
Rapport SGC 175

Bredband i gasrör

©Svenskt Gastekniskt Center – April 2007



Johan Kuniholm
KTH

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

SGC är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD).

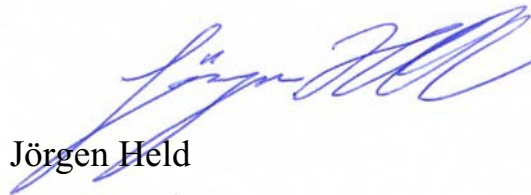
SGC har följande delägare:

Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

E.ON Gas Sverige AB
E.ON Sverige AB
Öresundskraft AB
Lunds Energikoncernen AB (publ)
Göteborg Energi AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

EXAMENSARBETE VID CSC, KTH

Bredband i gasrör

Broadband in gas distribution networks

Johan Kuniholm

kuniholm@kth.se

Exjobb i Medieteknik

Handledare: Alex Jonsson

Examinator: Professor Nils Enlund

Uppdragsgivare: Svenskt Gastekniskt Center

Bredband i gasrör

Sammanfattning

Detta examensarbete syftar till att ge en introduktion till möjligheterna för att distribuera bredband i ett svenskt gasnät. Nulägesbeskrivningar av de båda marknaderna – gas- och bredbandsdistribution – som tillsammans ligger till grund för ett kombinerat system presenteras, såväl som befintliga tekniker för att installera bredband i gasrör. Förutsättningar och möjligheter för att genomföra en utbyggnad i ett svenskt gasnät har analyseras och förslag ges på möjliga lösningar – bland annat med hjälp av två scenarier för gasnäten i Malmö och Stockholm.

Kartläggningen visar att det idag finns ett fåtal metoder för att dra fiberkablar i gasfyllda rör tillgängliga – dock är teknikerna hittills inte använda i någon större utsträckning. Slutsatsen dras att ”bredband i gasrör” skulle kunna utgöra ett komplement till annan bredbandsutbyggnad – främst i form av anslutning till hushåll, så kallat *Fiber-To-The-Home*, FTTH.

Broadband in gas

Abstract

This Master Thesis aims to provide an introduction to the possibilities of distribution of broadband services in a Swedish gas distribution network. Descriptions of the present situation on the two markets – distribution of gas and broadband – that together form the combined system are presented, as well as current techniques for installation of broadband in gas pipes. Prerequisites and possibilities for an implementation of broadband in gas pipes are analysed and possible solutions are presented, among others things through scenarios for the two gas networks in Malmö and Stockholm respectively.

The survey shows that there are a few methods available today for laying fiber cables in gas filled pipes. The techniques however have not been used widely. The conclusion is drawn that “broadband in gas pipes” could serve as a complement to other broadband installation techniques – especially for customer access networks, so called *Fiber-To-The-Home*, FTTH.

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete utfört på Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm och avslutar min utbildning till civilingenjör i Medieteknik.

Arbetet utfördes på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center med Owe Jönsson som handledare. Handledare på KTH var Alex Jonsson.

Härmed skulle jag vilja tacka dem som ställt upp på intervjuer, de som läst rapporten och kommit med värdefulla synpunkter, samt mina handledare.

Johan Kuniholm

Stockholm i februari 2007

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Mål och syfte.....	1
1.2 Problemformulering	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Målgrupper	2
1.5 Läsanvisningar	2
2 Metod och genomförande	3
2.1 Kartläggning.....	3
2.2 Intervjuer	4
2.3 Analys – Infrsystem.....	5
2.3.1 Tekniskt perspektiv	5
2.3.2 Geografiskt perspektiv	5
2.3.3 Institutionellt perspektiv.....	6
2.3.4 Ekonomiskt perspektiv	6
2.3.5 Infrsystemets utveckling.....	7
2.3.6 System i samverkan.....	8
2.4 Scenario.....	8
2.5 Metodkritik.....	8
3 Bakgrund.....	9
3.1 Bredband i Sverige.....	9
3.1.1 Nätstrukturen.....	9
3.1.2 Accesstekniker	10
3.1.3 Fiberuppkoppling – en nödvändighet?	11
3.1.4 Öppna/Stängda Nät	11
3.1.5 Bredband i Malmö	12
3.1.6 Bredband i Stockholm.....	13
3.2 Gasdistribution i Sverige.....	13
3.2.1 Naturgasnätet	13
3.2.2 Stadsnätet i Malmö.....	14
3.2.3 Stadsnätet i Stockholm.....	15
4 Bredband i gasrör	16
4.1 Teknikleverantörer	16
4.2 Installationstekniker	16
4.2.1 Schaktning.....	17
4.2.2 Anslutning av in-/utmatningsutrustning.....	17

4.2.3 Dragning av kanalisation och fiber	17
4.2.4 Anslutning av fastighet	18
4.2.5 Variationer i Draka Comteqs teknik	20
4.2.6 KIWA Gastecs installationsteknik	20
4.2.7 Installationstekniker i andra typer av rörsystem	21
4.3 Trådlös överföring.....	22
4.4 Övervakning och läcksökning.....	22
4.5 Genomförda tester, riktlinjer och standarder.....	23
4.5.1 Dragning av kanalisation i gasrör	23
4.5.2 Dragning av fiber i gasrör	24
4.5.3 Standarder	24
5 Analys – Bredband i Gasrör.....	25
5.1 Analysmodell	25
5.2 Det tekniska perspektivet	26
5.2.1 Installationstekniker	26
5.2.2 Kompatibilitet	26
5.2.3 Drift.....	26
5.2.4 Tillförlitlighet.....	27
5.3 Det geografiska perspektivet.....	27
5.3.1 Utbredning	28
5.3.2 Nätstruktur	28
5.4 Det institutionella perspektivet	30
5.4.1 Gasnätägare/operatör.....	30
5.4.2 Fibernätägare/operatör	31
5.4.3 Tjänsteleverantör.....	32
5.4.4 Fastighetsägare.....	32
5.4.5 Bredbandskund.....	33
5.4.6 Gaskund	33
5.4.7 Kommun och landsting	34
5.4.8 Lagar och regelverk.....	34
5.5 Det ekonomiska perspektivet.....	35
5.5.1 Installationskostnader.....	35
5.5.2 Samordning av finansiering	36
5.5.3 Prissättning.....	36
5.5.4 Efterfrågan på tekniken.....	36
5.6 Bredband i gasrör – infrasystemets utveckling	37
5.6.1 Etableringsfasen	37

5.6.2 Expansionsfasen.....	38
5.6.3 Stagnationsfasen.....	39
6 Scenarier.....	40
6.1 Malmö: ”BiGAM – Bredband i Gasrör för Alla i Malmö”	40
6.1.1 Bakgrund.....	40
6.1.2 Omvärldsanalys.....	40
6.1.3 Genomförande.....	41
6.1.4 Affärsmodell	42
6.2 Stockholm: ”IT-huvudstaden blir IT-förorten”	42
6.2.1 Bakgrund.....	42
6.2.2 Omvärldsanalys.....	42
6.2.3 Genomförande.....	43
6.2.4 Affärsmodell	43
6.3 Jämförelse mellan scenarierna	44
7 Slutsats	45
8 Diskussion och vidare utredning.....	46
9 Ordlista.....	47
10 Referenser	49
10.1 Litteratur.....	49
10.2 Webbssidor	51
10.3 Personlig kommunikation	51

1 Inledning

I detta kapitel presenteras de grundläggande förutsättningarna för examensarbetet. Detta inkluderar dess mål, syfte, problemformulering, avgränsningar och målgrupp. Även läsanvisningar för rapporten ges.

1.1 Mål och syfte

Utgångspunkten för examensarbetet är att kartlägga tekniker för överföring av bredbandstjänster inuti gasrör. Utöver detta är målet med rapporten att ge en heltäckande bild av de förutsättningar som råder på marknaden som helhet. Inte bara vad som finns att tillgå i form av tekniker för installation och överföring av ”bredband i gasrör” – i rapporten även kallat ”BiG” – utan också ge en inblick i de två områden, gas- och bredbandsdistribution, som tillsammans bildar grunden för ett BiG-system.

Syftet med arbetet är således att kartlägga de tekniker för överföring av bredband i gasnät som finns tillgängliga idag och att ta fram relevant information och beslutsunderlag för att gå vidare med detta i Sverige. Rapporten fungerar i praktiken därmed som en förstudie över området.

1.2 Problemformulering

Denna rapport ska svara på följande huvudfråga:

- Vilka möjligheter finns det att distribuera bredband i ett svenskt gasnät?

För att förtydliga problemformuleringen kan den delas upp i följande delfrågor:

- Hur går man tillväga vid installationen av teknik för ”bredband i gasrör”?
- Var och hur kan det vara lämpligt att använda BiG-tekniken?
- Vilka aktörer påverkar, och påverkas av, ett BiG-system och vilken roll har ägaren av gasnätet i detta system?

1.3 Avgränsningar

Utgångspunkten är att kartlägga tekniker för att distribuera bredband i gasrör. Det finns dock stora möjligheter att distribuera bredband även i andra rörsystem som avlopp och vattenledningar. Tanken är att stora delar av rapporten ska kunna vara intressant även för andra befintliga distributionsnät – rapporten kan ses som en djupdykning i en av flera möjliga tillämpningar.

En stor del av rapporten kommer även att behandla bredbandsmarknaden, både hur den ser ut idag och vilka behov som kommer att finnas i framtiden. Några egna undersökningar har inte kunnat genomföras annat än i leverantörsledet. Det vill säga, de åsikter som uttrycks är inte hämtade från den verkliga slutkunden utan från olika typer av nätägare, bredbandsdistributör och innehållsleverantör. På grund av att bredbandsmarknaden är en tämligen komplicerad marknad går det heller inte att uppåta några absoluta sanningar och det kan vara problematiskt att få tag på statistiskt säkerställd statistik. Därför görs en hel del generaliseringar i syfte att ge en något snär verklighetsförankrad analys.

I den analys som genomförs kommer inte heller alla aspekter av ett BiG-system att diskuteras lika mycket. Vissa aspekter har under arbetets gång förefallit vara viktigare att lyfta fram än andra, främst beroende på att denna rapport ska ge en så bred inblick inom området som möjligt.

1.4 Målgrupper

Den primära målgruppen är ägare av gasnät. Sekundära målgrupper är de aktörer som befinner sig någonstans i en möjlig värdekedja för ett BiG-nät – oavsett om man äger eller driver nät, eller endast levererar innehåll. Rapporten kan även vara intressant för ägare av andra typer av distributionsnät i vilka det skulle vara möjligt att dra bredband.

1.5 Läsanvisningar

Läsare som känner sig hemma på gas- och/eller bredbandsdistribution kan avstå från respektive bakgrundskapitel. För den som endast är intresserad av vad som finns att tillgå inom BiG-teknik och hur man går tillväga vid själva installationen är kapitel 4 ”Bredband i gasrör” mest intressant.

Analyskapitlet och scenarierna ger en fördjupad inblick i *hur* och *var* ”bredband i gasrör” skulle kunna vara lämpligt att användas i Sverige. I analysen ges också en genomgång av de aktörer som utgör en möjlig framtida BiG-värdekedja.

Kapitel 9 utgörs av en ordlista i vilken många av de i rapporten återkommande begreppen förknippade med bredbands- och gasdistribution förklaras.

2 Metod och genomförande

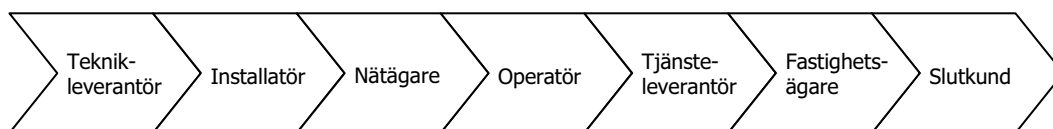
I detta kapitel presenteras – och diskuteras – de metoder som använts i examensarbetet. Grunden för arbetet utgörs av en kartläggning av de tre delområdena, bredbandsdistribution, gasdistribution och tekniker för ”bredband i gasrör”. I analysdelen, som bygger på en allmän modell för att definiera infrasystem, används även resultat från intervjuer genomförda med potentiella aktörer inom ett BiG-system. Slutligen har scenarier konstruerats med syfte att sätta in resultaten från analysen i ett sammanhang.

2.1 Kartläggning

En stor del av arbetet har gått ut på att kartlägga de delområden som presenteras i kapitel 3 ”Bakgrund” samt i kapitel 4 ”Bredband i gasrör”. Insamling av information har skett från flera olika håll, både skriftliga och muntliga källor har använts.

2.1.1 Delområden

För att överblicka de områden som ingår i arbetet kan en möjlig värdekedja för ett BiG-system skissas upp.



Figur 1. Värdekedja för ett BiG-system

De aktörer som ingår i BiG-systemets värdekedja finns, bortsett från fastighetsägare och slutkund, inom bredbands- respektive gasområdet. De leverantörer av tekniker för installation av BiG-system som identifieras och presenteras i denna rapport återfinns antingen inom energi- eller bredbandskoncerner.

Distribution av bredband respektive gas har därför kartlagts var för sig och utgör, tillsammans med en presentation av installationstekniker för BiG-system, grunden för rapportens analys.

Värdekedjan ovan ger också en överblick över de aktörer som diskuteras i rapportens analysdel. Denna diskussion behandlar till stor del den tredje delfrågan i problemformuleringen: ”vilka aktörer påverkar, och påverkas av, ett BiG-system och vilken roll har ägaren av gasnätet i detta system?”.

2.1.2 Informationskällor

Fakta kring bredbandsdistribution återfinns i rapporter från Post- och telestyrelsen (PTS), IT-kommisionen, IT-infrastrukturprogram¹, riksdagsmotioner samt rapporter från Svenska Stadsnätetsföreningen. Som nämndes i inledningen är marknaden mycket svår att få ett helhetsgrepp om. Dels finns ett stort antal aktörer som är mer eller mindre vertikalt integrerade och dels har dessa mycket varierande affärsmodeller – både sinsemellan men också inom

¹ IT-infrastrukturprogram syftar till att ge övergripande riktlinjer för utbyggnad av IT-infrastruktur i kommunerna. (Malmö Stad, 2003)

samma företag, beroende på hur olika lokala marknader ser ut. Detta medför att det är mycket svårt att samla in fakta om exempelvis antal anslutna kunder. Närmast en absolut sanning kommer sannolikt PTS som har svarsplikt på sina årliga undersökningar av den svenska bredbandsmarknaden. PTS behandlar å andra sidan så mycket information att det resultat man presenterar blir grovt, varför det är svårt att få grepp om enskilda lokala marknader.

