enplans- och tvåplansbostäder, området omfattar 14 st fastigheter med totalt 63 st lägenheter. Delar av området är i skrivande stund redan byggt och anslutet till fjärrvärmenätet. Övriga fastigheter är under byggnation och kommer också anslutas till fjärrvärmenätet, samtliga bostäder har en egen fjärrvärmecentral per bostad (lägenhetscentral). All fjärrvärme är projekterat och byggt på vanligt konventionellt sätt, kort förklarar att man ansluter en fram- och en returledning till fjärrvärmecentralen Figur 3 nedan visar en översiktsbild på området.



Figur 3 visar fastigheterna i Gylle.

3. Teknik och ekonomi

I detta kapitel beskrivs fjärrvärmens tekniska funktion mer detaljerat och ger läsaren förutsättningarna som behövs för att förstå studien. Även en sammanfattning av litteraturstudien som gjordes ges i detta kapitel.

3.1 Konventionell Fjärrvärmedistribution

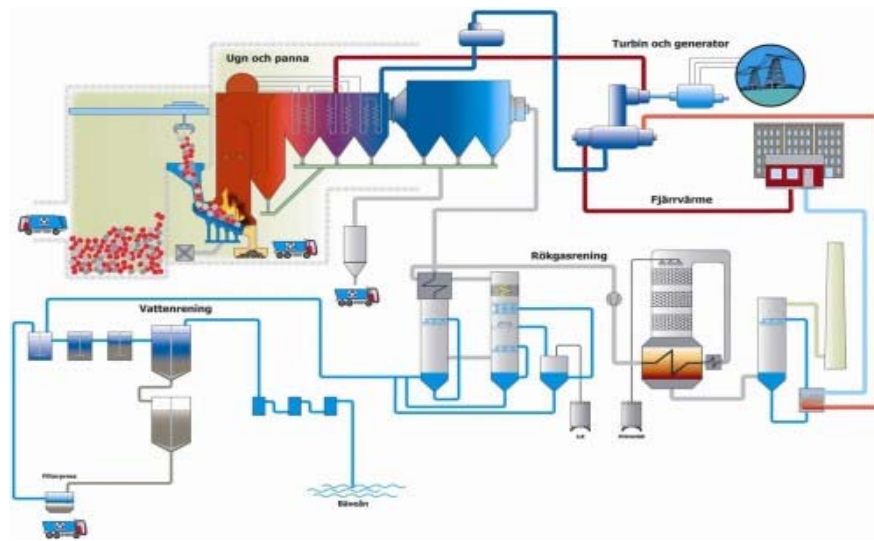
Fjärrvärmens distributionsnät är ett slutet system där fjärrvärmevattnet är trycksatt och pumpas runt i rörledningar från värmekällan ut till kundernas fjärrvärmecentraler. Ledningarna är isolerade för att minska värmeförluster samt nedgrävda i marken. Trycket i systemen är maximalt 16 bar och framledningstemperaturerna uppemot 120 °C beroende på system, energibehov, utomhustemperatur etc. Andra förutsättningar för fjärrvärmedistribution finns också men detta är vad som allmänt är förutsättningarna för dagens fjärrvärmeteknik. (Feredriksen werner 2014). Fjärrvärmenäten är uppbyggda med en framledning och en returledning, vattnet pumpas ut i framledningen från ett värmeverk till en fjärrvärmecentral i byggnader med ett värmebehov, där överförs värmen till husets egna interna värmesystem. Efter avgivning av energi i fjärrvärmecentralen tappar vattnet tryck och temperatur och pumpas därefter tillbaka i en returledning till värmekällan där det värms upp igen för att sedan på nytt pumpas ut till kunderna. (Rydegren 2017).

3.2 Kraftvärmeverk och rökgaskondensering

Dem flesta fjärrvärmenäten i Sverige har ett kraftvärmeverk som producerar både värme och elektricitet som värmekälla. I Borlänge är man också bra på att utnyttja Spillvärme från industrier, där man tar nästan hälften av all värme från SSAB:s restvärme samt spillvärme från Stora Enso. Resterande värme produceras från kraftvärmeverket Bäckelund där man använder källsorterat avfall och flis som bränsle för att producera både värme och elektricitet. Utöver detta finns reserv- och spetsanläggningar i systemet i form av olje- och elpannor (Borlänge Energi, 2016).

Ett kraftvärmeverk fungerar så att bränslet förbränns i en panna, exempelvis biobränsle. Vatten i pannan börjar tillslut koka och överhettas till ånga med temperaturer på uppemot 500-600 °C i ångpannan. Den överhettade ångan transporteras genom en turbin, där omvandlas ångan till mekanisk energi som driver en generator som i sin tur producerar elektricitet. Efter turbinen är ångan nedkyld och trycket har sänkts men ångan är fortfarande varm. Ångan leds då vidare till kondensatorn där fjärrvärmens returflöde kyler ångan samtidigt som den själv hettas upp igen för att åter pumpas ut på framledningen i primärnätet, för att på nytt tillgodose kundernas värmebehov. Den nedkylda ångan kondenserar och omvandlas till vatten i kondensatorn och pumpas tillbaka till pannan för att hettas upp igen (Alvarez 1990). Moderna kraftvärmeverk använder oftast en rökgaskondensator vilket också Borlänge Energi gör vid sin anläggning Bäckelund. En rökgaskondensator tar till vara på värmeenergin från rökgaserna i förbränningspannan som

annars går förlorad. Med energin från rökgaskondenseringen förvärmer man returflödet från fjärrvärmenätet innan den går igenom kondensatorn för ytterligare uppvärmning. Ju lägre returtemperaturer fjärrvärmevattnet har desto effektivare blir avkylningen i rökgaskondenseringen, och på så vis kan pengar sparas i produktionen således blir också hela systemet mer resurseffektivt. (Frederiksen Werner 2014) Figur 4 nedan visar en schematisk bild över ett kraftvärmeverk med rökgaskondensering anslutet till ett fjärrvärmenät. Om man följer den ljusblå linjen (returvattnet) ser man att det först förvärms av rökgaskondenseringen för att sedan värmas på nytt i kondensatorn av ångan som gått igenom turbinen.



Figur 4 visar hur fjärrvärmevattnet förvärms med hjälp av rökgaskondensering

3.3 Fjärrvärmecentralen/undercentralen

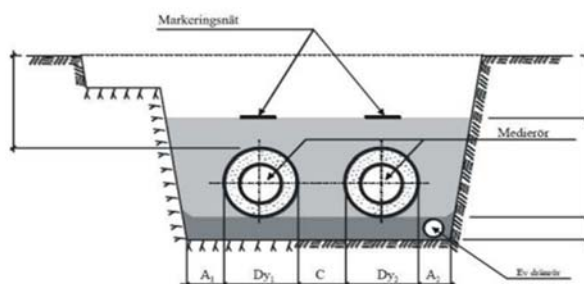
För att kunna tillgodose kundens tappvarmvatten- och värmebehov krävs det en fjärrvärmecentral vars uppgift är att växla värmen från distributionsnätet till kundens egna interna värmesystem. Det finns också olika typer av distribution inom byggnaderna, det vanligaste typerna i landet är att enfamiljshus har egna fjärrvärmecentraler, medan större flerbostadshus har en fjärrvärmecentral för hela fastigheten som försörjer flera lägenheter/bostäder, vilket ofta benämns undercentral. (Frederiksen Werner 2014) Undercentraler som försörjer större flerbostadshus resulterar i långa varmvattenledningar från undercentralen ut till lägenheterna. För att systemet då ska fungera effektivt använder man varmvattencirkulation (VVC) för att hålla varmvattenledningen varm. Om man inte har VVC i systemen skulle varmvattnet i ledningarna bli stillastående mellan varmvattentappningarna och svalna. Detta skulle resultera i att stora volymer avkyld varmvatten först måste tömmas innan man får varmt vatten i kranen/duschen, alltså skulle det ta lång tid innan man fick varmvatten i kranen (Warfvinge Dahlblom 2010). Det finns också krav på att varmhålla ledningarna för att inte legionella ska spridas som är en bakterie och kan skapa ohälsa om de förekommer i vattnet och smittar människor. För att

dessa inte ska kunna leva i vattnet och spridas krävs en temperatur på minst 50 °C i systemen (Boverket, 2015)

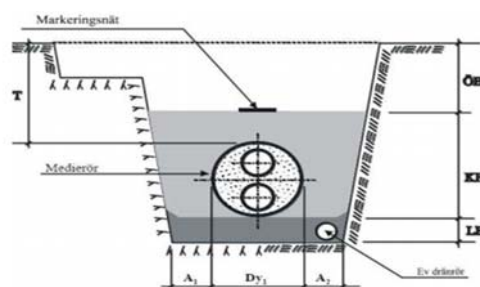
Flerbostadshus kan också använda lägenhetscentraler, vilket är fallet för området Gylle. Det innebär att varje lägenhet har en egen fjärrvärmecentral. Resultatet av detta innebär att tappvarmvattnet produceras närmare tappstället som gör att VVC inte är nödvändigt, således kan också en lägre framledningstemperatur hållas i framledningen av varmvattnet. Lägenhetscentraler ger också kunden en överblick på sin egen energiförbrukning och inte bara hela byggnadens som är fallet av centrala undercentraler. (Frederiksen Werner 2014)

3.4 Distributionsledningarna

Generellt sett kan fjärrvärmerören delas upp i två kategorier: singelrör och twinrör. Singelrören är två skilda rör förlagda bredvid varandra se figur 5 där det ena röret tituleras tilllopps- respektive returrör. Tillloppsröret distribuerar det varma vattnet medan returröret leder det avkylda vattnet tillbaka till produktionsanläggningen. I Twinsystemet ligger istället de båda rören i samma hölje där tillloppsröret ligger nedanför returen se figur 6. (Svensk Fjärrvärme AB 2015). Dessa rör kommer i olika dimensioner, det vill säga olika storlekar på rörens innerdiameter som benämns exempelvis ”dn25” vilket betyder att rörens innerdiameter är 25 mm. Rörens dimension varierar med effektbehovet, ju större dimension desto större effekt kan levereras. Utöver detta finns också olika storlekar på höljet som innefattar ledning + isolering som också anges i millimeter.