Fakta om gasdistributionen i Sverige är tagen från gasnätägarna själva samt branschorganisationer. Till skillnad från bredbandsmarknaden är marknaden för gasdistribution relativt lättöverskådlig. Det finns ett begränsat antal aktörer som alla arbetar på liknande sätt.

Information kring installeringstekniker för BiG har först och främst erhållits från patent och artiklar skrivna av företagen själva. I och med att ingen verksamhet och specifik kunskap kring just dessa tekniker finns i Sverige har det varit nödvändigt att utgå från skriftliga källor som letats fram via söktjänster på Internet (i första hand Google, men till viss del även i artikeldatabaser). De dokument som hittats har i stor utsträckning pekats och refererat till varandra, enstaka har också haft karaktär av mindre marknadsöversikter, varför det inte finns anledning att tro att någon befintlig teknik har kunnat förbises.

2.2 Intervjuer

Som komplement till den skrivna informationen har intervjuer genomförts med företrädare från olika företag inom de olika relevanta områdena. På grund av att arbetet omfattar fler delområden – som var för sig har kartlagts och analyserats – har prioriteten i första hand varit att röra sig så vertikalt som möjligt vid kontakt med aktörer. Det vill säga, utgångspunkten har varit att försöka täcka in intervjuer med företrädare för samtliga, potentiella, delar av en BiG-värdekedja, snarare än att intervjua flera aktörer på samma position. Undantaget leverantörer av installationsteknik för BiG, med vilka det inte varit möjligt att genomföra någon intervju.

Detta innebär att en större del av marknaden kan täckas in, men att det samtidigt är svårare att generalisera resultaten. Anledningen till detta arbetssätt är, förutom att arbetet ska rymmas inom en begränsad tidsram, att det trots allt inom den primära målgruppen *gasnätägare* finns ett begränsat antal aktörer och att dessa arbetar på ett likartat sätt. Genom att intervjua de två största gasnätägarna, och utifrån deras behov göra rapporten så heltäckande som möjligt, anser författaren att studien har fyllt sitt syfte.

Intervjuerna har genomförts som explorativa, en form som Kvale (1997:94) definierar som *"öppen och föga strukturerad"*. Intervjuaren introducerar en fråga, ett område som ska kartläggas eller ett problem som ska blottläggas. Det har uteslutande handlat om kvalitativa intervjuer med syftet att i detta specifika fall ta reda på hur man som någon form av potentiell BiG-aktör ställer sig till att bygga en ny typ av IT-infrastruktur. Intervjuer har genomförts med gasnätägare, fibernätägare/operatör, samt i viss mån leverantörer av innehållstjänster. I och med att den vertikala integrationen inom bredbandsmarknaden är stor har vissa intervjuade aktörer verkat inom flera delar av värdekedjan.

Rent praktiskt har intervjuerna genomförts så att de intervjuade fått installationstekniker för BiG presenterade och sedan dels fått kommentera dessa, och dels fått diskutera hur man skulle kunna använda dem i praktiken. På detta sätt har många av de fördefinierade frågeställningarna redan besvarats, varför intervjuarens egen påverkan kunnat minimeras.

För kundmarknaden skulle det inte vara möjligt att generalisera några resultat även om ett antal intervjuer gjordes. För att få en god bild av en lokal marknad måste en omfattande kvantitativ och kvalitativ undersökning göras, något som ligger utanför detta arbete. Därför anser författaren de uppgifter som tagits fram av andra vara väl så relevanta som det som inom ramen för detta arbete skulle kunna ha åstadkommit.

2.3 Analys – Infrasystem

Syftet med analysavsnittet är att relatera de olika marknaderna till varandra och ge en känsla för hur man kan och bör gå tillväga för att sammanföra dem till ett kombinerat infrasystem. Vad som kommer att vara möjligt att genomföra, och vad som inte förefaller lämpligt att implementera, diskuteras.

I avsnittet ställs också de allmänna åsikter och attityder som framkommit under intervjuerna mot de fakta som samlats in under kartläggningen av de olika delområdena.

Analysen har genomförts med utgångspunkt i de definitioner av ett infrasystem som teknikprofessor Arne Kaijser (1994) identifierat. Kaijser betonar att ett infrasystem inte bara är ett rent tekniskt system. Systemet fungerar inte om inte människor och organisationer utvecklar och driver det. Dessutom regleras det av rättsliga och ekonomiska villkor. Ett infrasystem kan således ses som ett slags *sociotekniskt* system.

För att täcka in så många möjliga aspekter av en utbyggnad av ett nytt infrasystem sätts ett BiG-system i tur och ordning in i ett tekniskt, ett geografiskt, ett institutionellt och ett ekonomiskt perspektiv. Vissa av delaspekterna diskuteras mer än andra beroende på deras relevans och komplexitet. Vissa är, inom ramen för detta arbete, mer intressanta än andra. Exempelvis är graden av vertikal integration mer intressant att diskutera än prissättning av systemets tjänster, inte minst för att det förra ligger före i processen men också därför att det senare sannolikt inte kommer att utgöra någon skillnad mot hur man gör inom liknande, befintliga, system.

Kaijser gör följande indelning av ett infrasystem:

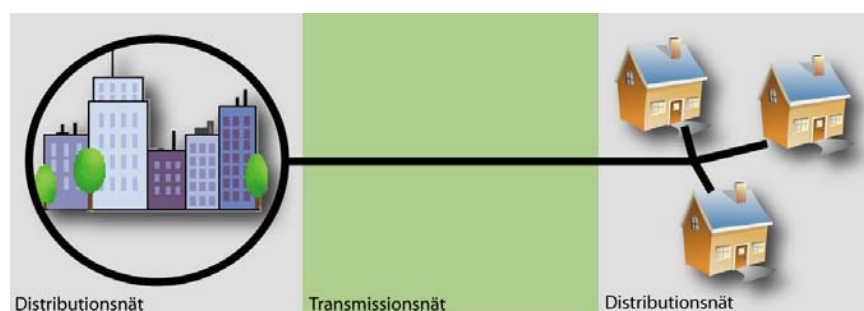
2.3.1 Tekniskt perspektiv

Systemet består av ett *nätverk* av länkar, mellan vilka man har ett *flöde*. *Nätverksförvaltaren* bygger och underhåller nätverket, medan *systemoperatören* svarar för dess flöde. En god *systemarkitektur* innebär att systemet är en väl fungerande enhet. Systemets *tillförlitlighet* spelar en viktig roll, dels ska man undvika små störningar och dels större haverier.

Ett *starkt kopplat* system är ett lednings- eller spårbundet system, som avlopp och tåg. I detta får störningar i flödet normalt sett större påverkan på resten av systemet än i ett *svagt kopplat* system. Till de svagt kopplade systemen hör vägtransport, TV och post, vilka som regel har större buffertar mellan sina delsystem än de starkt kopplade systemen.

2.3.2 Geografiskt perspektiv

Infrasystemet har en *utbredning* som kan vara lokal, regional, nationell, och internationell. Det består också av en eller flera *strukturer*. Ett *distributionsnät* verkar på den lokala nivån, det vill säga, det når ut till de enskilda användarna, medan ett *transmissionsnät* sammanlänkar flera från varandra skilda distributionsnät, se figur 2. Dessa nät kan, för respektive infrasystem, brytas ner i mindre delar.



Figur 2. Allmän uppdelning av nätstrukturer

Den tredje geografiska aspekten är systemets *form*. Ett *punktformigt* system har noder från vilka man kan komma åt det, exempelvis hamnar eller flygplatser. Ett *linjeformigt* system är däremot åtkomligt längs dess länkar, exempelvis ett elnät, medan ett *ytformigt* nät är åtkomligt överallt inom dess utbredningsområde, som TV-nätet.

Man talar också om *överlagring* av system. Många system uppvisar liknande strukturer och dess noder och länkar kan sammanfalla.

2.3.3 Institutionellt perspektiv

Tre aspekter kännetecknar detta perspektiv. För det första handlar det om vilka *ägarintressen* som ligger bakom uppbyggnaden av ett system. De kan vara kapitalorienterade, det vill säga, ett rent vinstintresse. Det kan också vara engagemang från staten att bygga och intressena är då samhällsorienterade, att systemet ska gynna medborgarna. Brukarorienterade ägarintressen innebär att brukarna själva bygger med mål att själva kunna använda systemet till lägsta möjliga kostnad.

Den andra grundläggande aspekten är systemets *organisationsstruktur*. Graden av vertikal integration betecknar huruvida en aktör befinner sig på flera nivåer i värdekedjan. Inom fast telefoni har Telia Sonera nått en hög grad av vertikal integration eftersom man äger hela nätet och dess utrustning samtidigt som man sköter drift och tillhandahåller kundabonnemang. Vid horisontell integration befinner sig en aktör även på samma nivå inom andra infrasytem – gasnät ägs exempelvis i regel av bolag som också äger annan infrastruktur som el och fjärrvärme.

Den tredje och sista aspekten utgörs av de *lagar och regelverk* som reglerar systemet. Först och främst måste man hålla sig till de allmänna lagar som finns. Sedan kommer normalt sett specifika lagar och regelverk att behöva utarbetas för just det aktuella systemet, exempelvis ur säkerhetssynpunkt. Till sist bör man ha interna regelverk, *standarder*, för att underlätta de tekniska aspekterna av en utbyggnad. Även prissättningen av systemets tjänster kan anses höra till detta interna regelverk.

2.3.4 Ekonomiskt perspektiv

Finansiering av ett infrasytems utbyggnad är förknippat med stora initialinvesteringar. Ett sätt att i viss mån undvika detta är att genomföra gradvis utbyggnad. Detta är enklare att genomföra i ett svagt kopplat system, medan ett starkt kopplat system ofta kräver att man redan från början ger det en viss utbredning. Att sätta upp en TV-mast innebär att många nya användare nås på en gång samtidigt som befintliga tittare inte påverkas, medan nya användare av vatten innebär att en ny vattenledning måste dras till varje enskilt hushåll och att vattenflödet därför måste stängas av en tid.

Andra sätt att lösa finansiering är samordning mellan parter för att sprida riskerna samt att i förväg skapa en första säker marknad.

Osäkerhet kring *systemets framtida användning* innebär också en osäkerhet kring utbyggnad av ett nytt infrasytem. Systemet har många potentiella användare som kan komma att använda det på olika sätt. Det kan vara svårt att få betalt fullt ut för systemet, ofta har det stora externa positiva effekter – exempelvis ökat värde på anslutna fastigheter – som inte kommer den som byggt systemet tillgodo. Ett sätt att komma runt det faktum att man därmed tvekar att bygga ett system kan vara att stat och kommun ser till de samhällsekonomiska vinster som kan uppstå och att man på ett eller annat sätt hjälper till med finansieringen.

En ytterligare osäkerhetsfaktor ligger också i etablering av konkurrerande system med samma funktioner, vilket kan minska möjligheterna att få tillbaka investerade pengar.

2.3.5 Infrasystemets utveckling

Ett annat sätt att beskriva dynamiken hos ett infrasystem är enligt Kaijser att utgå från de tre faser som det går igenom: *etablerings-*, *expansions* och *stagnationsfasen* har alla typiska kännetecken. Med utgångspunkt i de aspekter som presenterats ovan finns det typiska, generella, sätt att handskas med de risker och osäkerheter som varje fas för med sig.

Etableringsfasen kännetecknas av en osäkerhet kring uppbyggnaden av infrasystemet – framförallt finansieringen av det. Kaijser identifierar några faktorer som bidrar till denna osäkerhet:

- Stor initial investering
- Svårigheten att bedöma framtida efterfrågan på ett nytt systems tjänster
- Tillkomst av konkurrerande system

Det kan också finnas befintliga system med samma eller liknande funktioner, vilket medför att en stor investering kan göra det svårt att konkurrera prismässigt med dessa. Det nya systemet måste vara konkurrenskraftigt på annat sätt.

För att övervinna de osäkerhetsfaktorer som kan hämma viljan att bygga upp ett nytt system nämner Kaijser två strategier. Den första är att skapa en första säker marknad, det vill säga, att man i förväg sluter avtal med någon eller några som förbinder sig att använda systemet och dess tjänster. Den andra strategin är direkt samordning mellan parter, att några aktörer som kommer att ha olika positioner inom systemet, tillsammans finansierar utbyggnaden.

Framförallt i ett glest befolkat land som Sverige är det också vanligt att staten på ett eller annat sätt tar del av utbyggnaden. På 2000-talet har stöd getts till glesbygdskommuner för att dra bredband eftersom man bedömt att ingen kommersiell aktör skulle göra det annars.

Expansionsfasen ser olika ut för olika typer av system, generellt finns det två typer av expansion – rumslig expansion och expansion till nya användningsområden.

Rumslig expansion av ledningsbundna system kan hämmas av stora kostnader då varje anslutning måste läggas till separat – varje ny kund måste få ett eget rör eller kabel dragen till sig. Det är betydligt enklare att bygga ut ett yttäckande system där exempelvis en enda TV-mast kan möjliggöra många nya användare. Inom kommunikation har de system som utnyttjat befintlig infrastruktur kunnat etablera sig snabbare och med mindre kostnader. Kaijser exemplifierar med posten som kunde utnyttja de befintliga transportsystemen medan telefonin krävde omfattande utbyggnad av ledningar.

Vanligtvis riktar man i etableringsfasen in sig på så kallade högvärdiga marknader, där betalningsförmågan motsvarar det faktum att användandet av ett nytt infrasystem är dyrt. Exempelvis har än så länge arbetsplatser fiberuppkoppling i högre grad än hushåll. I expansionsfasen är det dock möjligt att bygga ut till fler användningsområden – fiber som byggs ut till hushåll kan även användas till TV och telefoni, varför varje enskild anslutning kan generera större intäkter.

Vid expansion riskerar dock tekniska och institutionella flaskhalsar att uppstå. Vissa delar av systemet klarar inte en utbyggnad och ökat kapacitetsbehov, eventuellt kan denna del bytas ut, men det är också troligt att systemarkitekturen som helhet måste förändras. Institutionella flaskhalsar kan uppstå just när dessa förändringar måste genomföras – ibland måste lagar och regelverk ändras för att systemets tekniska flaskhalsar ska kunna byggas bort och en expansion ska vara möjlig. Bredband över telenätet är ett exempel där ett tidigare monopol innebär att Telia Sonera idag äger hela nätet. För att främja konkurrens måste staten gå in och tvinga Telia Sonera att på vissa, rimliga, villkor upplåta kapacitet i sitt nät åt andra.

I *stagnationsfasen* når systemet antingen en stabil mättnadsnivå eller en tillbakagång. Enligt Kaijser har detta mycket att göra med huruvida man tillhandahåller unika tjänster. Detta har sin grund i att kunna klara konkurrens från andra, nya eller gamla, infrasystem med liknande funktioner.

Stadsgasen är ett exempel på ett infrasystem som gått, och går, tillbaka. Uppvärmning och matlagning kan genomföras på andra sätt, av vilka somliga i dagens läge kan anses vara bättre ur flera synvinklar.

2.3.6 System i samverkan

Vid etablering av nya infrasystem kan synergieffekter med andra system vara av stor vikt. Infrasystem inom kommunikation har, som nämndes ovan, kunnat etableras snabbare om de utnyttjat ett befintligt infrasystem. Ett ytterligare exempel är när telegrafan kom och järnvägens banvallar underlättade dragning av telegrafledningar – man behövde inte röja någon skog för att komma fram. (Kaijser, 1994)

Denna typ av synergi – när ett nytt infrasystem genom överlagring kan utnyttja ett redan befintligt – kallas *right-of-way*. Fördelarna med att utnyttja denna *right-of-way* finns främst i utbyggnadsskedet. Men även driften av systemen kan sedan underlättas genom deras överlagring. Ovanstående exempel innebar dessutom att telegrafsystemet underlättade kommunikationen för järnvägstrafiken och medförde att man kunde börja samordna en tidtabell.

2.4 Scenario

Utifrån den gjorda analysen har slutligen två explorativa scenarier konstruerats. Dessa utgår från två större marknader – Stockholm och Malmö – både vad gäller bredband och gas. Tanken med dessa scenarier är att de ska ge förslag på olika lösningar för en utbyggnad av ett BiG-system utifrån lokala förhållanden.

Bakgrunden till respektive scenario har tagits fram utifrån intervjuerna med gasnätägarna i respektive stad. Scenarierna ska dock inte ses som absoluta rekommendationer utan syftar främst till att sätta in resultaten från arbetet i ett sammanhang och ge förslag på hur man skulle kunna genomföra en implementering.

2.5 Metodkritik

Reliabiliteten hos en undersökning är ett mått på resultatens pålitlighet (Kvale, 1997). Hög reliabilitet innebär med andra ord att resultaten skulle bli de samma vid ett annat tillfälle, men under i övrigt lika omständigheter.

Intervjuerna har varit av det slag att det inte funnits någon mall att gå efter, vilket påverkar graden av reliabilitet negativt. Å andra sidan har majoriteten av de i förväg löst definierade frågeställningarna i många fall inte behövt ställas explicit, vilket betyder att intervjuaren inte har påverkat intervjupersonerna i särskilt stor grad.

Det ska dock påpekas att reliabiliteten inte är av lika stor vikt som *validiteten* i en strikt kvalitativ undersökning. Begreppet validitet är ett mått på huruvida man verkligen undersöker det som ska undersökas (ibid).

Som nämndes ovan har två aktörer inom huvudmålgruppen *gasnätägare* intervjuats. För att öka validiteten har resultatet delgivits samtliga övriga aktörer inom målgruppen och dessa har kommit med förfrågningar och synpunkter kring materialet. Detta har tagits med i vidare utredning. Ställer man dessutom de två intervjuade nätägarnas antal anslutna kunder mot det totala antalet gaskunder i Sverige står dessa för en klar majoritet.

Att i analysen utgå från en modell för hur man kan definiera ett infrasystem kan anses öka validiteten. Detta innebär att analysen innehåller alla de aspekter av ett BiG-system som kan anses vara relevanta.

3 Bakgrund

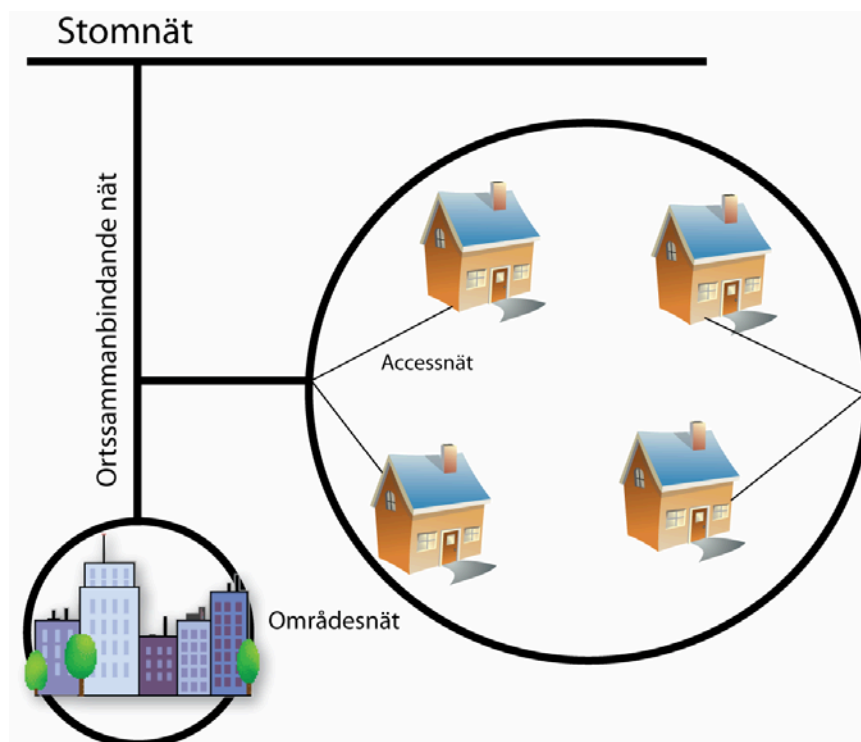
I detta kapitel ges en översikt över de två områden – bredbands- och gasdistribution – vilka tillsammans utgör grunden för ”bredband i gasrör”.

3.1 Bredband i Sverige

Post och telestyrelsen, PTS, ger ut en årlig rapport om utbyggnaden av den svenska IT-infrastrukturen kallad *Bredband i Sverige*. De uppgifter som presenteras nedan är tagna från en version utgiven i juni 2006 och kan anses ge en förhållandevis giltig bild av dagens situation. Man ska dock hålla i åtanke att situationen kan ändras (och ändras) i mycket snabb takt. Därmed är utgångspunkten också att vara försiktig med äldre uppgifter.

3.1.1 Nätstrukturen

Det förekommer olika typer av indelningar av den fysiska nätstrukturen, figur 3 bygger på den indelning som görs i ovan nämnda rapport:



Figur 3. Nätstruktur, bredband, efter Westerblom (2006)

- *Nationella stomnät* är rikstäckande och förbinder landets fem huvudnoder (med aktiv utrustning) belägna i Stockholm, Göteborg, Malmö, Sundsvall och Luleå.
- *Ortssammanbindande nät* förbinder orter med varandra, dessa kan i vissa fall sammanfalla både med stomnät och med områdesnät.
- *Områdesnät* förbinder ortssammanbindande nät med accessnät. Områdesnät breder ut sig i ett geografiskt begränsat område men kan se rätt olika ut. Det kan handla om en ring runt en mindre ort eller ett nät som når in i stadsdelar. En vanlig benämning på ett eller fler sammankopplade områdesnät är *stadsnät*.

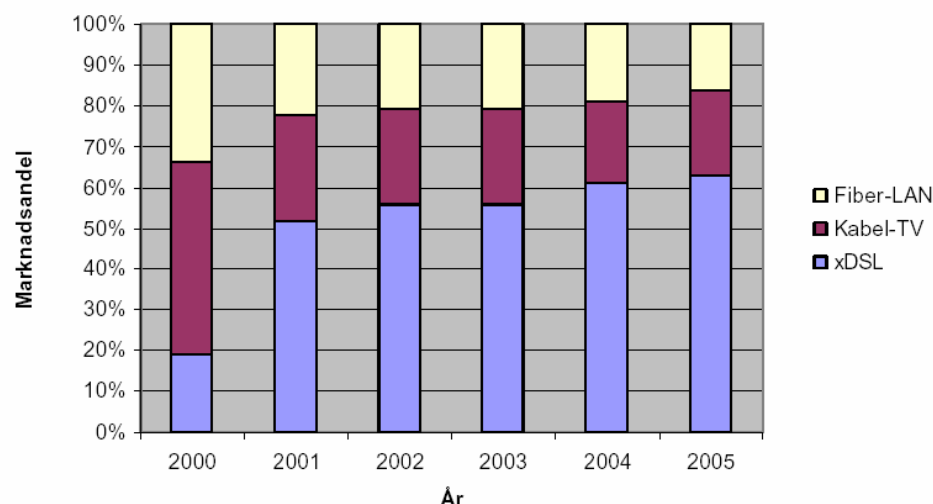
- *Accessnätet* är den sista länken till slutkunden. Detta sammanbinder fastigheter med områdesnätet. *Fastighetsnät*, vilka finns i och mellan närliggande fastigheter – framförallt i flerfamiljshus, ingår också i accessnätet.

De två första nättyperna – vilka motsvarar *transmissionsnät* i den allmänna indelning som gjordes i föregående kapitel – kännetecknas av snabb överföringskapacitet, främst optisk fiber, men även radiolänk. PTS konstaterar att ”i stort sett alla tätorter i landet omfattas av en ortssammanbindande infrastruktur, främst bestående av fiberoptiska kablar” (Westerblom, 2006:40).

När man däremot tittar på det som i föregående kapitel benämndes *distributionsnät* – i detta specifika fall kallat områdes- och accessnät – är det vanligare med telekabel och kabel-TV-nät. Områdesnäten består av fiber eller radio i hälften av Sveriges tätorter, medan andelen ”långsammare” nät ökar i mindre orter. Främst är det då arbetsplatser som skola och vårdcentral som har snabbare anslutning. (ibid)

3.1.2 Accesstekniker

I december 2005 var, enligt PTS siffror (ibid), 39 procent av de svenska hushållen uppkopplade via någon form av bredbandsteknik. Av dessa hade drygt hälften en hastighet som motsvarar eller överstiger PTS bredbandsdefinition – mer än 2 Mbit/s nedströms. Fördelningen mellan de tre största accessteknikerna, fiber, kabel-TV samt någon form av DSL – bredband via telenätet – kan ses i figur 4.



Figur 4. Marknadsandelar för olika accesstekniker (Westerblom, 2006)

Det bör noteras att trådlöst bredband inte är representerat i figuren ovan och står för en mycket liten andel uppkopplingar. I en analys gjord av telekomanalysföretaget Stelacon, på uppdrag av PTS, konstaterar man att:

”Trådlöst bredband har liten påverkan på bredbandsmarknaden totalt sett – FWA/BWA är för dyrt och har inte tillräckligt bra kapacitet för att konkurrera med trådbundet bredband.” (Brunnberg et al., 2006:43)

Inom begreppet FWA/BWA ryms alla typer av trådlöst bredband. FWA, Fixed Wireless Access, innebär att kundanslutning finns på en specifik plats medan BWA, Broadband Wireless Access, innebär att kundens utrustning kan flyttas och kopplas upp på geografiskt skilda platser. (ibid)

Vidare konstaterar PTS, såväl som den av regeringen tillsatta IT-kommisionen, att fiber är tekniskt överlägsen de andra trådbundna bredbandsteknikerna – men att det också är den dyraste lösningen (Westerblom, 2006; IT-kommisionen, 2004). Trådbundna konkurrenter till fibern utgörs av olika typer av bredband över koppartråd. Dessa innefattar xDSL (bredband över

telenätet), bredband över kabel-TV-nätet, samt bredband över elnätet, så kallad PLC (Power Line Communication).

Utbyggnad av PLC har inte skett i någon större utsträckning medan de förra teknikerna är, som figur 4 visar, väl utbyggda och använda. Det som i huvudsak talar emot bredband över koppartråd är dock att det finns rent fysiska begränsningar hos koppartråden, vilka innebär att överföringskapaciteten inte kommer i närheten av fiber.

3.1.3 Fiberuppkoppling – en nödvändighet?

IT-kommissionen presenterade 1999 en vision om en framtidssäker IT-infrastruktur som bland annat innebar att bygga ett ”finmaskigt fiberoptiskt nät” som skulle nå alla invånare i Sverige senast 2005. Det fiberoptiska nätet skulle finnas tillgängligt inom 100 meter ifrån alla byggnader. Man ansåg dock att en hastighet till slutkunden på 5 Mbit var tillräcklig och att det inte fanns några tjänster som motiverade högre hastighet till slutkunden – och därmed fiber hela vägen in i hushållen. (IT-kommissionen, 2004).

Utbyggnaden har dock inte gått lika fort som planerat, i framförallt mindre orter saknas fortfarande detta ”finmaskiga” nät (Westerblom, 2006). Fibern har på 2000-talet till och med tappat en ganska ansevärd del av accessmarknaden (det vill säga, uppkoppling till slutkund) till olika former av xDSL – jämför figur 4 ovan. Det ska dock påpekas att antal fiberuppkopplingar inte har minskat, utan att xDSL har stått för fler av de nya abonnemangen.

PTS anser det dock vara mycket troligt att behoven av bandbredd inom de närmaste åren kommer att överstiga de hastigheter som xDSL och kabel-TV-näten kan erbjuda. Exempelvis lyfter man fram utvecklingen inom TV-området och möjligheten att distribuera TV via bredband som ett skäl till detta. (Westerblom, 2006)

Därför börjar det också talas om begreppet *Fiber-To-The-Home* (FTTH) – fiberanslutning hela vägen till hushållet – allt mer.