Figur 5 visar en schaktsektion för singelrör (



Figur 6 visar schaktsektion för twinrör

3.5 4th generation district heating 3 pipe solution (4GDH-3P)

4GDH-3P står för (4:e generation district heating 3 pipe solution) och är en ny teknik inom fjärrvärmedistribution som håller på att tas fram. Enkelt kan man säga att ett tredje rör läggs ner som kopplas ihop med framledningen i anslutning till fjärrvärmecentralen. När lägenheten inte har något värmebehov eller TVV-behov pumpas framledningssvattnet tillbaka på den primära framledningen, istället för att flöda genom centralen utan värmeavgivning och ut på returflödet. Detta gör så att returflödet inte värms i onödan, samt att framledningssvatten då istället kan flöda vidare på primär framledning till andra delar i nätet, som då har värmebehov eller TVV-behov momentant. Detta kan förhoppningsvis göra skillnad i energibesparing men också så att returtemperaturerna kan hållas ned. Själva grundtanken med 4GDH-3P är att även när det finns värmebehov kan man ha ett varmhållningsflöde i det tredje röret, så att också framledningstemperaturerna kan hållas ned, denna aspekt har dock inte tagits upp närmare i denna rapport.

I och med att olika lägenheter har olika behov momentant av TVV-beredning är en av förutsättningarna för denna teknik att det finns lägenhetscentraler, det vill säga en fjärrvärmecentral per lägenhet. Istället för att ha en central undercentral för hela fastigheten. (Fjärrvärmetidningen, Svensk Fjärrvärme, 2017) Figur 7 nedan visar och beskriver grundtanken bakom 4GDH-3P.



Figur 7. Visar Grundtanken av 4GDH-3P.

3.6 Tekniska parametrar

Effekt

Den värmeeffekt som fjärrvärmen avger i en fjärrvärmecentral kan beräknas genom ekvation 1:

$$P = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_f - T_r) \quad (1)$$

$P = \text{effekt (kW)}$

$\dot{m} = \text{massflöde (kg/s)}$

$c_p = \text{specifik värmekapacitet för vatten (kJ/(kg·K))}$

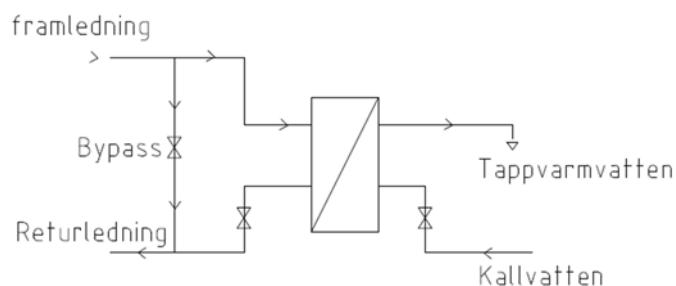
$T_f = \text{framledningstemperatur (K)}$

$T_r = \text{returtemperatur (K)}$

Ekvation 1 består av tre parametrar och det är dessa som styr hur stor effekt som fjärrvärmevattnet levererar till kunden. C_p som är den specifika värmekapaciteten för vatten varierar något med temperaturen, men det är så pass lite så att den kan ses som en konstant oberoende av temperaturen. Detta gör att effekten beror av värmeavgivningen i fjärrvärmecentralen, det vill säga skillnaden mellan framledningstemperaturen T_f och returtemperaturen T_r samt massflödet \dot{m} . För att få detta till en energimängd (kWh) multiplicerar man med den tid i timmar (h) effekten har flödat.

Uppvärmning av byggnad och tappvarmvatten (TVV) med fjärrvärme

En byggnad har två olika värmebehov, det ena är uppvärmning av bostadens ytor och det andra är tappvarmvatten. I snitt gör en villa i Sverige av med runt 20 000 kWh för uppvärmning samt TVV (E.ON 2017). De flesta fjärrvärmeanslutna byggnader har ett radiatorsystem för uppvärmning. Radiatorsystemet har ett eget husinternt distributionssystem för uppvärmning, som har cirkulerande vatten som värms i värmeväxlaren i fjärrvärmecentralen, detta vatten går sedan igenom radiatorerna där värme avges i form av strålning och konvektion ut i byggnaden. Tappvarmvattnet har likaså ett eget distributionssystem i byggnaden och en separat värmeväxlare i fjärrvärmecentralen (Johansson 2011). Den vanligaste lösningen för TVV-beredning i Sverige är genomströmningsberedare (som också sitter i Gylle) där vattnet värms momentant vid behov (Johansson 2007) Figur 8 nedan visar funktionen hos en genomströmningsberedare.



Figur 8 visar en genomströmningsberedares funktion

Under sommaren (juni, juli och augusti) är uppvärmningsbehovet för lägenheter/villor nära 0 i alla fall i Borlänge där studien utförts. Då stängs flödet till bostadens uppvärmningssystem av. Detta gör så att fjärrvärmens enda uppgift då blir att värma TVV. För att kunna ha en effektiv uppvärmning av TVV finns en varmhållningscirkulation i centralen. De tider bostaden inte heller har något TVV-behov betyder det att fjärrvärmevattnet som cirkulerar i fjärrvärmecentralen "kortslogs" via en by-pass och skickas tillbaka på returen utan avkylning. Vilket resulterar i att returtemperaturen ökar något, en del av energimängden som kortslogs bedöms då också gå förlorad (Borlänge energi 2017). Det är framförallt detta som denna studie undersökt närmare, det vill säga hur mycket energi man kan spara på att inte skicka tillbaka kortslutet fjärrvärmevatten på returen genom tillämpning av 4GDH-3P. Samt räkna på hur mycket returtemperaturerna kan reduceras och vilka vinster det kan ge i form av energibesparing samt produktionsmässigt. En översikt av energianvändningen för villor månadsvis i Borlänge kan hittas i bilaga 1.

Blandningstemperatur i huvudledningen

För att räkna ut hur stora temperaturerna blir i returen för huvudledningen med kortslutet fjärrvärmevatten används ekvation 2:

$$T_b = \frac{(q_1 \cdot T_1) + (q_2 \cdot T_2)}{(q_1 + q_2)} \quad (2)$$

T_b = Blandningstemperatur i returledningen (°C)

q_1 = flöde från bypassen i fjärrvärmecentralen (l/s)

q_2 = flöde i returledningen (l/s)

T_1 = Temperatur i bypassen (°C)

T_2 = Temperatur i returledningen (°C)

Produktionskostnad för fjärrvärme i Borlänge

En uppskattad produktionskostnad för att producera 1 MWh fjärrvärme för Borlänge Energi under sommaren uppskattades till 126,5 kr/MWh rörligt pris, dessa priser antas gälla 3 månader: juni, juli och augusti. Denna kostnad inkluderar uppskattade priser på bränsle samt hur mycket man tjänar på att producera el i kraftvärmeverket med mera. Beräkningarna för kostnaderna gjordes med hjälp av Borlänge Energi och kan hittas i bilaga 2.

3.6 Ekonomi

De ekonomiska aspekterna som tas upp i studien grundar sig på investeringskalkyler som författaren uppskattat med hjälp av material- och schaktmängder över Gylle som tagits ifrån CAD-ritningar över området som sedan lades in i prislistor där kostnaderna för projektet uppskattades. Prislistorna hämtades från Borlänge Energi som dem själva använder vid upphandlingar av diverse projekt. Totalsumman för rör- och markarbetena summerades sedan ihop till den totalt uppskattade investeringskostnaden.