Sammantaget har idag 21 procent² av de svenska hushållen fiberanslutning i hemmet (ibid). Det är dock problematiskt att skaffa sig en mer detaljerad bild av hur fibermarknaden skiljer sig åt i större städer, orter och glesbygd. För att skapa sig en uppfattning om en lokal marknad måste man komplettera de kvantitativa undersökningar med kvalitativa, något som exempelvis gjorts i PTS rapport *Tillgänglighet till bredbandsnäten – en pilotstudie* (Widigs Ahlin och Jönsson, 2005). I rapporten har man tittat närmare på nät i Västmanland län och Västerås kommun och konstaterar rent allmänt att:

”Marknaden präglas av ett dynamiskt näringsliv med aktörer som ibland samverkar, ibland drar åt olika håll, avsaknad av standarder och intensiv kamp på olika villkor om marknadsandelar. Det råder brist på relevant information, t.ex. i form av strukturerade beskrivningar av hur stadsnäten är uppbyggda och vad de kan erbjuda, hur olika typer av utrustning fungerar tillsammans, möjligheter och begränsningar i affärsmodeller och strategier, vilket i sig minskar tillgängligheten till näten. Marknaden är i stora stycken oreglerad.” (Widigs Ahlin och Jönsson, 2005:31)

Att skaffa sig tillräcklig kunskap om en lokal marknad, exempelvis i syfte att som i denna rapport bedöma en eventuell marknad för ett nytt distributionsnät, blir därmed ett mycket omfattande arbete. Vissa, generella, typer av nät och marknader kan dock identifieras.

3.1.4 Öppna/Stängda Nät

Ett bredbandsnät kan vara *öppet* eller *stängt*. I ett öppet nät får vilken leverantör som helst nå slutkunden med sina tjänster. Nätägaren kan driva nätet i egen regi eller anlita en extern operatör att ordna sammankopplingen mellan tjänsteleverantör och slutkund. I ett stängt nät har en enskild operatör exklusiv åtkomst till slutkunderna. Ett exempel är kabel-TV-näten i vilka

² I figur 4 är andelen mindre, detta beror på att vissa hushåll inte använder sin fiberanslutning.

Internetaccess, och numera även andra tjänster som IP-telefoni, bara kan fås genom en och samma leverantör. (ibid)

Den mest använda bredbandsformen, via telenätet, får anses vara ett mellanting mellan öppet och stängt nät. Det fysiska nätet ägs av Telia Sonera men i egenskap av en aktör med SMP, Significant Market Power – en allt för dominant marknadsställning – har man ålagts att ställa sitt nät till förfogande för andra bredbandsleverantörer. Dessa hyr antingen endast en fysisk del av en ledning, *Local Loop Unbundling* (LLUB), eller överföringskapacitet, så kallad *bitström*. Det senare innebär en unik access för varje kund, både fysiskt och logiskt, och innefattar även ändutrustning för att kunna överföra data. Denna utrustning kan antingen vara egen eller hyrd av Telia Sonera. (Post och Telestyrelsen, 2005)

Svenska Stadsnätetsföreningen, SSNf, har samlat statistik från vad man kallar ”lokala, operatörsneutrala stadsnät”. I detta begrepp ingår i huvudsak öppna områdes- och accessnät som drivs av kommun eller lokala operatörer. Dess anslutna kunder kan antingen vara kunder hos stadsnätägaren eller hos en extern operatör som nyttjar nätet. Enligt SSNfs beräkningar är mellan 13 och 15 procent av de svenska hushållen anslutna via ett sådant stadsnät. (SSNf, 2006)

Med andra ord är cirka 15 procent (PTS anger kategorin ”övriga” utgöra 16 procent (Westerblom, 2006)) av Sveriges hushåll anslutna till ett annat nät än de ”traditionella” bredbandsnäten – i huvudsak representerade av Telia Soneras kopparnät, Bredbandsbolaget (vilka också i hög grad nyttjar telenätet) samt Com Hems kabel-TV-nät.

SSNf betonar vikten av att driva öppna nät för att kunna attrahera kunder. Fastighetsägare avråds som regel från att binda upp sig i nya exklusivavtal och branschorganisationer jobbar aktivt mot att alla stadsnät ska vara öppna. Enligt SSNf råder stor enighet bland alla aktörer på marknaden kring detta – undantaget de ”större” aktörer som sitter på egna slutna nät. (ibid)

Hur man organiserar ägande, drift och innehåll i ett öppet nät varierar, SSNf gör följande indelning av affärsplaner i ett öppet nät (SSNf, 2006):

- *Transmissionsmodellen*: nätägaren erbjuder svartfiber (en fysisk kabel utan någon ändutrustning för dataöverföring) och/eller bitström, överföringskapacitet, till andra operatörer eller en ensam kommunikationsoperatör KO, som driver nätet och kopplar ihop tjänsteleverantörer och kunder.
- *Marknadsplatsmodellen*: nätägaren ansluter kunder och erbjuder tjänsteleverantörer att nå dessa kunder mot en avgift. Kunden betalar då ingen anslutningsavgift till nätägaren utan direkt till de tjänsteleverantörerna man väljer.
- *Slutkundmodellen*: kunden betalar anslutningen till nätägaren, tjänster erbjuds sedan av olika leverantörer.

3.1.5 Bredband i Malmö

Bilden som ges i Malmö är i stort sett densamma som i landet som helhet – det finns en omfattande utbredning av fiber och tom kanalisation i områdesnät, vilka sträcker sig till de flesta stadsdelar och områden inom staden. Dessa fibernät ägs av olika aktörer, bland annat Skanova och Malmö Stad. Sista anslutningssträckan till fastigheterna är dock vanligtvis någon form av xDSL eller bredband via Kabel-TV. (Malmö Stad, 2003)

De större fastighetsägarna, MKB och HSB Malmö har dock fiberanslutningar i 20 000 respektive 30 000 lägenheter (Olsson, 2002). Noteras ska dock att uppgifterna är från 2003 respektive 2002 och att det är oklart huruvida fler har tillgång till fiber idag.

På samma sätt som PTS anser Malmö Stad (2003) att koppar- och kabel-TV-nät med lägre överföringskapacitet endast tillgodoser behoven kortsiktigt.

I Skåne drivs just nu projektet BAS, Bredband för Alla i Skåne. Syftet är att främja utbyggnaden av IT-infrastruktur i hela regionen och drivs som ett samarbete mellan landsting, kommuner och privata bredbandsaktörer. Sedan 2003 har man i tre etapper byggt ett sammanhängande fibernät till alla orter med fler än 200 invånare. Finansiering har skett dels

med av kommunala medel, dels genom att söka statligt stöd och dels genom trafikintäkter från privata aktörer. De kommunala medlen utgörs dels av en investering och dels genom att man förbinder sig att köpa kommunikationstjänster i nätet, vilket även landstinget, "Region Skåne", gör. (Skånet, 2006)

Själva utbyggnaden har genomförts av E.ON Bredband, numera Tele2 Sverige Syd, och dessa har också ansvaret för att bredband levereras till slutkunden. Nätet drivs dock öppet och konkurrensneutralt. Det arbete som utförts fram till idag har varit inriktat på att ansluta orter till stamnäten samt knyta samman dem med varandra, det vill säga, det har inte handlat om att dra fiber till varje enskild kund. Enligt Anders Nyman på Tele2 Sverige Syd (2006) finns dock långtgående planer på att utöka projektet till en ny etapp där man satsar på accessnätet.

3.1.6 Bredband i Stockholm

I och med att Stockholm Stad inte har tagit fram något IT-infrastrukturprogram eller liknande dokumentation är det svårt att ge en samlad lägesbild av bredbandsutbyggnaden. En mindre utredning har dock gjorts av Öhrlings PWC (2005) på uppdrag av Stockholms Stadshus.

Rapporten kartlägger de nät som ägs av Stockholm Stad-ägda förvaltningar och bolag. I denna konstateras att det i huvudsak är Stokab som äger och driver fibernät på alla nivåer (stom-, stads-, områdes- och accessnät). Stokab har byggt upp ett nät i inner- och ytterstad som finns inom "nåbarhet" för en mycket stor del av hushållen, men idag är en mindre mängd fastigheter anslutna till detta nät med fiber. Istället domineras kundanslutningarna av xDSL och kabel-TV.

Beslut har dock tagits att dra fiber till alla hushåll i allmännyttan, vilket handlar om knappt 100 000 lägenheter tillhörande Svenska Bostäder, Familjebostäder och Stockholmshem (Svenska Bostäder, n.d.; Familjebostäder, n.d.; Stockholmshem, n.d.). Uppdraget att genomföra detta har Stokab och utbyggnaden beräknas kosta en miljard. (Dagens Nyheter, 2006)

3.2 Gasdistribution i Sverige

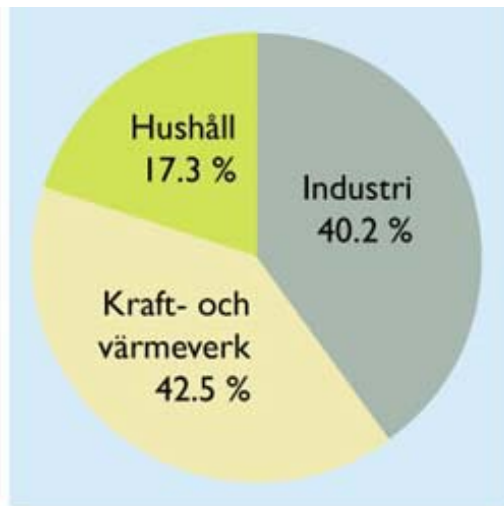
Det finns två olika typer av nät för distribution av gas i Sverige. För att tydligt skilja dem åt används här benämningarna *naturgasnät* respektive *stadsnät*. Ursprungligen hade Stockholm, Göteborg och Malmö var sitt stadsnät i vilka man distribuerade så kallad *stadsgas*. Idag är det endast Stockholms nät som fortfarande är ett isolerat stadsnät med distribution av stadsgas, därav benämns Stockholms nät vanligtvis *stadsgasnät*. De övriga stadsnäten är numera sammankopplade med det naturgasnät som byggts ut i Syd- och Västsverige och de båda stadsnäten distribuerar en blandning av naturgas och luft. (Nilsson, 1997)

3.2.1 Naturgasnätet

Naturgasnätet, som ägs av Nova Naturgas och E.ON Gas, togs i drift 1985 och har drygt 24 000 anslutna kunder. Gasen i nätet kommer från den danska delen av Nordsjön och når Sverige via det danska naturgasnätet. (E.ON, 2006)

Användningen av naturgas i Sverige är fördelad enligt figur 5 nedan. Figuren inkluderar också användningen av naturgas i de stadsnät som är kopplade till naturgasnätet – vilket med andra ord innefattar alla svenska nät utom Stockholms stadsnät.

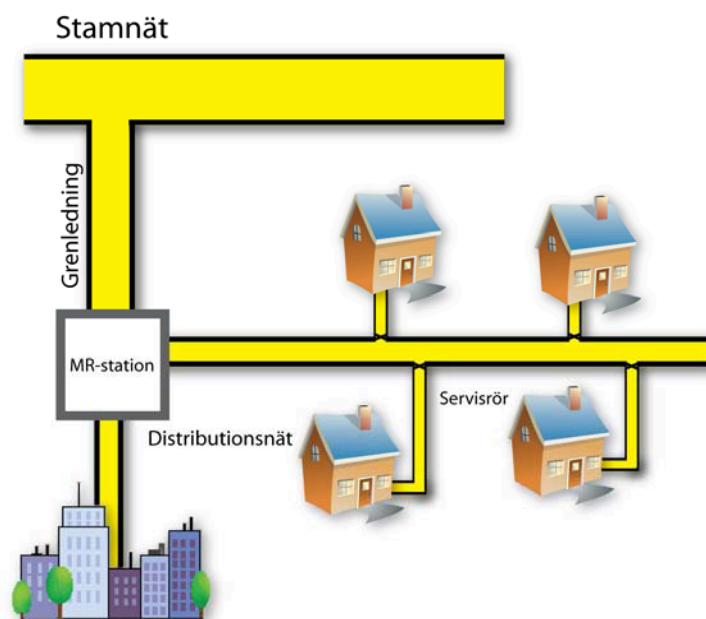
Naturgasnätet består av sammanlagt 2000 km ledningar, fördelade på *stamnät* och *distributionsnät*. Stamnätet, som går mellan Malmö och Göteborg, är 320 km långt (SGC, 2003). Från stamnätet går grenledningar till Trelleborg i söder, upp till Stenungssund i norr, samt Gnosjö i nordost, se figur 6.



Figur 5. Naturgasanvändning i Sverige, (Nova Naturgas, 2006)

Figur 6. Karta över naturgasnätet, efter ÅF (n.d.)

En allmän skiss över gasnätets delar visas i figur 7. Stamnätet och dess grenledningar har ett tryck på 80 bar, i en *mät- och reglerstation* sänks trycket till 4 bar innan det via distributionsnätet skickas ut till slutkunderna. Den sista ledningen som går in på fastigheten, och in i byggnader, kallas *servisrör*. (SGC, 2006)



Figur 7. Naturgasnätets uppbyggnad, efter SGC (2003)

Naturgasnätet är betydligt yngre än stadsnäten och byggs fortfarande ut. I dagsläget planerar man att i första hand bygga ut det med ledningar till Mellansverige och Bergslagen. (E.ON, 2005)

3.2.2 Stadsnätet i Malmö

Distributionsnätet i Malmö ägs av E.ON Gas och har cirka 13 000 anslutna kunder (ibid). Det är kopplat till naturgasnätet via tre stycken mät- och reglerstationer och har en fullständig *ringmatning*, det vill säga, gasen kan distribueras till användarna från olika håll (SGC, 2006).

I Malmö (liksom i Göteborg) konverterar man nätet till ren naturgas istället för den med luft utblandade naturgas som distribueras idag. För att anpassa ett stadsgasnät till naturgas måste äldre rör av gjutjärn och stål bytas ut mot rör av polyetenplast, PE. Detta kallas *relining* och innebär att man inuti de befintliga rören för in plaströr. Denna konvertering av nätet beräknas vara klar om cirka fem år. (E.ON, 2006)

3.2.3 Stadsnätet i Stockholm

Stockholms nät är det enda nätet i Sverige som fortfarande distribuerar stadsgas. Utöver innerstaden når det även Solna, Sundbyberg och Nacka. Sammanlagt har man cirka 100 000 anslutna kunder.

Nätägaren Fortum Värme planerar att så småningom konvertera det till ett naturgasnät. För att det ska vara möjligt behöver man precis som i de andra stadsnäten utföra relining, något som man redan nu successivt gör på platser där schaktning utförs av andra skäl, exempelvis underhåll på vattenledningar. (Ström, 2006)

I dagsläget är det dock oklart när man kommer att kunna genomföra det planerade bytet av gas och hur det kommer att ske. Det finns viss redundans i stadsnätet i form av ett *mellantrycksnät* som successivt har kopplats om till ett nät med högre tryck. Detta mindre mellantrycksnät kan vara aktuellt för ren naturgas som kan distribueras till gastankställen och eventuellt restauranger. Det stora nätet kommer dock att innehålla en naturgas/luftblandning. I dagsläget planerar man att ta in LNG, Liquid Natural Gas, naturgas i vätskeform, med båt till Nynäshamn. Gasen kommer att transporteras vidare med tankbil och i en blandningsstation, närmare Stockholm, kommer luft att blandas i gasen som sedan distribueras ut i stadsnätet. (ibid)

Det finns i huvudsak två kundgrupper i Stockholms nät – spiskunder och uppvärmningskunder. Idag är det osäkert om gasen som uppvärmning kan konkurrera med fjärrvärme varför den senare kundgruppen sannolikt successivt kommer att få övergå till andra alternativ som exempelvis fjärrvärme. (Nygren, 2007)

Många fastighetsägare byter också ut sina gasspisar mot elpisar. Detta medför att det idag finns, och kommer att finnas, en relativt stor mängd tomma rör. Vissa områden kommer sannolikt att vara olönsamma att ha kvar på längre sikt då de rör som finns ofta är mycket gamla och måste konverteras för att kunna distribuera naturgas/luft-blandningen. Samtidigt är många rör slopade (tagna ur drift) varför kundantalet inte är tillräckligt för att motivera en konvertering i dessa områden. (ibid)

4 Bredband i gasrör

I detta kapitel presenteras den kartläggning av tekniker för installation av "bredband i gasrör" som genomförts. Metoder och andra fakta är överlag tagna från leverantörerna själva. Ingen utvärdering och jämförelse av teknikerna sinsemellan har genomförts och det går inte att slå fast vad som fungerar bäst. Därför ska denna information ses som en allmän introduktion på området.

4.1 Teknikleverantörer

Det finns i dagsläget fyra företag som säger sig ha teknik för att installera någon form av bredband i gasrör. Av dessa är det tre som installerar fiber och ett företag som tagit patent på trådlös överföring.



Franska Alcatel har genomfört mindre installationer i några tyska städer samt större installationer i ett par taiwanesiska städer (Leppert, Nothofer och Teschner, 2001). Idag har en del av Alcatel gått ihop med Draka och deras BiG-teknik finns numera inom *Draka Comteq*. Inga installationer, mer än för utvärdering, har dock genomförts under Draka Comteq. (DeBruin, 2007)



Sempra Broadband (tidigare Sempra Fiber Links) är en del av den amerikanska energikoncernen Sempra Energy och har genomfört installationer på flera håll i USA. Planer finns på flera nya installationer, varav en i större skala i Kalifornien. (Beals, 2007)



KIWA Gastec är baserade i Nederländerna och uppges ha genomfört begränsade installationer i Europa (Beals, 2004). Ingen dokumentation kring dessa installationer har dock kunnat hittas i samband med kartläggningen och det är därför inte känt var deras teknik har använts och huruvida man erbjuder lösningar idag.



Amerikanska *Nethercomm* har fått en hel del uppmärksamhet i amerikanska medier. Till skillnad från ovanstående trådbundna tekniker förespråkar Nethercomm helt trådlös överföring med hjälp av så kallat UWB – *Ultra-Wideband* (Nunally, 2006). Inga demonstrationer har dock genomförts – varför en färdig teknik sannolikt ligger långt fram i tiden.

4.2 Installationstekniker

Följande beskrivning av installationsförfarandet bygger i första hand på de skisser och beskrivningar som funnits att tillgå från Sempra Broadband. Utöver detta presenteras de

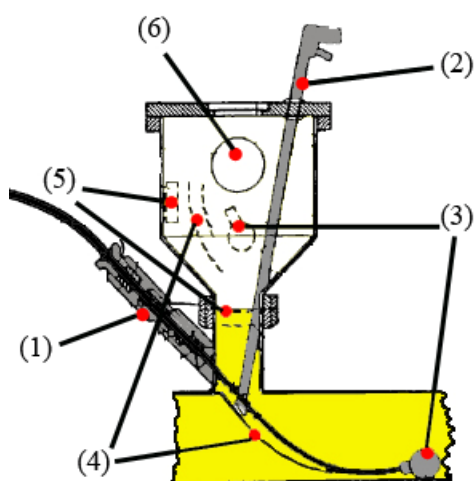
variationer som Draka Comteqs installationsteknik innebär. Därefter presenteras KIWA Gastecs och Nethercomms tekniker som båda skiljer sig avsevärt från de två förra.

4.2.1 Schaktning

Att lägga i fiber i befintliga rör innebär att hål måste grävas för att komma åt dessa. För att dra ett fibersegment grävs två hål om cirka 3,7 gånger 1,2 meter (SCG/SDG&E, 2003). Avståndet mellan dessa varierar mellan 200 och 500 meter och bedöms för varje enskilt segment utifrån yttre omständigheter. När en detaljplan över nätet görs tas hänsyn till nätets utformning, exempelvis placering av ventiler och tryckstationer. Men även yttre parametrar som trafik, gaskunder och tillgänglighet till rören tas i beaktning. (Leppert, Nothofer och Teschner, 2001)

4.2.2 Anslutning av in-/utmatningsutrustning

För att borra eller skära en öppning, fästs i tur och ordning ett bormunstycke, ett valv och en borr på röret. Genom valvet kan ett hål borraras utan att gasen behöver stängas av. Att göra hål på röret för att installera fiber görs på samma sätt som när man till exempel ska ansluta en servisledning till ett huvudrör. De anslutningar för in-/utmatningsutrustning som används är modifieringar av produkter som redan finns på marknaden (SCG/SDG&E, 2003).



När borren avlägsnats monteras en lufttät behållare på valvet, figur 8 visar en illustration av en sådan. På behållarens vänstra sida finns en in-/utgång (1) där en draglina kan matas in. Inuti behållaren finns verktyg för att sköta installationen. Med hjälp av en griparm (2) fästs en boll (3) på den inmatade draglinan. Denna boll syftar till att "guida" linan genom gasröret – framförallt är den nödvändig i krökar. (Beals, Hammer och Evans, 2004)

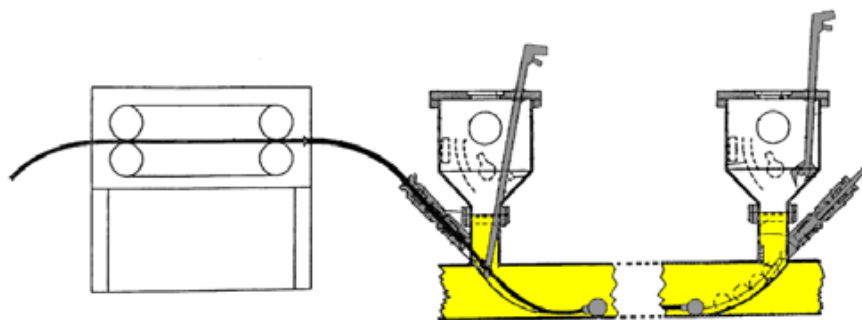
Det finns möjlighet att installera en skena (4) på vilken linan, och senare fiberkabeln eller kanalisationsröret, kan glida ner i röret. När alla moment utförts, sätts en plugg (5) i den nedre delen av valvet och möjliggör på så sätt ett borttagande av behållaren. För att kunna utföra dessa installationer finns ett titthål (6) i behållaren. (ibid)

Figur 8. Principskiss in-/utmatningsutrustning, streckade linjer anger delarnas alternativa lägen, gult fält återstår efter installation, efter Beals, Hammer och Evans (2004)

4.2.3 Dragning av kanalisation och fiber

För att dra fiber mellan två in-/utgångar finns först och främst två alternativ – antingen drar man fiberkabeln som den är eller så drar man kanalisation i vilken fiber senare kan dras igenom. Sempra Broadband matar med hjälp av en motor igenom ett kanalisationsrör. (ibid)

Oavsett vilket, startar man dock med att mata igenom en draglina. När linan når framförvarande utgång fångas den upp och matas ut på samma sätt som den matats in, det vill säga, med hjälp av griparmen avlägsnas guidningsbollen och linan förs ut genom in-/utgången. Figur 9 visar en illustration av detta.



Figur 9. Principskiss matning av draglina, efter Beals, Hammer och Evans (2004)

Därefter fästs ett kanalisationsrör i draglinan varpå draglina och kanalisation dras tillbaka genom röret via de två in-/utgångarna. Figur 10, 11 och 12 nedan visar en installation av kanalisation.



Figur 10. Motor för matning av draglina;

Figur 11. Inmatning sker med hjälp av den utrustning som beskrivits i figur 8;

Figur 12. In-/utgång efter att behållaren avlägsnats (motsvarar gult fält i figur 8 och 9 ovan) (Beals, 2004)

Med en metod som kallas *jetting* kan sedan fiber skjutas in i kanalisationen i efterhand. Luft blåses genom röret medan en motor matar igenom fibern. För fiberinstallatören blir det då ingen märkbar skillnad mot att dra fiber på konventionellt sätt. (SCG/SDG&E, 2003)

Tabell 1 visar hur många fiber som får plats i en kanalisation i ett gasrör med en viss diameter.

Gasrör, diameter (mm)	Kanalisation, yttre /inre diameter (mm)	Max antal fiber
20	6.3/3.1	12
25 - 35	6.3/3.2	12
	9.5/6.3	48
50 - 75	9.5/6.3	48
	16/11.3	144
100	16/11.3	144
	28/23	576
> 100	28/23	576

Tabell 1. Maximalt antal fiber i ett gasrör med en given storlek, efter Beals (n.d.)

Som en jämförelse kan nämnas att gasrören i stadsnätet i Stockholm mestadels har en diameter på 100 och 200 millimeter (Ström, 2007) och alltså skulle kunna innehålla ett stort antal fiber,

medan servisirör, som normalt är 20-25 millimeter endast skulle kunna innehålla det lägsta antalet fiber i tabell 1.

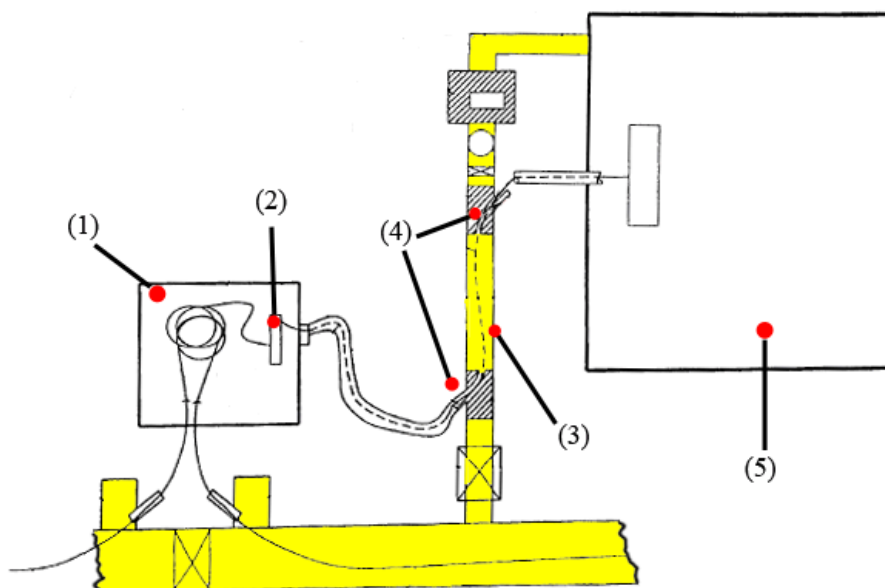
4.2.4 Anslutning av fastighet

Varje in-/utgång bildar en möjlig punkt för att mata in och koppla på anslutande fiber, se figur 13 nedan. Vid varje anslutningspunkt kan något eller några av fiberparen i kabeln dras vidare till fastigheter.



Figur 13. Anslutningspunkter i ett bostadskvarter (Beals, 2004)

För att dra fiber in i en byggnad låter man en del av fibern, som mellan två in-/utgångar passerar utanför gasröret, gå igenom ett anslutningsskåp (1), figur 14 (se även *fiber access vault*, figur 13 ovan). Inuti detta avleds några fibrer i kabeln till en korskopplingspanel (2), i vilken flera kabelvägar kan anslutas.



Figur 14. Koppling från distributionsrör till byggnad, efter Beals, Hammer och Evans (2004)

När installationen sker måste gasen i servisiröret (3) stängas av (det är dock möjligt att bypass-koppla en provisorisk ledning om det är viktigt att gasen inte stängs av). På servisiröret installeras ytterligare två in/ut-portar (4). Om servisirörets diameter är 20 mm eller mer, kan kanalisation användas även för denna koppling – annars måste fiberkabeln dras direkt i servisiröret. Genom kopplingen förbinds anslutningsskåpet (1) respektive byggnaden (5). (Beals, Hammer och Evans, 2004)

Det bör dock betonas att denna sista anslutning av fastigheten inte behöver ske på ovan nämnda sätt. Från anslutningsskåpet kan fibern dras på andra sätt, exempelvis kan man tänka sig att skåpet hamnar så pass nära byggnaden att det inte finns någon vinning med att dra vidare genom servisiröret.