3.7 Litteraturstudie

1. 4:th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems

Henrik Lund, Sven Werner, Robin Wiltshire, Sven Svendsen, Jan Eric Thoresen, Frede Hvelplund, Brian Vad Mathiesen

I denna rapport har författarna tittat närmare på hur fjärrvärmens/fjärrkylans teknik bör utvecklas i framtiden. Rapporten grundar sig i att fjärrvärme/kyla kommer spela en viktig roll i framtidens hållbara energisystem, där man vill gå mot 100 % förnyelsebara energisystem i samhället. Den beskriver fjärrvärmens utveckling från generation 1-3 och hur vi ska utveckla fjärrvärmens för att nå generation 4. Rapporten indikerar också på att fjärrvärmens kommer att spela en viktig roll i framtidens samhälle, med hänvisning till att fjärrvärmens teknik måste vidareutvecklas för att kunna möta framtidens behov och utmaningar. Den röda tråden i 4:e generationens fjärrvärme beskrivs och det är att gå mot generellt lägre temperaturer i näten. Detta för att det ska bli mer effektivt att försörja byggnader i framtiden eftersom byggnader idag gör av med mindre energi än tidigare. De sänkta temperaturerna kommer också göra så att näten genererar mindre värmeförluster, samt ge möjlighet till att integrera fjärrvärmens med andra smarta energisystem. Framförallt kunna ta till vara på mer spillvärme och andra förnyelsebara energikällor som solvärme osv.

Efter att ha läst rapporten har jag fått en bra grund inom ämnet generellt. Det vill säga åt vilket håll man bör sträva mot i framtiden inom fjärrvärme för att kunna vara med och

bygga hållbara energisystem i samhället. Enligt författarna är det idag hög tid att börja implementera 4:e generationens fjärrvärme, så att fjärrvärmen kan fortsätta växa och vara med och bygga framtidens hållbara energisystem.

2. Fjärrvärmen i framtiden konkurrenssituation i ett framtida hållbart energisystem.

Håkan Sköldberg, Märten Haraldsson, John Johnsson, Bo Ryden, Anders Göransson, David Holmström, Ebba Löfblad, Thomas Unger

I den här rapporten undersöks fjärrvärmens framtida förutsättningar i ett hållbart energisystem med avseende på konkurrens och vissa omvärldsfaktorer. Rapporten behandlar fjärrvärmens utmaningar i Sverige den närmsta framtiden. Rapporten tar upp energi- och klimatpolitiska mål som finns inom EU och hur den svenska fjärrvärmen kan komma att påverkas av det, samt exempel på vad som bör göras för att nå målen. I och med att fjärrvärmen ses som ett effektivt energialternativ med liten miljöpåverkan kan den komma att spela en viktig roll i framtidens energiförsörjning i Sverige och EU. Det förutsätter dock politiska styrmedel- och beslut, så fjärrvärmen kan fortsätta att bidra med uppvärmning effektivt i ett resurssnålt samhälle.

Konkurrensen med bergvärmepumpar tas upp i ett kapitel där skillnader, för- och nackdelar för de båda alternativen beskrivs, samt vad fjärrvärmen bör förbättra för att bli mer konkurrenskraftig mot just bergvärmepumpar i framtiden. Dels så ser man i rapporten att i dagsläget är en bergvärmepump ett konkurrenskraftigt alternativ gentemot fjärrvärme, i alla fall om man tittar rent ekonomiskt. Detta indikerar mot att fjärrvärmen har en del att jobba på framförallt på fjärrvärmeprisets uppbyggnad. Rent miljömässigt visar sig fjärrvärmen vara bättre i rapportens jämförelse.

Ett alternativ för att försöka väga upp de kommande årens minskade värmeleveranser på grund av energisnåla hus och energieffektiviseringar, undersöks också i rapporten. Där nya potentiella marknader för fjärrvärme beskrivs så som markvärme, fjärrvärmedrivna vitvaror, absorptionskyla etc.

Sammanfattningsvis så har denna rapport gett mig en större inblick av hur den svenska fjärrvärmen generellt bör utvecklas i framtiden. Rapporten visar att en förändring krävs och det är mycket runt omkring som påverkar den framtida utvecklingen.

3. Energy and exergy analysis of low temperature district heating network Hongwei Li, Sven Svendsen

Författarna av denna artikel har tittat närmare på förutsättningarna att använda sig av fjärrvärme även där det är låg värmetäthet, dvs. mindre effektbehov. För att få fjärrvärmen att fungera även i sådana områden är det inte lönsamt med dagens höga temperaturer i näten. Detta eftersom byggnader kräver mindre energi, dels för att

byggnaderna är mer energisnåla men också för att värmeväxlare och annan teknik har blivit mycket effektivare.

Just denna rapport har kikat på hur Danmark lönsamt ska kunna leverera fjärrvärme till områden med lägre effektbehov. I och med detta har ett nytt koncept inom fjärrvärme kommit fram LTDH (Low Temperature District Heating). I dessa system arbetar man med temperaturer ner mot 55/25°C, istället för dagens system som har ca: 80/40°C. Författarna vill visa hur man kan öka effektiviteten i systemen med sänkta temperaturer, och att de fungerar och klarar kraven. Detta görs genom att titta närmare på energi och exergi inom systemen genom en analys. En energi och exergi analys kombinerar termodynamikens första lag samt begreppet entropi för att påvisa potentialen som finns i systemens energiomvandling. Det handlar också om energikvalitet dvs. hur man kan använda energi på ett mer effektivt sätt genom att sänka temperaturerna i näten. Rapporten visar hur ett lågtempererat fjärrvärmenät kan fungera för 30 st lågenergihus.

Analysen som gjordes grundar sig på ett hypotetiskt litet system, men resultaten indikerar ändå på att det finns god teknisk potential att gå mot lägre temperaturer generellt i fjärrvärmenäten.

4. Study of a district heating substation using the return water of the main system to service a low-temperature secondary network

J. Castro Flores, O. Le Corre, B. Lacarriere, V. Martin

I och med att samhället utvecklas och mer energisnåla områden byggs, står fjärrvärmen för utmaningar att kunna fortsätta lönsamt försörja dessa. I områden med lägre energibehov är konventionell teknik med dagens temperaturer i näten inte längre lönsam. Det finns många olika vägar att gå för att uppnå lägre temperaturer. Syftet med detta dokument är att föreslå en strategi för att kunna försörja lågenergiområden med hjälp av befintliga fjärrvärmenät. Eftersom lågenergihus inte behöver lika mycket energi för att täcka energibehovet, klarar man värmebehovet med mycket lägre framledningstemperaturer. Författarna menar att när nya exploateringsområden med lägre värmebehov byggs, kan man växla värmen i returflödet på det befintliga fjärrvärmenätet genom en värmeväxlare. Denna värme används sedan för att värma framledningen i det lågtempererade nätet. Detta är av vinst för båda nätverken i fråga då det befintliga nätet får en avkylning av sitt returflöde. Samtidigt som det lågtempererade nätet värms på ett effektivt sätt med redan producerad värme, utan ytterligare termiska energikällor.

Målet med studien var att visa hur effektivt man kan växla värmen från det befintliga nätet till det sekundära nätet eftersom det finns olika tekniker för att göra detta. Studien visar ett par olika alternativ och hur de fungerar.

5. Lowering district heating temperatures – Impact to system performance in current and future Danish energy scenarios

Torben Markussen, Wiebke Brix Markussen, Brian Elmegaard

Den här rapporten är baserad i Danmark och tittar närmare på hur lägre temperaturer i fjärrvärmenäten i Köpenhamn kommer att påverka systemen med avseende på minskade koldioxidutsläpp och minskad primär bränsleförbrukning.

Produktionen av kraftvärme i samband med fjärrvärme har länge visat en tydlig minskning av primärenergiförbrukningen. Författarna har i denna rapport undersökt hur fjärrvärmesystemet i Köpenhamn kan komma att fungera med ändrade förutsättningar. En simulering med ökad integrering av förnyelsebara energiproducenter i energisystemet som t.ex. vindturbiner och så vidare istället för fler kraftvärmeverk för att minska koldioxidutsläppen görs i rapporten. Detta gör så att förutsättningar för fjärrvärmen ändras och det är mer optimalt att ha lägre temperaturer i näten.

Resultatet av rapporten visar att om man sänker framledningstemperaturerna i nätet till 60-70 grader så minskar den primära bränsleförbrukningen med 5-7%. Ytterligare sänkningar av temperaturer visar motsatta resultat då tappvarmvatten har specifika krav och kräver då el som topp i systemet för att kunna garantera temperaturerna som krävs.

3.8 Sammanfattning litteraturstudie

Eftersom 4GDH-3P är en ny teknik under utveckling så har det varit svårt att hitta underlag om specifikt 4GDH-3P i form av vetenskapliga artiklar. Litteraturstudien gjordes för att bredda den allmänna kunskapen om fjärrvärmen i samhället och dess kommande utveckling. Desto mer tid under studien har lagts åt kontakt med sakkunniga inom branschen för att komma framåt i utredningen.

Denna litteraturstudie visar dock att det finns behov och potential för att fjärrvärmen ska utvecklas och till det kan 4GDH-3P vara en bra lösning i framtiden. Där grundtanken är att 4GDH-3P ska fungera som en teknislösning för framtida anslutningar av lågenergibygnader i Europa (Averfalk, Werner 2017) Denna rapport utreder om man likaså skulle kunna implementera 4GDH-3P i befintliga fjärrvärmenät vid utbyggnationer.

4. Metod

Metodkapitlet ämnar att beskriva vilka metoder som används i studien, vilket är en övergripande litteraturstudie, en modelluppbyggnad av området Gylle, Intervjuer och kontakt med personer inom branschen samt diverse beräkningar.

Litteraturstudie

En generell litteraturstudie utfördes innan arbetet och under arbetets gång. Framförallt så har läroboken *Fjärrvärme och fjärrkyla* av Frederiksen och Werner varit till god hjälp och stöd under studien. Kontinuerlig kontakt med min handledare, möten och intervjuer hos Borlänge Energi samt med andra sakkunniga inom området har också legat som grund för studien. Vetenskapliga artiklar har främst hämtats från Högskolan i Gävles sökmotor Discovery. Några sökord som användes var "District heating", "low temperature", "4:th generation". Artiklar har också lästs och hämtats från Svensk fjärrvärme och deras forskningsprogram fjärrsyn. Utöver detta har läroböcker från studietiden varit till hjälp vid vissa oklarheter under studiens gång.

Uppbyggnad av modell

Modellen innefattar området Gylles fjärrvärmeledningar och hämtades från CAD-ritningar som var projekterade sedan tidigare. Utifrån dessa lades rör och komponenter till för att se hur området skulle skilja sig om man byggde efter 4GDH-3P istället. Denna modell låg som grund för materialspecifikationerna och investeringskalkylerna.

Materialspecifikation

En uppskattad materialspecifikation för området gjordes, det vill säga totala mängder rör- och rörkomponenter summerades ihop. Samt en specifikation över totala schaktmängder och markarbeten.

Investeringskalkyler

Som nämndes tidigare grundar sig investeringskalkylerna på materialspecifikationen samt schaktmängderna över Gylle som hämtades ifrån CAD-ritningar över området. Dessa mängder lades in i prislistor hämtade hos Borlänge Energi. I dessa prislistor fanns materialkomponenternas pris/st eller pris/meter samt pris för arbete uppskattat. Exempelvis om 50 meter rårör twin dimension 80 är med i specifikationen fanns ett pris/meter för materialet samt ett pris/meter för arbetet uppskattat. Genom att summera dessa två parametrar erhöles ett totalpris för varje materialkomponent som innefattade arbeten inklusive erforderligt material till fullt färdiga och idrifttagna fjärrvärmeledningar. Likadant gällde för markarbeten där uppskattade schaktmängder beräknades från CAD-ritningarna över området. Till dessa fanns också prislistor med upphandlade priser på

markarbetena. Prislistorna visade sig vara sekretessbelagda så dessa uppgifter finns ej med i rapporten endast de totala kostnaderna redovisas.

Beräkningar

Som grund för beräkningarna tillhandahölls parametrar i form av temperaturer, flöden och produktionskostnader av Borlänge Energi, för att få fram dessa användes ett simuleringsprogram för rörkonstruktioner som heter NetSim. Eftersom simuleringarna gjordes av Borlänge Energi redogörs inte något mer här hur programmet fungerar. Resultaten av simuleringen kan hittas i bilaga 3. Liknande parametrar gällande fjärrvärmecentralerna hämtades från företaget Ke-therm som är försäljare av fjärrvärmecentraler. Där samtal med försäljningsingenjörer låg som grund för att få förståelse över hur centralerna fungerar med fokus på flödena i centralerna.

5. Modell

Detta kapitel beskriver modellen som studien utgår från, det vill säga området Gylles förutsättningar och uppbyggnad av fjärrvärmeledningar samt materialspecifikationer för området. Även förutsättningarna för beräkningarna redogörs.

5.1 Gylles fjärrvärmeledningar

Området Gylle är delvis byggt och kommer att byggas med fjärrvärmekulvert av stål som har dimensionerna dn25- dn80 som är ihopkopplad med befintlig huvudledning. Servisledningarna in till fastigheterna är av koppar och dimension dn22. Området är byggt på vanligt konventionellt sätt med twinrörssystem som har en fram och en returledning. Figur 9 nedan visar ungefärligt fjärrvärmeledningarna i området Gylle, där svart linje är huvudledningen, lila är stålrör anslutet till befintliga huvudledningen och de gröna är servisledningarna (koppar) in mot fastigheterna.



Figur 9 visar fjärrvärmeledningarna i området Gylle.

För att visualisera skillnaderna i kostnader att bygga med konventionell teknik mot 4GDH-3P. Gjordes en material- och markarbetspecifikation för konventionell byggnation, för att sedan lägga till de material- och markarbeten som krävs för 4GDH-3P.

5.2 materialspecifikation konventionell byggnation

Tabell 1 och tabell 2 nedan visar materialspecifikationen för Gylles fjärrvärmebyggnation. Förklaringar på benämningar, exempel: Rakrör dimension 80 mm med mantel 280 mm = 2x80/280, där 2 står för 2st ledningar (twinrör), 80 för rörets dimension samt 280 för hela höljets dimension.

För komponenter som exempelvis 90-graders böjar, t-stycken och reduceringar specificeras följande: benämning, dimension 1, mantel 1, dimension 2, mantel 2 (dim. 2 och mantel 2 = vid reduceringar och avgreningar) samt antal. Exempel: ett t-stycke som har dimension 2x80 på röret och 250 på mantel och på avsticket dimension 25 samt mantel på avsticket 160: **benämning:** T-stycke, **dimension 1:** 2x80, **mantel 1:** 250, **dimension 2:** 25, **mantel 2:** 160.

Tabell 1. Materialspecifikation rör.

Benämning	Längd (m)
Rakrör 2x80/280	125
Rakrör 2x40/180	30
Rakrör 2x32/180	50
Rakrör 2x25/160	100
Cu-flex 2x22/110	530

Tabell 2. Materialspecifikation rörkomponenter.

Benämning	Dimension	Mantel 1	Dimension 2	Mantel 2	Antal (st)
90-böj	2x80	280			4
90-böj	2x32	180			2
90-böj	2x25	160			6
90-böj	2x40	180			2
t-stycke	2x80	280	2x25	160	11
t-stycke	2x80	280	2x32	180	1
t-stycke	2x80	280	2x40	180	1
t-stycke	2x32	180	2x25	160	7
t-stycke	2x25	160	2x25	160	6
t-stycke (koppar)	2x22	110	2x22	110	3
Byxrör typ y-rör	2x80	280	1x180	180	2
Avstängningsventil	2x80	280			1
Reducering	2x32	180	2x25	160	1
Korsstycke	2x80	280	2x25	160	2
Korsstycke	2x40	180	2x25	160	2
Korsstycke	2x32	180	2x25	160	1
Korsstycke	2x25	160	2x25	160	2

De markarbeten som krävs i området är schakt- och markarbeten. Markarbetena har ett pris/meter, priset sätts med hänsyn till typ av markyta samt hur djup schakten blir som dels styrs av svensk fjärrvärmes bestämmelser (Svensk Fjärrvärme AB 2015) men också av hur stora rörens ytterhölje är. Mängderna för markarbetena i området Gylle redovisas nedan i tabell 3.

Tabell 3. Specifikation markarbeten

Markarbeten för fjärrvärmeledning	Typ av markyta	Längd (m)
Dubbelrörsledning med ytterhölje 128-225 Ø	Gräs och grusyta	710
Dubbelrörsledning med ytterhölje 250-450Ø	Gräs och grusyta	125

5.3 Materialspecifikation 4GDH-3P

För att 4GDH-3P skall fungera krävs det att mer material läggs till. Framförallt i form av det ”tredje” röret och tillhörande komponenter som leder tillbaka vatten till primär framledning. Vilket också gör att mer markarbeten kommer att behövas, samt en cirkulationspump som kan driva vattnet i det tredje röret. Figur 10 nedan visar en övergripande skiss över Gylle efter tillämpning av 4GDH-3P. Där gul linje motsvarar det tredje röret som går från varje lägenhetscentral tillbaka till det primära tillloppsroret i huvudledningen.

Som det tredje röret beräknas det räcka med ett enkelrör stål dimension 32 för att kunna hålla en lagom cirkulation i systemet. Som pump har en enklare variant av cirkulationspump valts som klarar av kraven som ställs gällande tryckklass och flöde.



Figur 10 visar fjärrvärmeledningarna i Gylle vid tillämpning av 4GDH-3P

För att bygga enligt 4GDH-3P krävs det material som specificerats för konventionell byggnation samt de material och merarbeten som redovisas nedan i tabell 4, tabell 5 samt tabell 6.