4.2.5 Variationer i Draka Comteqs teknik

Draka Comteqs installationsteknik bygger på liknande principer som ovanstående skisser visar. Figur 15 visar en anslutningsport som används av Draka Comteq, denna består av två in-/utgångar. Figur 16 visar den guidningsutrustning som används av Draka Comteq och består, utöver en skumgummiboll, också av en "fallskärm". Skärmen drivs framåt med gas eller lufttryck medan bollens uppgift är att hålla fallskärmen utvecklad även i kurvor. Med andra ord sker inte matningen med en motor som i ovanstående fall, utan med hjälp av tryck. (Jeyapalan 2002)



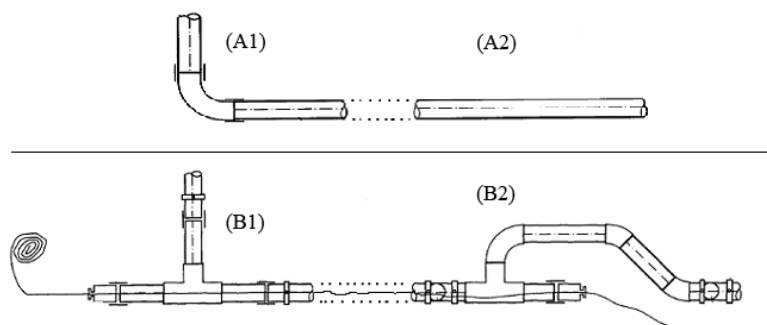
Figur 15. Anslutningsport (Alcatel, 2002)

Figur 16. Guidningsutrustning (Jeyapalan 2002)

Till skillnad från Semptra Broadband har Draka Comteq dragit fiberkabel direkt i gasrör och inte via kanalisationsrör. Ett exempel på en, av (dåvarande) Alcatel genomförd, installation är ett taiwanesiskt BiG-nät, vilket torde vara det största i världen. Det består av 84 km nät i stadscentrum och 56 km nät i en förort. I det längre nätet finns 176 accessportar och i det kortare finns 257 portar. Det innebär att det i snitt i innerstan är 477 meter kabel mellan portarna och i förorten 218 meter mellan dem. Installationer skedde nattetid för att minska belastning på gaskunder och trafik. (Leppert, Nothofer och Teschner, 2001)

4.2.6 KIWA Gastecs installationsteknik

Medan grundprinciperna för Draka Comteqs och Semptra Broadbands metoder för att installera fiber i gasrör i stora drag liknar varandra, har KIWA Gastec en annan utgångspunkt. Metoden bygger på att under installationen byta ut delar av röret och ersätta med T-formade rörsegment, enligt figur 17 nedan.



Figur 17. Princip för dragning av fiber, efter Top et al. (1997)

Den del av röret som installationen sker i, stängs av från övriga systemet. Det krökta rörsegmentet, **(A1)**, ersätts med det undre rörsegmentet, **(B1)**, vilket innebär att man i extraändan kan mata in en draglina. Längst fram på denna lina är en skärmanordning, se figur 18, fäst. (Top et al., 1997)

För att föra skärmarna med ansluten lina framåt introduceras ett övertryck på 150 mbar på den gas som finns i rörsegmentet. Tryckskillnaden bidrar till att föra linan framåt mot utgången – vilken också är ett utbytt rörsegment, **(A2)** respektive **(B2)** i figur 16. (Jeyapalan, 2002)



Figur 18 (ovan vänster). Skärmanordning;

Figur 19 (nedan vänster). Rörsegment för in-/utmatning av draglina och kanalisationsrör;

Figur 20 (höger). Draglina i rör, samtliga figurer från Jeyapalan (2002)

När linan matats ut fästs ett kanalisationsrör i denna. Linan dras sedan tillbaka genom ingången och drar på så sätt med sig kanalisationsröret tillbaka. Fiber kan sedan, som beskrivet i föregående tekniker, blåsas in i kanalisationsröret.

Enligt KIWA Gastec kan installation endast ske i plaströr (Top et al., 1997). Installation anges också ha utförts i rör med 4 bars tryck – huruvida installation kan göras i servisirör är oklart.

4.2.7 Installationstekniker i andra typer av rörsystem

För dragning av kanalisation och fiber i andra typer av rörsystem, som avlopp, har i vissa fall robotar använts. Ett exempel på detta är FAST, *Fibre Access by Sewer Tubes*, (Fast Opticom, n.d.) som kan användas i rör med ner till 200 mm diameter.

Fiberdragningen inleds med att en installationsrobot, figur 21, körs genom röret och med jämna mellanrum släpper stålringar, figur 22, som expanderar på insidan av avloppsröret. Ringarna innehåller ett antal clips i vilka roboten sedan kan fästa kanalisation för fiberkablar. Roboten drar sedan med sig kanalisationsrör genom avloppsröret och fäster dessa i clipsen längs med innerväggen. (ibid)



Figur 21. Installationsrobot FAST, (Fast Opticom, n.d.)

Figur 22. Stålring med clips, (ibid)

Figur 23. Kanalisationsrör/fiber avleds till byggnad (Scheuble, 2005)

För att ansluta fibern i avloppsröret till byggnader finns även en metod som innebär att man i källaren gör ett hål genom vilket fibern kan hämtas upp från avloppsröret och dras in i byggnaden. (Scheuble, 2005)

4.3 Trådlös överföring

Som nämndes i inledningen av kapitlet skiljer sig Nethercomms idé avsevärt från de andra överföringsteknikerna. Överföring av data bygger på en teknik som kallas *Ultra-Wideband*, även känd som *impulsradio*. Tekniken har tidigare använts, och används, inom militära applikationer som exempelvis radar. Användning ovan jord är på grund av teknikens natur starkt reglerad, men Nethercomm menar att eftersom användningen i detta fall sker i rör under jord kan man använda pulser med högre energi utan negativ påverkan på annan verksamhet och utrustning. (Nunally, 2006)

Tekniken går ut på att en antenn placeras i röret och skickar ut elektromagnetiska pulser med intervall i storleksordningen nano- till pikosekunder och med en pulslängd på mellan något tiotal pikosekunder och några nanosekunder. Data kan överföras på olika sätt, exempelvis genom att modulera pulsernas positioner i förhållande till varandra. (ibid)

Som tidigare nämnts har man dock inte genomfört några försök att testa tekniken och den har därmed sannolikt långt kvar till marknaden. Enligt USA Today (2006) som kontaktat ett antal ägare av gasnät finns heller inga planer på att testa den trådlösa tekniken i något av deras gasnät. Dessutom har det företag som Nethercomm samarbetat med kring tekniken, Freescale Semiconductor, som tillverkar utrustningen, valt att sluta samarbetet.

Därför kan Nethercomms teknik inte heller anses relevant för att användas vidare i denna rapport.

4.4 Övervakning och läcksökning

Enligt ovan presenterade teknikleverantörer finns det även en stor nytta för gasdistributören som ligger i att fibern (eller radiovågorna) kan användas till att kontrollera och övervaka distributionssystemet. Exempelvis kan pumpstationer kontrolleras, flödet övervakas och kommunikation mellan olika delar av systemet får en naturlig distributionskanal. (Alcatel, 2002; Nunally, 2006)

Alcatel (2002) menar att fiber i gasröret även kan användas för att övervaka läckor. När gastrycket till följd av läckage sjunker någonstans, sjunker även gasens temperatur. Detta innebär att även temperaturen hos fiberkabeln förändras och temperaturförändringen får ljuset att sprida sig annorlunda vid den plats där läckaget har uppstått. Genom att räkna ut var någonstans på kabeln som ljuset ändrar riktning är det möjligt att skapa sig en bild av läckaget med mycket hög tid- och rumsupplösning (Nikles et al., 2004).

4.5 Genomförda tester, riktlinjer och standarder

4.5.1 Dragning av kanalisation i gasrör

En utredning har gjorts av de två amerikanska energibolagen, Southern California Gas Company och San Diego Gas & Electric (SCG/SDG&E, 2003) för att få tillstånd prövat för att genomföra dragning av kanalisation i naturgasfyllda rör. Energibolagen avsåg att erbjuda fiberoperatörer att blåsa in egen fiber i denna kanalisation. Bakom tekniken för installation av kanalisation stod Sempra Broadband som tillhör samma koncern, Sempra Energy, som de båda ovanstående energibolagen.

För att inte hindra gasflödet var utgångspunkten att inga gasrör under 100 mm och inga kanalisationsrör över 25 mm skulle användas. Vid de tester som genomfördes av energibolagen konstaterades att det i stort sett inte fanns några ytterligare risker eller annan påverkan på omgivningen än vid ”normalt” arbete med gasledning.

Inför genomförandet utvecklades tester på hållbarheten hos gasrören, detta för att kontrollera att den utrustning som ska fästas på gasrören vid installation av fiber eller kanalisation inte orsakar några skador. Tester genomfördes på den typ av utrustning som används både vid installation i distributionsrör och i serviser. För respektive fall testades samtliga rörmaterial. Dessa test genomfördes enligt standardtestmetoder. I figur 24 visas anslutningar för respektive rörmaterial.



Figur 24. Anslutningar för stål-, gjutjärns-, respektive PE-rör.

Även kontroll av läckage från kanalisationen genomfördes. Det slogs fast att efter dragning av kanalisation bör denna testas med ett tryck på mellan 7 och 10 bar för att upptäcka eventuellt läckage (med kvävgas, alternativt naturgas eller luft). Detta anser man vara tillräckligt för att säkerställa att utrustningen klarar att hålla tätt på kritiska segment.

Man konstaterar i rapporten att kanalisationen dels skyddar fiberkabeln mot eventuella kolväten, och dels skyddar gasen från antändning av skadad fiber. Detta innebär att lägre krav kan ställas på kabelmaterialet än i de fall som man drar fiberkabeln direkt i gasröret. Det innebär också att fiberoperatören kan genomföra underhåll av sin fiber utan gasbolagets direkta medverkan. Den största risken som anses föreligga vid installationen av fiber är att statisk elektricitet uppstår eller att skador uppstår på kanalisationen under inblåsning, varför även en representant från gasbolaget bör närvara vid installationer.

Sammanfattningsvis tog man fram sju interna standarder, dessa ger riktlinjer för:

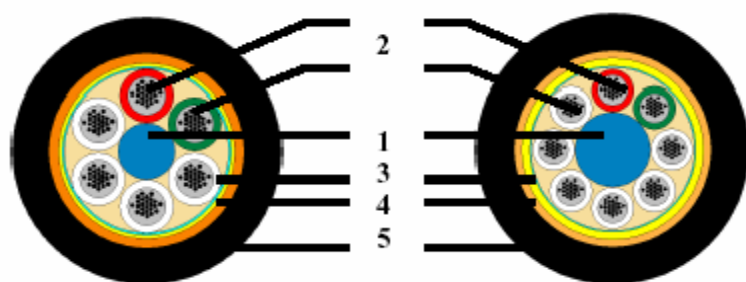
- Hantering av akuta incidenter
- Kontroll av statisk elektricitet vid arbete på PE-rör
- Planering och utvärdering inför installation
- Installation av utrustning på stålrör
- Installation av utrustning på PE-rör
- Installation av kanalisation
- Test av kanalisation

4.5.2 Dragning av fiber i gasrör

Väljer man att dra fiber direkt i gasröret måste denna kabel vara av robustare slag än om kanalisation används. Användandet av laser inuti en gasfylld miljö innebär att utrustningen måste anpassas så att det inte föreligger någon risk för antändning. Riktlinjer för hur fiber används i farliga miljöer har tagits fram av ISA-SP12.21 Fiber Optics Subcommittee (Fussel, 2003). Dessa konstaterar att en laserstråle är en möjlig antändningskälla i ett gasrör och presenterar tre "koncept" för att undvika antändning av gasen:

- *Inherently safe* innebär att hålla energin i laserstrålen under det värde som krävs för att antända gas. Om energin överstiger detta värde skulle antändning kunna inträffa om ljusstrålen faller på en yta som omvandlar den optiska energin till värmeenergi.
- *Protected fiber optic cable* innebär att kabeln ska vara tillräckligt robust designad för att undvika att gå sönder och därmed riskera att antända gasen.
- *Optical radiation interlock* innebär att hinna upptäcka ett avbrott på kabeln och reducera energin hos lasern innan den riskerar antändning av gasen.

Alcatel har, vid dragning av fiber i gasrör i Taiwan, använt kabeln Gaspipe MiniTube TM AJD1 6x24/7x24+1x(20+4), se figur 25 nedan. Alcatel konstaterar att insidan av gasröret kan vara kraftigt korroderat och att det kan innebära en stor skrapverkan på kabeln. Förutom ett hölje av HDPE, hårdplast ((5) i figur 25) för att skydda fibern mot dessa skador ger också ett metallfolieskikt ((4) i figur 25) skydd mot gasdiffusion. Övriga komponenter i kabeln är trycktåliga element (3), buffertuber innehållandes fiber (2) och ett centralt element (1). (Leppert, Nothofer och Teschner, 2001)



Figur 25. Fibernkabel använd av Alcatel vid installation i gasrör. (Jeyapalan, 2002)

Innan genomförd installation utsattes in-/utgångarna, med vilkas hjälp fibernkabeln matas in och ut ur gasröret, för tryck upp till 100 bar i heliumatmosfär i 60 veckor. Detta genomfördes i ett 4 meter långt teströr och uppvisade enligt Alcatel varken några läckor från anslutningarna eller förhöjd dämpning hos fibernkabeln. (Leppert, Nothofer och Teschner, 2001)

Vid installationen användes tryckluft för att blåsa igenom fibernkabeln, innan genomförandet spolades gasröret med kvävgas. (ibid)

4.5.3 Standarder

Två standarder kring installation av fiber i gasfyllda rör har utarbetats av *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2004):

- Standard F2349 – Standard Practice for Operation and Maintenance of Integrated Natural Gas Pipelines and Optical Fiber Systems
- Standard F2350 – Standard Practice for Selection of Natural Gas Pipelines Suitable for Installation of Optical Fiber Systems

Dessa standarder rör installation av både kanalisation och fiber.

5 Analys – Bredband i Gasrör

Detta kapitel är tänkt att knyta ihop ovan presenterade områden, gasdistribution, bredbandsdistribution och kombinationen ”bredband i gasrör”. Genom att utgå från de fyra olika perspektiv ur vilka man, enligt Kaijser (1994), kan definiera ett infrasystem är syftet att ge en helhetsbild av möjligheterna hos tekniken.

Här kommer också tankar och åsikter från intervjuerna att presenteras och ge en bild av var olika aktörer står idag och tror om möjligheterna för ett BiG-system.

5.1 Analysmodell

Utifrån den modell som presenterades i kapitel 2.3 i vilken Kaijser (1994) definierade ett infrasystem ur fyra perspektiv har en översättning gjorts för att passa de specifika delarna som är relevanta för en analys av ett BiG-infrasystem. Tabell 2, nedan, ger en översikt över vilka generella aspekter som översatts till respektive del av analysen.