Tabell 4. Materialspecifikation rör 4GDH-3P.

Benämning	Längd (m)
Rakrör 1x32/110	830

Tabell 5. Specifikation markarbeten 4GDH-3P.

Markarbeten för fjärrvärmeledning	Längd (m)
Enkelrörsledning med ytterhölje 90-180 Ø	830

Tabell 6. Materialspecifikation rörkomponenter 4GDH-3P.

Benämning	Dimension	Mantel 1	Dimension 2	Mantel 2	Antal (st)
t-stycke	1x32	125	1x25	125	44
90-böj	1x32	125			14
cirkulationspump					1

Ovan nämnda uppskattningar på material och arbete sammanställdes i Borlänge Energis prislister. Dessa kostnader och skillnader redovisas närmare under kapitlet resultat.

5.4 Flöden och temperaturer

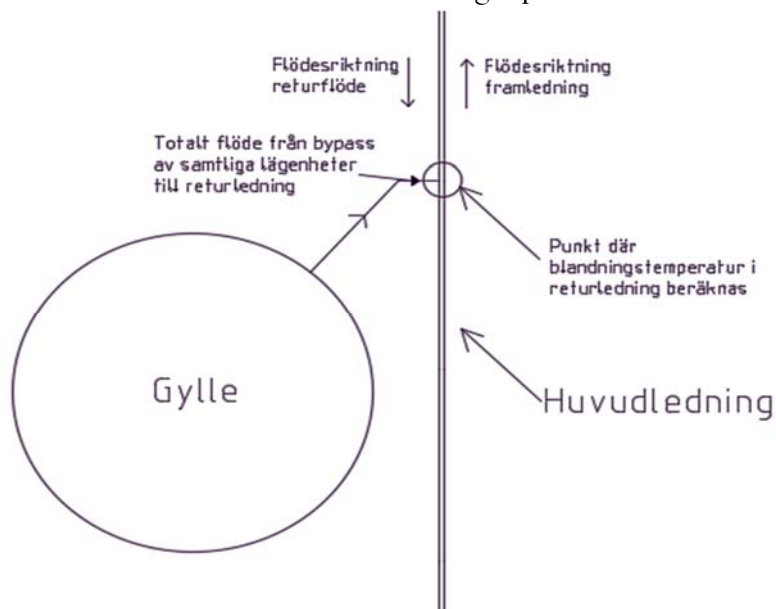
Flöden och temperaturer i huvudledningen i anslutningen till Gylle har erhållits ifrån Borlänge Energi och kan hittas i bilaga 3. Dessa flöden och temperaturer hämtades med hjälp av programmet NetSim som är ett simuleringsprogram för rörsystem.

Uppgifter om ett maxflöde som kan gå genom by-passen har fåtts från ett företag som tillverkar fjärrvärmecentraler (ke-therm). Utifrån dem uppgifterna har ett antagande om ett mycket mindre flöde under sommaren gjorts. Detta eftersom flödena kan variera utifrån olika förutsättningar och maxflödet antas aldrig vara igång. Flödets uppgift är endast till för att hålla cirkulation och varmhållning. (Borlänge energi 2017) De flöden och temperaturer som användes i beräkningarna redovisas nedan i tabell 7.

Tabell 7. Flöden och temperaturer.

	Flöden (l/s)	Temperatur (°C)
Returledningen	0,55	41,5
Framledning (By-pass)	0,005 (för en lägenhet)	76

I figur 11 nedan visas en enkel översikt med förklaringar på tanken över beräkningarna.



Figur 11 beskriver flödena från och bredvid Gylle.

Utifrån flödena och temperaturerna beräknades den kortslutna energimängd som bedömds gå förlorad genom by-passen, samt vilka reduceringar av returtemperaturen 4GDH-3P kan gå emot i returledningen. Först beräknades blandningstemperaturen i

huvudledningens returflöde som uppstår på grund av kortslutning i centralen via by-passen. För att beräkna blandningstemperaturen användes ekvation 2, där uppgifter om temperatur och flöde från by-passen i centralerna användes, samt rådande temperatur- och returflöde i huvudledningen. Efter att blandningstemperaturen blev känd kunde en energimängd beräknas. Denna energimängd beräknades med ekvation 1 där massflödet blir det summerade flödet från alla 63 lägenheter, T_r = blandningstemperaturen och T_f = framledningstemperaturen som råder i by-passen. Ett tillägg i ekvationen får göras med den tid som flödet uppskattas flöda, det vill säga under juni, juli och augusti i detta fall. Denna energimängd bedöms gå förlorad genom kortslutningen. Med tillämpning av 4GDH-3P kan man istället ta till vara på denna energi i andra delar av nätet. Reduceringen av returtemperaturen blev följaktligen skillnaden på blandningstemperaturen och returtemperaturen. Resultaten av beräkningarna redovisas i nästkommande kapitel.

6. Resultat och analys

Skillnader i investeringskostnad konventionell kontra 4GDH-3P

De totalt uppskattade investeringskostnaderna för att bygga på konventionellt sätt uppgick till 973 873 kr. Med tillägg av material och merarbeten för 4GDH-3P uppkom kostnaderna till 1 688 227 kr. Detta visar att för området Gylle skulle det uppskattningsvis kosta 714 354 kr mer att bygga enligt 4GDH-3P vilket är ett påslag på ungefär 73 % i investeringskostnad. Hänsyn skall tas till att beräkningarna ligger som grund för området Gylles förutsättningar och är uppskattade från upphandlade prislister som Borlänge Energi använder.

Temperaturer

Strävan efter lägre temperaturer i systemen är något som har positiva effekter. Några fördelar är lägre värmeförluster, mer utnyttjande av lågvärdig spill/restvärme istället för spetslast av olja i systemen, mer utnyttjande av rökgaskondensering och så vidare. I denna studie har endast ett mindre område med 63 lägenheter undersökts. Om man kan sänka temperaturerna just i området Gylle har det inte så stor inverkan totalt på hela systemet men det visar att det finns en viss potential om man skulle fortsätta bygga enligt 4GDH-3P i syfte att sänka returtemperaturerna i nätet. Resultaten för beräkningarna av temperaturer vid området Gylle visas i tabell 8.

Tabell 8. Resultat av blandningstemperaturen i returledningen vid Gylle.

Blandningstemperatur i returledning (°C)	Skillnad i returtemperatur vid 4GDH-3P (°C)
54	12,5

Tabell 8 visar att vid konventionell byggnation hamnar blandningstemperaturen i returledningen vid given punkt på 54°C eftersom by-pass och kortslutning finns i centralerna. Det är alltså en höjning just i den punkten med 12,5°C då rådande returtemperatur låg på 41,5°C. Alltså skulle temperaturen kunna ligga 12,5°C lägre i returledningen om man bygger med 4GDH-3P just i den punkten. Eftersom hela fjärrvärmesystemet är stort så kommer denna temperatur att blandas ut igen på vägen tillbaka till kraftvärmeverket, vilket i sig kommer ha försumbar inverkan. Men skulle man fortsätta att bygga enligt 4GDH-3P kan det komma att märkas även totalt sett. Det är dock svårt att göra en helhetsbedömning utifrån förutsättningarna till denna studie, men stämmer resultaten någorlunda visar det ändå att det finns en viss potential med tekniken om man vill sänka returtemperaturerna.

Uppskattad energibesparing om tillämpning av 4GDH-3P i Gylle

Tabell 9. Beräknad Energibesparing i Gylle.

Energibesparing/lägenhet (kWh)	Energibesparing för hela Gylle (kWh)
990	62570

Resultatet från beräkningarna visar att det finns en viss energibesparing att hämta. Åtanke skall ges till att vissa antaganden har gjorts då det varit svårt att få exakta svar om vissa parametrar, dels eftersom området är nytt och historisk data om flöden och temperaturer inte fanns. För att uppskatta dessa gjordes en simulering med hjälp av Borlänge Energi i Simuleringsprogrammet NetSim där rådande förutsättningar för systemet en typisk junidag antogs. Som visas i tabell 9 ser man att totala energibesparingen om man skulle bygga enligt 4GDH-3P i Gylle beräknas till 62,57 MWh under juni, juli och augusti. Denna beräkning redovisar alltså mängden energi som går åt för att värma returflödet 12,5°C i anslutningspunkten till Gylle under en sommar, denna energi antas istället kunna tas till vara på i andra delar av nätet om man tillämpar 4GDH-3P.

Uppskattad potential vid större implementering av 4GDH-3P

För att få perspektiv på resultaten skalades implementeringen av 4GDH-3P upp till 10 likadana områden det vill säga 630 lägenheter. Med enkel överslagsräkning skulle det innebära en energibesparing på 625 MWh under sommaren. Produktionskostnaden under sommaren uppgick till 126,5 kr/MWh. Detta visar att vid implementering av 4GDH-3P till 10st områden som är lika stora som Gylle beräknas man alltså spara 78 922 kr per sommar i sänkta produktionskostnader. Hänsyn skall tas till att produktionskostnaderna är uppskattade med rörligt pris och kan variera.

Andra jämförelser kan göras genom att se över vad en villa i snitt gör av med på 1 år i fjärrvärmeförbrukning. Som nämndes tidigare i rapporten ligger en snittförbrukning på en villa i Sverige på ca: 20 000 kWh. Alltså vid konventionell byggnation av 10 st "Gylle" går en energimängd motsvarande 31 villors årsförbrukning förlorad.

7. Diskussion

Investeringskostnader

Om man utgår från investeringskostnaderna så är 4GDH-3P betydligt dyrare och vinsterna ekonomiskt känns inte försvarbara enligt utredningen. I alla fall inte om man kollar endast på området Gylle. Lite oklarheter finns också i hur man ska prissätta 4GDH-3P eftersom prislistorna tar hänsyn till hur man bygger på konventionellt sätt. Själva materialpriserna är vad de är. Men prissättningar för markarbetskostnaderna enligt 4GDH-3P bör justeras i alla fall vad gäller markarbeten där pris för schakt av 3 rör inte fanns att hitta. Där gjordes istället antaganden för vad kostnaden uppgick till att schakta ett twinrör samt ett singelrör. Utifrån priserna för schakt som är satt för antingen singel- eller twinrör. Vilket kan vara lite missvisande. Författaren valde att räkna lite högt, sannolikt i praktiken ligger investeringen för 4GDH-3P något lägre än vad som visades i kalkylerna.

Temperaturer

Temperaturberäkningarna visar att det finns viss potential i att kunna sänka temperaturerna i näten med 4GDH-3P om man gör det i större skala. Närmare beräkningar på hur stor inverkan just en sänkning/höjning av temperaturerna i returledningen vid en viss punkt i nätet gjordes inte. Beräkningarna visar ändå att vid förutsättningarna som antogs vid Gylle är det möjligt att temperaturen ligger $12,5^{\circ}\text{C}$ lägre i en punkt i returledningen om man bygger enligt 4GDH-3P istället för konventionellt. Hänsyn till värmeförluster togs dock inte med i studien, vilket då indikerar på att $12,5^{\circ}\text{C}$ är något högt räknat.

Generellt sett för besparing i fjärrvärmesystem menar Frederiksen och Werner (2014) att man kan komma upp i siffror som 1,5 (SEK/MWh, $^{\circ}\text{C}$). Detta visar att ett värmeproducerande företag som har en årlig värmeförsäljning på 500 GWh sänker returtemperaturerna totalt i systemen med 10°C , motsvarar en besparing på 7,5 miljoner kronor per år.

Hur som helst visar det sig att det är bra att gå mot lägre temperaturer i systemen bara man klarar kraven för värmeleverans. Frågan är om det är värt att investera i just 4GDH-3P för att få en liten sänkning i returtemperaturen sett till hela nätet. För att svara på det bör utredningar göras på hur mycket som krävs för att komma ned i temperaturer generellt i näten och inte bara i en punkt som gjordes i denna rapport.

Energibesparing

Energibesparingen för hela Gylle uppgick enligt beräkningarna till 62,57 MWh för en sommar om man kör 4GDH-3P. Detta kan verka litet i sammanhanget för ett företag som producerar runt 484 GWh/år. Men själva grundtanken med 4GDH-3P är också vinster i att kunna varmhålla primär framledning under hela året. Detta i sig ska kunna resultera i reducerade framledningstemperaturer som i sin tur resulterar i ytterligare sänkta returtemperaturer. Hänsyn skall tas till att denna studie utgår från hur mycket man kan spara med tekniken under 3 månader och endast beräkningar av by-pass förluster i centralerna gjordes. Tekniken är i grunden till för nyanslutningar av lågenergihus och bör därför främst appliceras i sådana förutsättningar för att räkna hem hela vinsten med tekniken.

Denna studie visar ändå att en viss besparing teoretiskt finns att hämta vid implementering av 4GDH-3P i befintliga fjärrvärmenät. Beaktande ska också läggas till att energibesparingen bör vara något mindre, eftersom de momentana tappningarna av varmvatten inte tagits med i beräkningarna. Detta för att de var svåra att uppskatta, samt antas vara en liten siffra i sammanhanget. Ytterligare en aspekt som ej togs med i beräkningarna var värmeförluster i distributionsledningarna. Detta gör att energibesparingen med 4GDH-3P bör vara ytterligare något lägre i verkligheten, eftersom en viss mängd energi alltid ofrånkomligt går förlorad som värmeförluster genom rören. Frågan är om den större investeringen är värd att göra för den "lilla" vinsten i energibesparing i mindre projekt som Gylle

8. Slutsatser

Sammanfattningsvis kan konstateras att besparingar finns att hämta med 4GDH-3P. Men i storleksordningen som Gylle, visar det sig ovisst om den dyrare investeringen med ett påslag på drygt 70 % är värt det. En plan om hur man ska implementera tekniken i större utsträckning bör göras innan man beslutar om att bygga enligt 4GDH-3P. Detta för att se större vinster ekonomiskt men också ur ett helhetsperspektiv med miljö- och resursutnyttjande i åtanke.

Ett förslag är också att följa kommande testprojekt av tekniken för att förstå hur den lämpar sig praktiskt. Mer detaljerad information om hur flöden och temperaturer förhåller sig än denna studie rekommenderas också. Men förutsättningarna var begränsade dels på grund av att området Gylle är nytt och ingen historisk data om flöden och temperaturer kunde hittats. Därför gjordes en simulering samt vissa antaganden som man bör granska noggrannare hur dessa stämmer med verkligheten. Ytterligare förslag kan vara att undersöka djupare hur mycket man kan sänka temperaturerna totalt i nätet med 4GDH-3P vid större implementering. Och utifrån det försöka se hur det påverkar produktionen. Dels hur mycket mer rökgaskondensering som kan användas, mer el som kan produceras och säljas samt hur mycket mer lågvärdig spillvärme man skulle kunna använda istället för olja som spetslast.

9. Litteraturförteckning

Alvarez, H. 1990. *Energiteknik del 2. 3*. Lund: Studentlitteratur.

Arvidsjaurkommun. 2016. *Principskiss över fjärrvärme*.

http://www.arvidsjaur.se/globalassets/hur_fungerar_vm_v2.jpg (Hämtad 2017-04-07)

Averfalk, H., Werner, S. 2017 *Framtida fjärrvärmeteknik och 4GDH*. [PDF], [Föredrag på distributionsdagarna 2017].

Borlänge Energi. 2016. *Våra produktionsanläggningar*. Borlänge Energi AB.

<http://www.borlange-energi.se/sv/Fjarrvarme/Vara-produktionsanlaggningar/> (Hämtad 2017-04-10)

Borlänge Energi. 2017. [Intervju/möte]. 19 maj 2017

Boverket. 2015. *Boverkets byggregler, kap 6 Hygien, hälsa och miljö*. Boverket.

<http://www.boverket.se/globalassets/vagledningar/kunskapsbanken/bbr/bbr-22/bbr-avsnitt-6> (Hämtad 2017-05-04)

C, Flores., Corre, O., Lacarriere, B., Martin, V. 2014, "study of a district heating substation using the return water of the main system to service a low-temperature secondary network" *The 14th International Symposium on District Heating and Cooling*

E.ON. 2017. *Normalförbrukning*. E.ON. <https://www.eon.se/privat/for-hemmet/energiradgivning/normalfoerbrukning.html> (Hämtad 2017-05-29)

Johansson, P. 2011. *Temperatureffektiva fjärrvärmesystem: Effektivisering av fjärrvärmeanslutna byggnader*. Diss., Lunds universitet.

Johansson, P. 2007. *Fjärrvärmeanslutna byggnaders värme- och varmvattensystem- samverkan, komfort och sårbarhet*. Lic.-avh., Lunds universitet.

Li, H. & Svendsen, S. 2012, "Energy and exergy analysis of low temperature district heating network", *Energy*, vol. 45, no. 1, pp. 237-246.

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*, vol. 68, pp. 1-11.

Ommen, T., Markussen, W.B. & Elmegaard, B. 2016, "Lowering district heating temperatures – Impact to system performance in current and future Danish energy scenarios", *Energy*, vol. 94, pp. 273-291

Regeringskansliet. 2015. *Övergripande mål och svenska mål för Europa 2020*. Regeringen.
<http://www.regeringen.se/sverige-i-eu/europa-2020-strategin/overgripande-mal-och-sveriges-nationella-mal/> (Hämtad 2017-04-05)

Rydegren, E. 2017. *Fjärrvärmenäten distribution* Energiföretagen.
<https://www.energiforetagen.se/sa-fungerar-det/fjarrvarme/fjarrvarmenaten--distribution/> (Hämtad 2017-04-10)

SCB. 2016. *El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2015*. Stockholm. Statistiska centralbyrån.