	Allmän modell (Kaijser)	BiG-analys
Tekniskt perspektiv	<i>Nätverk/Systemarkitektur</i>	Installationstekniker Kompatibilitet
	<i>Flöde</i>	Drift
	<i>Tillförlitlighet</i>	Tillförlitlighet
Geografiskt perspektiv	<i>Utbredning</i>	Utbredning
	<i>Struktur/Form</i>	Nätstruktur
	<i>Överlagring</i>	Överlagring
Institutionellt perspektiv	<i>Ägarintressen/Organisation</i>	Gasnätägare/operatör Fibernätägare/operatör Tjänsteleverantör
	<i>(saknar motsvarighet)</i>	Fastighetsägare Kund (bredband/gas) Kommun/landsting
	<i>Lagar/regelverk</i>	Lagar/regelverk
Ekonomiskt perspektiv	<i>Finansiering</i>	Installationskostnader Samordning av finansiering Prissättning
	<i>Framtida användning/ Konkurrerande system</i>	Efterfrågan

Tabell 2. Analysmodell

5.2 Det tekniska perspektivet

5.2.1 Installationstekniker

Det är viktigt att påpeka att informationen kring installationsteknikerna är hämtad från respektive företags patent och i vissa fall informationsmaterial. Det är inte känt hur de ovan presenterade installationsteknikerna fungerar på svenska gasnät. Utrustning och tillvägagångssätt måste sannolikt anpassas till de förhållanden som råder här, varför tester på eget nät måste utföras. Att man utvecklar fler standarder för området är av godo och kan underlätta vidare undersökning och tester av tekniken.

Jämförelsevis kan konstateras att de största skillnaderna mellan de mest använda teknikerna, Draka Comteq/Alcatel och Semptra Broadband, ligger i dels huruvida fiberkabeln dras direkt i gasröret eller om kanalisationsrör används, och dels hur den dras igenom – med motor respektive gas- eller lufttryck. I övrigt är dessa båda metoder relativt likartade, medan KIWA Gastecs metod bygger på ett helt annat tillvägagångssätt.

5.2.2 Kompatibilitet

De svenska gasnäten ser sannolikt inte ut som de nät i vilka man tidigare genomfört installationer. Vissa av installationsteknikerna kommer inte att vara genomförbara i alla nät.

Dels handlar det om rörmaterial – KIWA Gastecs teknik är exempelvis inte lämplig i de svenska stadsnäten, vilka i stor utsträckning består av järn- och stålrör. Även i nät som konverterats med relining är stålet kvar, varför problemet kvarstår.

Semptra Broadband har tagit fram anslutningar för alla typer av rörmaterial, det vill säga, gjutjärn, stål och PE-plast. Gjutjärnsrör uppges vara svårast att använda och dessa anslutningar kostar mer än de övriga. Rost i rören innebär också att man inte kan dra lika långa fibersegment i ett och samma stycke. (Beals, 2007)

Vidare måste jämförelser göras, och hänsyn tas till, att rördimensionerna varierar. För att inte påverka gasflödet vid användande av kanalisation finns begränsningar på kanalisationens storlek och därmed hur många fiberpar som kan användas. Det går inte att använda kanalisation i gasrör vars diameter är mindre än 20 mm.

Några typer av gasnät kan också uteslutas. De tekniker för ”bredband i gasrör” som finns tillgängliga är enligt leverantörerna avsedda för distributionsnät – det vill säga nät med högsta tryck 4 bar. Detta innebär att stamnätet, som det svenska naturgasnätet till stora delar består av, överhuvudtaget inte är aktuellt för ett bredbandsnät enligt de principer som redovisats i denna rapport.

Det förefaller inte heller finnas någon direkt mening med att dra fiber i annat än befintliga ledningar. För den utbyggnad av naturgasnätet som planeras, skulle tekniken inte vara aktuell. Att gräva av fiberkabel kan visserligen ses som ett problem vars risk skulle minska genom att lägga kablar inuti gasrör. Men det finns inget som tyder på att det skulle väga upp det extraarbete detta innebär i jämförelse med att lägga fiber bredvid gasledningen. Eventuell kontroll av systemet, inklusive läcksökning, kan dessutom utföras även med en fiberkabel som ligger utanför gasröret.

5.2.3 Drift

Det som i huvudsak är nytt är själva installationsförfarandet samt i viss mån utrustningen – exempelvis fiberkablar som klarar en gasfylld miljö. Själva distributionen av innehåll sker på samma sätt som med konventionell fiber.

Ur ett längre perspektiv är det möjligt att driften av systemet i större utsträckning kan handla om driften av ett kombinerat bredband-och-gassystem, snarare än drift av två separata system. I den

händelse man skulle vara intresserad av att integrera dessa system mer än bara i deras fysiska utbredning skulle exempelvis bredbandet – i form av intern kommunikation och styrning – kunna ha en viktig roll i driften av gasnätet.

Då det dock är rimligt att i detta skede i första hand se bredbands- och gasdistributionen som två separata distributionsområden, anser författaren att det ligger utanför arbetets ram att fundera kring själva driften av ett BiG-system.

Interna rutiner måste dock utarbetas för underhåll och arbete med respektive nät, eftersom hänsyn måste tas till det andra nätet. Dessa finns idag delvis utarbetade i de standarder som tagits fram av ASTM International.

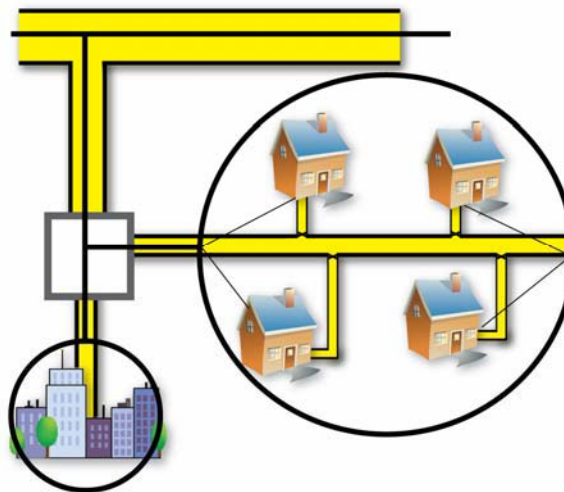
5.2.4 Tillförlitlighet

Systemen ska inte påverka varandra, varför tillförlitligheten i värsta fall ska vara som systemens normala tillförlitlighet. I bästa fall blir den dock förbättrad av synergieffekter. Exempelvis läcksökning med fiber, och att gasröret skyddar fibern från avgrävning.

En uppenbar nackdel och risk är emellertid att underhållsarbete och eventuella lagningar på det ena eller andra systemet försvåras av deras täta sammankoppling. Rutiner för hantering av detta måste klargöras innan installation (vilket också behandlas i ovan nämnda standarder).

5.3 Det geografiska perspektivet

Den geografiska aspekten i allmänhet - och begreppet *överlagring av system* i synnerhet - utgör själva grunden för nyttan med "bredband i gasrör". Vinsten av tekniken är att dra nytta av de likheter som finns i respektive näts fysiska utbredning. Även om de i verkligheten inte överlagrar varandra som i figur 26 nedan, handlar det rent principiellt om likartade strukturer, vilket också skulle kunna utnyttjas i högre grad än vad som görs idag. Detta är dock ingenting som endast gäller för distributionssystem för bredband och gas – även vatten och avlopp distribueras på samma sätt.

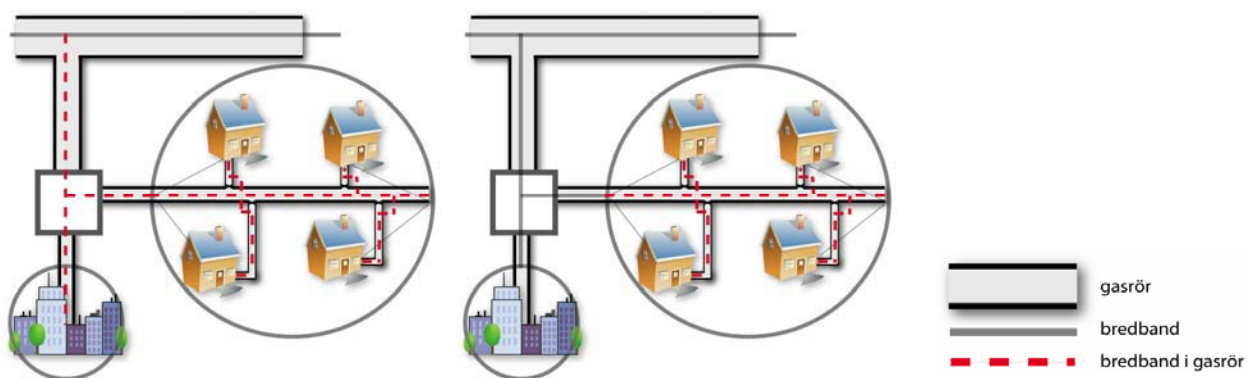


Figur 26. Jämförelse mellan gas- och bredbandsnätens strukturer, gul ledning motsvarar ett gasnät och svart motsvarar ett bredbandsnät.

5.3.1 Utbredning

En grundläggande fråga är om man vill bygga ett helt nytt områdes- och accessnät – det vill säga en ny komplett lokal infrastruktur – eller om man vill komplettera den befintliga infrastrukturen genom att dra fiber vissa sträckor. I det första fallet handlar det om att bygga ett områdesnät och ett accessnät (inom bredbandsdomänen) inuti distributionsrör och servisirör (inom gasdomänen) enligt den vänstra modellen i figur 27 nedan.

I det andra fallet handlar om att koppla ihop delar av den lokala fiberinfrastrukturen. Det enklaste är att tänka sig att koppla upp slutkunder, som idag endast har bredband via kopparkabel, till ett områdesfibernät. Det vill säga, de befintliga områdesnät som finns i och runt de flesta orter kan anslutas den sista biten till kunden med hjälp av de fibrer som dras i distributions- och servisirören, enligt den högra modellen i figur 27.



Figur 27. BiG som områdes- och accessnät (vänster) och BiG som accessnät (höger)

Utöver de fysiska förutsättningarna, handlar detta val till stor del om vilken affärsmodell man är intresserad av. Vill man som gasnätägare även distribuera bredband har man ett större intresse av att äga fiberförbindelse från en central nod till varje enskild fastighet (vänstra modellen). Vill man erbjuda befintliga nätägare/operatörer att dra egen fiber, alternativt hyra in sig på fiber, kan det vara aktuellt med kortare, kompletterande, sträckor i accessnätet (högra modellen).

Eftersom det finns rent fysiska begränsningar hos ”bredband i gasrör”, torde det dock vara mer eller mindre omöjligt att kunna bygga ut ett helt lokalt fibernät inuti gasnätet. Som nämnts fungerar ”bredband i gasrör” sannolikt bara i vissa typer av gasnät. Dessutom är det också sannolikt att andra faktorer, som hur många hushåll som nås och förekomsten av hinder inuti rören, gör det olämpligt att dra vissa sträckor.

Författarens bedömning är därför att ”bredband i gasrör” i första hand bör ses som ett komplement till att dra fiber i annan typ av kanalisation. I fråga om vilken nättyp som är lämpligast, är det med utgångspunkt i nulägesbeskrivningen av bredbandsutbyggnaden som gavs i kapitel 3.1, sannolikt att i första hand bygga accessnät. Detta eftersom förekomsten av öppna fibernät är relativt omfattande på de regionala nivåerna – medan lokala nät präglas av lägre kapacitet och ett ökat behov av fiberanslutning till hemmen. Därmed är ”bredband i gasrör” sannolikt först och främst en teknik som skulle kunna erbjuda Fiber-To-The-Home enligt den högra modellen i figur 27.

5.3.2 Nätstruktur

Det är inte nödvändigtvis lämpligt att dra fiber i gasrör på de sätt som presenterats i rapporten. Dessa installationstekniker utgår från att man drar en fiberkabel med ett större antal fiberpar i ett distributionsrör och att man med mer eller mindre jämna mellanrum avleder några av dessa

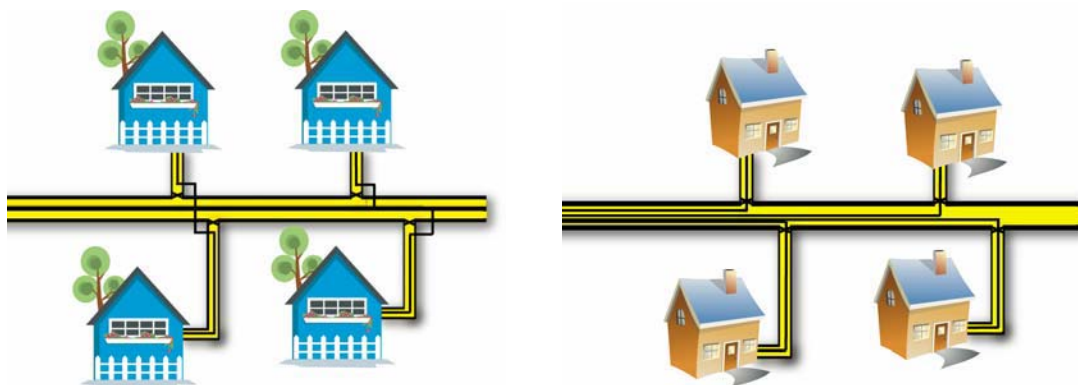
fiberpar till fastigheter enligt den vänstra modellen i figur 28 nedan. Detta kräver att man måste gräva ett mindre schakt vid varje servisirör.

I flerfamiljshus kan det mycket väl löna sig att på detta sätt dra upp fibern ur huvudröret vid varje fastighet eftersom fler kan dela på denna kostnad. I villabebyggelse blir det mer tveksamt, eventuellt kan fler påkopplingar göras i samma schakt men endast ett hushåll kan nås per servisirör. Om man tänker sig att man från ett (gas)distributionsrör innehållandes fiber vill dra fiber till tio villor måste man också koppla på fiber till fastigheterna på tio ställen. På en gata i innerstan kan man på samma sträcka nå tio höghus med vardera 30 lägenheter, det vill säga 300 hushåll. Detta innebär att man sannolikt är mer villig att ta schaktningskostnaderna i det senare fallet.

Anslutning av fastighet i tätbebyggt område torde kunna ske på olika sätt beroende på avståndet mellan fastigheten och närmast passerande gasrör/fiber. I vissa fall räcker det kanske med att dra fiber fram till en anslutningspunkt i form av en kvartersnod. Om denna anslutningspunkt hamnar mycket nära en byggnad kan fiber möjligtvis dras in utan att använda servisiröret.