Sjöström, A. 2017. *Om fjärrvärme*. Svensk fjärrvärme.
<http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/> (Hämtad 2017-04-05)

Sköldberg, H., Haraldsson, M., Johnsson, J., Göransson, B., Holmström, D., Löfblad, E., Unger, T. 2011, "Fjärrvärmen i framtiden konkurrenssituation i ett framtida hållbart energisystem", *Rapport 2011:2*

Svensk Fjärrvärme AB. 2009. *Fjärrvärme- A real success story*. Stockholm. Svensk Fjärrvärme AB.

Svensk Fjärrvärme AB 2015. *Läggningsanvisningar för fjärrvärme- och fjärrkylorör*. Stockholm: Svensk Fjärrvärme AB.

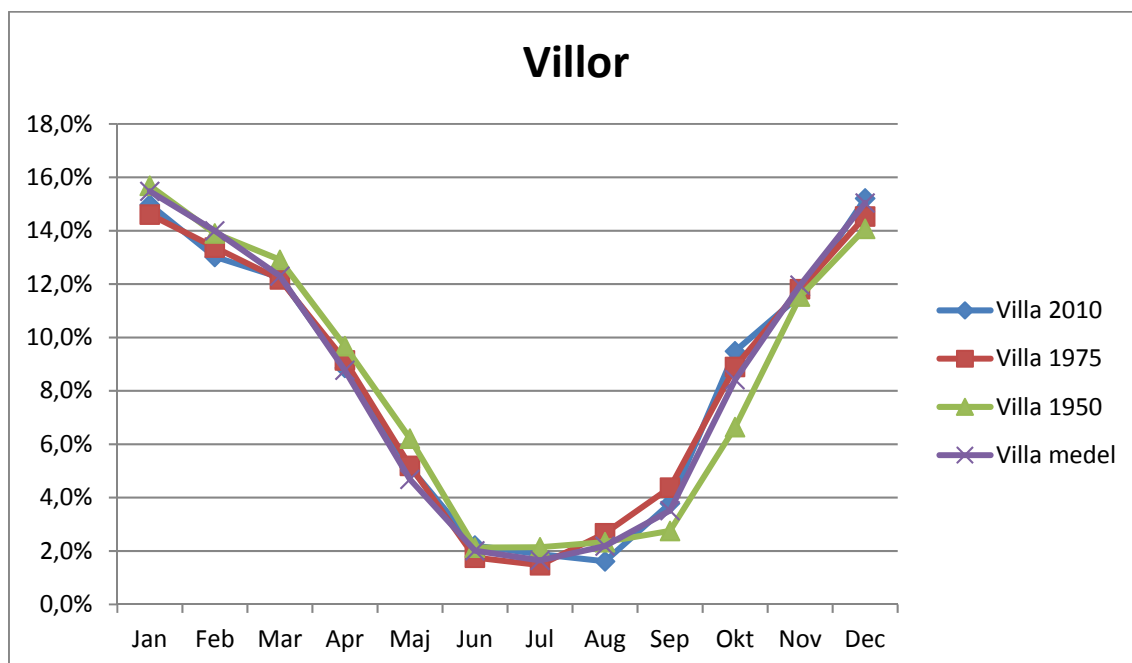
Svensk fjärrvärme 2017. *Fjärrvärmetidningen nr 1-2017*.
<http://www.svenskfjarrvarme.se/Om-oss/Fjarrvarmetidningen/Fjarrvarmetidningen-2016/> , (Hämtad: 2017-05-16)

Warfvinge, C., Dahlblom, M. 2010. *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur.

Werner, S., Frederiksen, S. 2014. *Fjärrvärme och fjärrkyla*. Lund: Studentlitteratur.

Bilagor

Bilaga 1



Figur B1 visar hur energianvändningen för villor i Borlänge varierar månadsvis.

Figur B1 redovisar hur stor andel av energianvändningen villorna i Borlänge använder per månad. Lägsta användningen visar sig vara juni, juli och augusti. Då antas det att endast momentana tappvarmvattenbehov finns och inget värmebehov.

Bilaga 2

Tabell B1 visar medelkostnad för att producera 1 MWh värme i Borlänge en typisk junidag.

Pannlast (MW)	Andel RKG (%)	Turbineffekt (MW)	Bränslepris (kr/MWh)	Elpris (kr/MWh)	Elcert (kr/MWh)	Pannverkningsgrad (%)	Rörligt D&U (kr/MWh)	Totalpris (kr)	RKG (MW)	(kr/MWh värme medel)
17	0,22	3,45	165	200	100	0,9	10	2252	3,7	130,2
18	0,22	3,8	165	200	100	0,9	10	2340	4,0	128,9
19	0,22	4,15	165	200	100	0,9	10	2428	4,2	127,6
20	0,22	4,5	165	200	100	0,9	10	2517	4,4	126,5
21	0,22	4,85	165	200	100	0,9	10	2605	4,6	125,4
22	0,22	5,2	165	200	100	0,9	10	2693	4,8	124,5
23	0,22	5,55	165	200	100	0,9	10	2782	5,1	123,6

I tabell B1 visas ett utdrag från en Excel-fil där förutsättningarna för värmeproduktionen i Borlänge redovisas som varierar med pannlast och turbineffekt. Den gulmarkerade raden visar förutsättningarna för produktionen en typisk junidag. Där kan man se att medelpriset för värmeproduktionen uppgick till 126,5 kr/MWh.

Bilaga 3

Nedan följer resultatfilen av simuleringen i NetSim som Borlänge Energi Bistod med. Indatan nedan visar hur förutsättningarna är i systemet en typisk junidag.

Beräkning i NetSim för Gylle 2:42 som ska användas till Simon Strandhs examensarbete på FVB.

Indata

Produktion

Bäckelund 23,5 MW 78°C framledningstemperatur

SSAB 5 MW 78°C framledningstemperatur

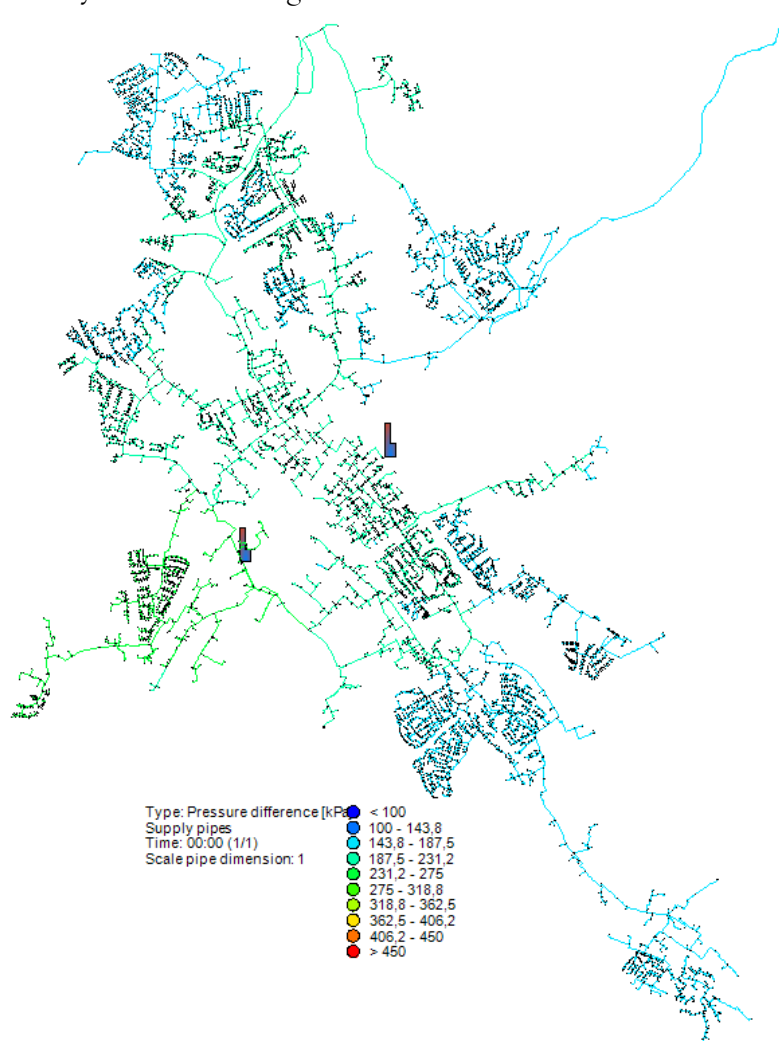
Ingen export till Falun

Styrning av tryckhållning i Årby, börvärde 180 kPa

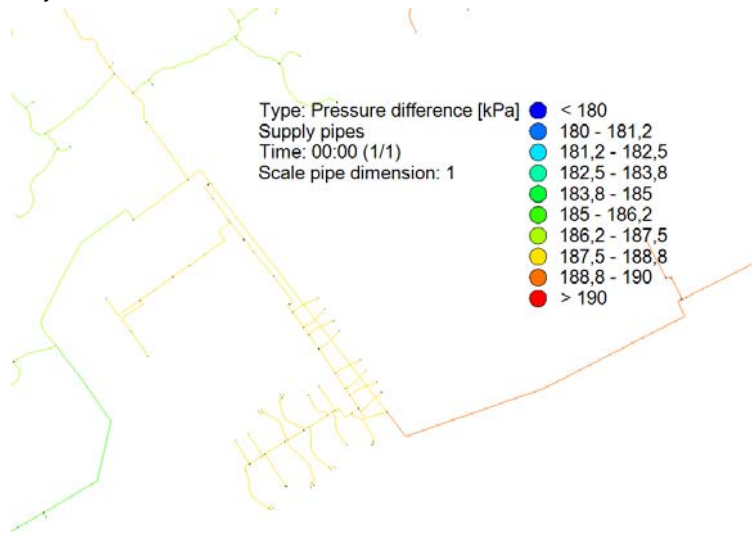


Resultat

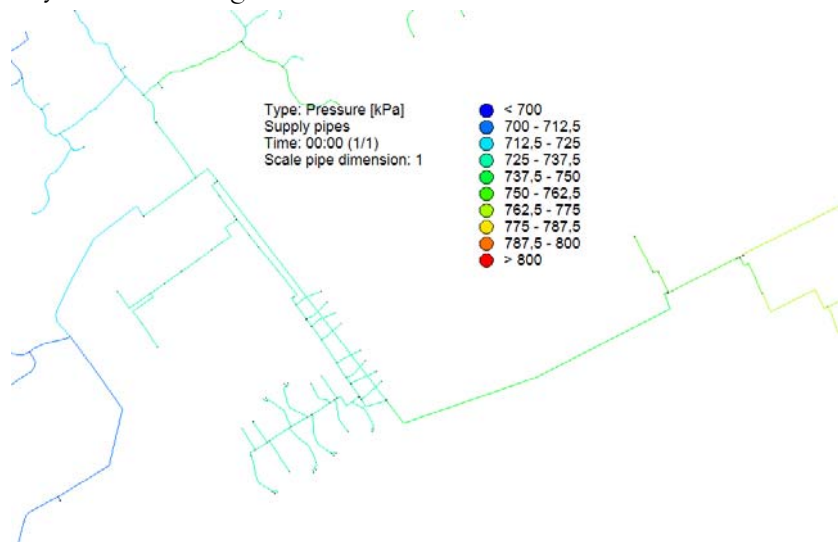
Differenstryck i hela Borlänges nät



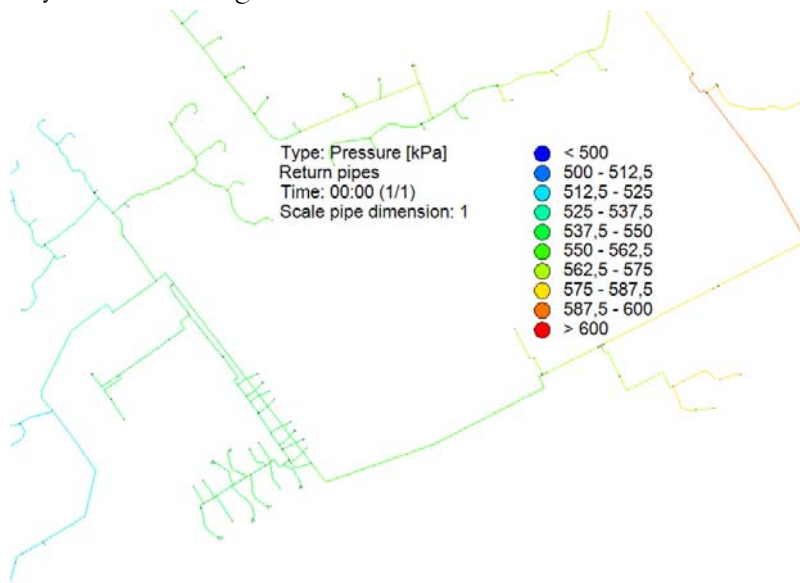
Tryckdifferens



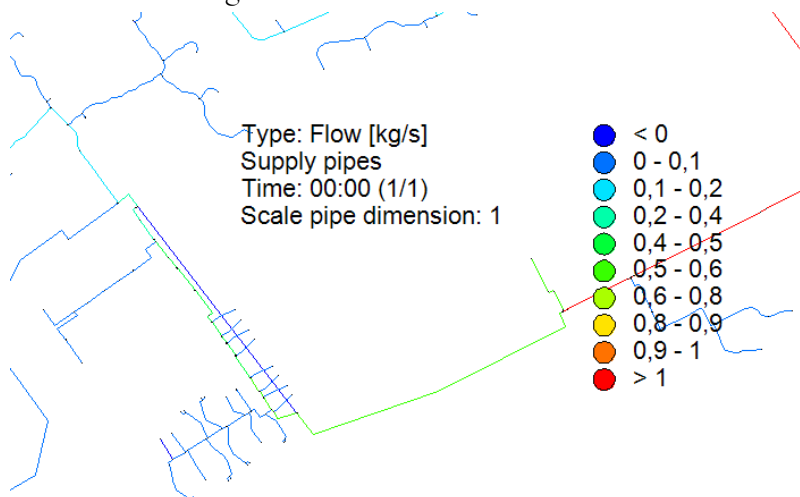
Tryck framledning



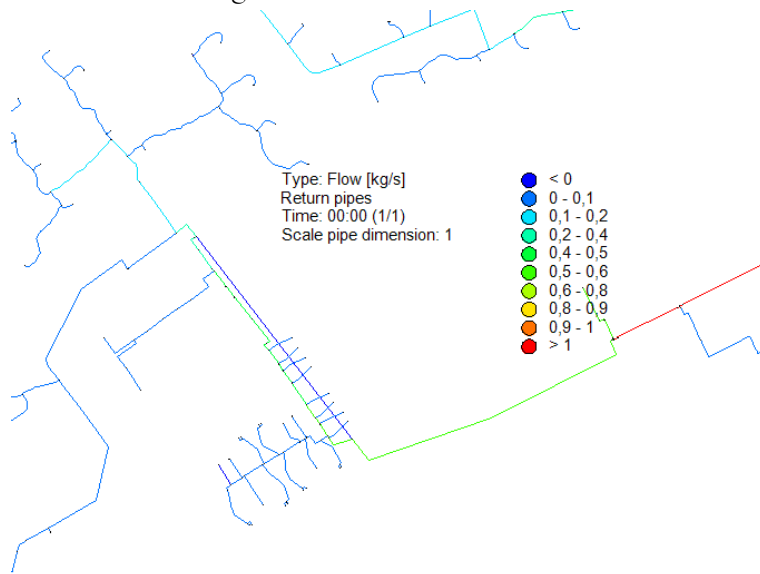
Tryck returledning



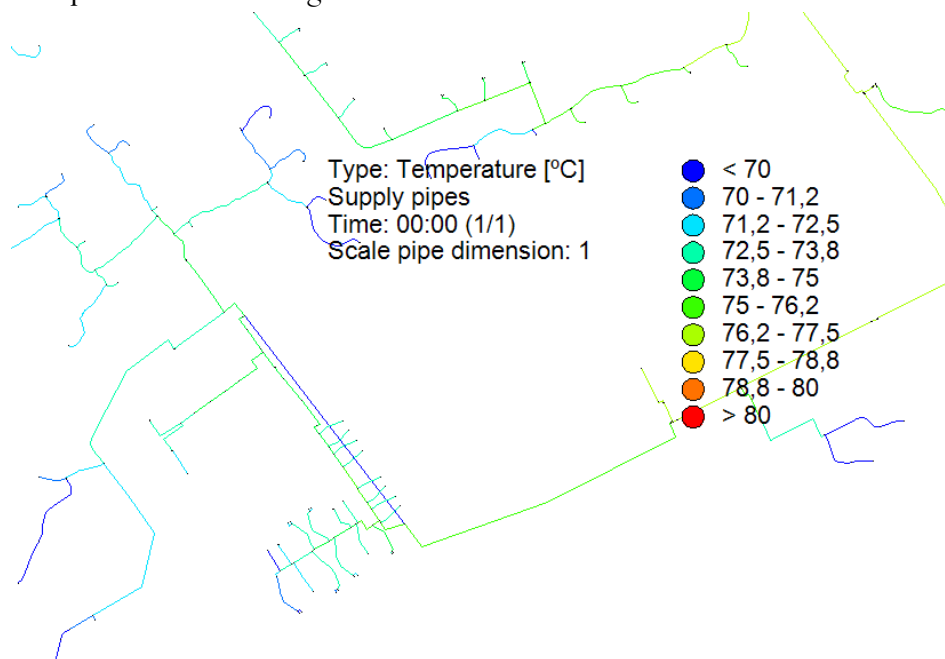
Flöde framledning



Flöde returledning



Temperatur framledning



Temperatur returledning