Om gasröret innehållande fiber passerar mitt ute under gatan är det mer troligt att servisiröret behöver användas, alternativet blir dock att på konventionellt vis schakta hela vägen till byggnaden. Att dra igenom servisiröret kräver dock att ett mindre hål schaktas vid varje anslutning, i ett tätt bebyggt kvarter i innerstaden kan det därför, där så är möjligt, vara lämpligare att nå endast en byggnad via ett servisirör och sedan dra vidare till de andra i kvarteret inifrån denna byggnad. Om ett servisirör sammanfaller med en lämplig placering av en anslutningspunkt, används förslagsvis detta.

Går man tillbaka och tittar på den dragning av fiber i gasrör som genomfördes i Taiwan är det uppenbart att man inte har gått via servisirören till varje byggnad. Avstånden mellan anslutningspunkterna angavs i snitt vara 477 meter. På detta avstånd passerar man troligtvis relativt många servisirör. Exakt hur fibern sedan drogs in i byggnader framgår inte av dokumentationen. Möjligt är att man gjorde som ovan beskrivit, nöjde sig med en kvartersnod och länkade fastigheterna till denna genom varandra.



Figur 28. Två nätstrukturer för dragning av fiber i villaområde

Enligt Hans Nygren och Anders Lysedal på Fortum (2007) är det för villaområden inte aktuellt att dra fiber enligt den vänstra modellen i figur 28. Enda sättet att motivera fiber till hushållen är, enligt Nygren och Lysedal, att lyckas gå igenom servisirören *utan* att dra upp fibern via ett anslutningsskåp (vilket ingen av ovanstående tekniker presenterar någon metod för).

Skulle man anta att detta var möjligt innebär det att en separat fiberkabel måste dras från kvartersnoden till varje enskilt hushåll, enligt den högra modellen i figur 28. Om servisiröret har

en ventil där den utgår från distributionsledningen, i gatan eller vid tomtgränsen, kommer det efter installation inte vara möjligt att stänga denna ventil.

Det senare alternativet skulle i teorin göra det möjligt att undvika schaktning vid serviserna. Däremot innebär det att det blir trångt i distributionsröret om ett flertal separata kablar ska dras igenom det. För det första utesluter detta med all sannolikhet användning av kanalisationsrör, det vill säga, fiberkablar måste dras direkt. För det andra är det överhuvudtaget tveksamt om det blir tillräckligt med plats kvar i distributionsröret för gasen själv. Därför är denna variant snarast aktuell för områden där gasrören är tagna ur drift.

Det ska dock påpekas att det inte finns något som säger att man måste gå via servisirören in i varje enskild byggnad. Det är mycket möjligt att tänka sig att endast en nod i närheten av en fastighet innebär att man har möjlighet att med hjälp av annan kanalisation dra fibern ända in i byggnaden. Man skulle kunna tänka sig att gasnätet erbjuder, om inte en väg hela vägen till varje fastighet, så väl en väg närmre dessa. Trots att man inte löser anslutningen hela vägen, har man gjort det lättare för fastighetsägarna att ansluta till fibernätet. Men då har man också tappat det som förefaller vara styrkan med tekniken – att kunna komma ända in i byggnader utan att gräva upp trottoaren.

5.4 Det institutionella perspektivet

5.4.1 Gasnätägare/operatör

I Kalifornien hade de inblandade gasbolagen ingen samarbetspartner när projektet startade. Genom att dra tom kanalisation i sina gasrör kunde man erbjuda andra företag att hyra utrymmet i dessa för att dra egna fiberkablar. Därmed hade man inget med varken fiber eller överförda tjänster att göra – tanken var endast att utnyttja möjligheten till en extra inkomstkälla.

Man hade även kunnat äga den fiber som blåstes i, eller göra som Alcatel i Taiwan, dra fiber direkt i gasrören. I det senare fallet kan gasnätägaren antingen hyra ut fibern till andra leverantörer eller själv gå in på bredbandsmarknaden. Den första frågan man som gasnätägare bör ställa sig är med andra ord var i värdekedjan man vill befinna sig. Det finns i huvudsak fyra olika nivåer:

- Gasnätägaren äger kanalisation och erbjuder fiberägare att dra egen fiber.
- Gasnätägaren äger fiber som hyrs ut som svartfiber, det vill säga, fiberoperatören (eller någon extern leverantör) står för all annan utrustning och leverans till slutkund.
- Gasnätägaren äger fiber och annan fysisk utrustning själv och erbjuder andra aktörer att köpa överföringskapacitet.
- Gasnätägaren är själv både fiberägare och operatör och hanterar all IP-trafik till slutkunden (oavsett om man själv levererar några tjänster eller köper in dessa av innehållsleverantörer).

Det är troligt att en gasnätägare som installerar kanalisation och/eller fiber i sina rör kommer att befinna sig på någon av de två översta nivåerna.

Utöver att erbjuda kapacitet till andra leverantörer och kunder är det också möjligt att använda kapaciteten för interna behov. Som exempel på en sådan användning nämndes den läcksökning som enligt leverantörerna av BiG-tekniker ska vara möjlig.

Flera utvärderingar av läcksökningsmetoder (Geiger, 2003; Sivathanu, 2004) konstaterar att denna typ av läcksökningssystem karakteriseras av god känslighet på att upptäcka och lokalisera läckor, men att kostnaden för installation är för hög för att vara motiverat annat än för högriskområden. I och med att det i ett BiG-nät ändå finns fiber tillgänglig inuti rören, skulle det kunna finnas skäl att utvärdera möjligheterna för läcksökning närmare.

I Sverige görs läcksökning idag normalt sett med hjälp av personburna instrument. E.ON Gas anger att man i det svenska naturgasnätet utför läcksökning med hund (Andersson, 2006) medan

Fortum anlitar skolungdomar som på sommaren går igenom nätet med ovan nämnda hjälpmedel. Utöver detta får man förlita sig på att allmänheten larmar vid onormal gaslukt (Ström, 2007). Nilsson (1997) konstaterar att kontroll av täthet hos gasledningar är ett ”i många fall omfattande och tidskrävande arbete”.

Det är dock realistiskt att i första hand använda fibern för bredbandskommunikation eftersom övriga funktioner, som läcksökning, kräver ytterligare ändrustning, internutbildning och tester.

5.4.2 Fibernätägare/operatör

På samma sätt som ovan kan ägande och drift av fibernätet organiseras på ett flertal olika sätt. Antingen fungerar gasnätägaren även som fibernätägare, alternativt låter man någon annan lägga i fiber och äga sitt eget fibernät. I båda fallen kan ägaren av fibernätet i sin tur antingen själv sköta driften eller låta någon annan göra det. Sedan kommer frågan om vem som ska erbjuda innehållet – fiberoperatören eller externa leverantörer eller både och.

Med andra ord finns det en mängd olika kombinationer av leverantörer på olika nivåer i värdekedjan, vissa torde dock passa just denna typ av system bättre än andra.

Om man utgår från det som konstaterats ovan – att dragning av fiber i gasrör i första hand skulle genomföras på accessnätetsnivå – uppstår ett problem för fiberägaren/operatören. När en operatör som inte äger områdesnätet vill ansluta ett fastighets- eller accessnät till detta, finns ingen skyldighet för ägaren av områdesnätet att tillgängliggöra sitt nät (Widigs Ahlin och Jönsson, 2005). Det kan med andra ord vara en fördel att även vara ägare till ett områdesnät om man vill bygga ett accessnät med koppling hela vägen till slutkund.

Genomför man en utbyggnad av fiber inuti ett gasnät finns då två rimliga alternativ. Antingen bygger man ett fibernät som även innefattar ett områdesnät, så att man kontrollerar hela vägen från en större regional nod till slutkund. Alternativt ansluter man sitt nybyggda accessnät till ett öppet nät, i vilket vem som helst har möjlighet att hyra överföringskapacitet eller svartfiber på lika villkor.

Anders Nyman på Tele2 Sverige Syd (2006) tror att ett eventuellt fibernät i gasnätet skulle behöva vara ett öppet nät. Det inte är troligt att någon aktör vill ta hela kostnaden att dra fiber fram till en fastighet, varken gasnätägare eller fiberoperatör/ägare/bredbandsdistributör. Ett öppet nät innebär att flera aktörer kan knytas till utbyggnaden, både privata och offentliga. Kommun och landsting kan gå in och, om inte delta i finansieringen av utbyggnaden, så ändå garantera att hyra in sig och på så sätt vara en tämligen säker inkomstkälla. Dessutom innebär detta att fastighetsägare sannolikt blir mer benägna att ansluta sig då öppna nät präglas av större konkurrens av tjänster och därmed möjlighet att påverka utbud och pris.

Som fibernätägare kan man också göra upphandling med en *kommunikationsoperatör*, KO, som driver nätet på uppdrag av nätägaren. Denna levererar inga egna innehållstjänster utan sluter i sin tur avtal med olika leverantörer, vilka både kan konkurrera med liknande tjänster, exempelvis Internetaccess, men också tillsammans möjliggöra en större bredd av tjänster som *triple play* – Internet, TV och telefoni över bredband.

Enligt Svenska Stadsnätetsföreningen (2006) blir det ovanligare att som enda affärsmodell hyra ut svartfiber och kapacitet. Nätägarna upplever att kunderna efterlyser mer kompletta lösningar, det vill säga, ett paketerat innehåll bestående av som minst Internetaccess och TV-tjänster. De stadsnät som hittills endast tillhandahållit ett passivt nät tenderar nu att ”aktivera” det i allt större utsträckning – ett sätt att göra detta är just att använda en KO.

5.4.3 Tjänsteleverantör

En leverantör av innehållstjänster kan verka på två plan:

- Innehållstjänster levereras över ett nät som tillhandahålls och drivs av en annan nätägare/operatör.
- Innehållstjänster levereras över ett nät som man själv är ägare och/eller operatör för.

Traditionellt sett har nätägaren/operatören också varit tjänsteleverantör och därmed kunnat ha exklusiv tillgång till slutkunden. Man har i stor utsträckning skaffat exklusivavtal med fastighetsägare i och med att man tillsammans byggt ut delar av accessnätet, det vill säga, anslutit fastighetsägarens hus till ett områdesnät. Trots att man som nätägare/operatör/tjänsteleverantör har hyrt in sig på stom- och områdesnät har man kunnat kontrollera den sista biten av accessnätet och därmed kunnat skaffa ensamrätt för leverans till slutkunden. Alternativt har man använt ett eget befintligt nät som kabel-TV.

Utvecklingen går dock mot fler öppna nät där man som tjänsteleverantör inte kan förutsätta exklusivitet. Stadsnät har byggts ut av kommuner eller kommunala bolag med hjälp av statligt stöd och dessa nät är öppna för alla tjänsteleverantörer. Idag finns det nät med upp till 26 olika tjänsteleverantörer. (SSNf, 2006)

Ett skäl som talar för ett ökande behov av öppna nät är att det i och med den innehållsmässiga divergens, som exempelvis IP-TV innebär, blir svårare för en enskild innehållsleverantör att erbjuda alla tjänster. I takt med att komplexiteten hos de nya tjänsterna ökar är detta inte längre möjligt att åstadkomma. Ett exempel på en leverantör av IP-TV är Canal Digital. De har ingått avtal med ett dussintal öppna stadsnät och erbjuder en innehållstjänst som fungerar som ett komplement till andra tjänster som Internetaccess och IP-telefoni (Lindhe, 2006).

Som tjänsteleverantör menar man på Canal Digital att det finns ett stort behov av att bygga ut fibernät. I dagens läge räcker visserligen ADSL, men det är en mindre stabil teknik och begränsar användandet till en TV per hushåll. På sikt tror man att IP-TV kommer att ta över kabel-TV – om man kan använda IP-access finns ingen anledning att samtidigt underhålla ett kabel-TV-nät. Så småningom kommer man även att sända ut i HDTV-format³, vilket kräver 20Mbit per kanal, en hastighet som ADSL visserligen med nöd och näppe klarar av, men inte lämnar mycket åt övriga tjänster. (ibid)

5.4.4 Fastighetsägare

I PTS rapport *Tillgänglighet till Bredband – en pilotstudie* understryks fastighetsägarens betydelse för möjligheten att nå slutkunden (Widigs Ahlin och Jönsson, 2005). Man menar att i och med att fiberanslutning av fastigheter blir allt mer efterfrågade öppnas en stor ny marknad – och ägarna av fastighetsnäten avgör åt vilket håll utvecklingen kommer att gå. Ett fastighetsnät innebär inte bara att Internet-tjänster erbjuds utan att det kan kopplas ihop med en mängd funktioner som porttelefon, hiss och mätutrustning för el- och vattenförbrukning. Värdet på fastigheten kan idag anses öka om den är fiberansluten.

Dock kan det som fastighetsägare ekonomiskt sett vara betydligt bekvämare att sluta avtal med en operatör som får ensamrätt. I PTS rapport ”Risker för monopolisering av bredbandstjänster till flerfamiljshus” (PTS, 2000) beskrivs en rad olika finansieringsvarianter som alla innebär låga kostnader för fastighetsägaren – men också att hushållen är bundna till en operatör för en lång tid framöver. Exempelvis kan det handla om att operatören erbjuder sig att betala utbyggnaden av fastighetsnätet om ett visst antal kunder kan garanteras, eller att fastighetsägaren får provision på varje ansluten kund och på så sätt kan betala av investeringen. Enligt samma rapport ger ett standardexklusivavtal 5 års ensamrätt för operatören och sedan rätt att förlänga i två omgångar. Efter de inledande 5 åren är nätet öppet, men all utrustning tillhör

³ HDTV, *High Definition TV*, digital TV med högre upplösning och bättre ljudkvalitet än ”vanlig” TV. (Konsumentverket, 2005)

fortfarande operatören varför det blir förhållandevis dyrt att släppa in andra och därmed behöva köpa ny utrustning.

Hyresgästföreningen – som har en dryg halvmiljon hushåll som medlemmar och förhandlar hyror och villkor för en majoritet av de svenska hyresgästhushållen – har krävt att standardisering och öppenhet ska lagstiftas. De är övertygade om att hyreshöjningar är motiverade om fastigheten ansluts till ett öppet nät (SSNf, 2006). Detta har som tidigare nämnts också realiserats i och med den utbyggnad av fiber till allmännyttan i Stockholm som påbörjats. För den enskilde hyresgästen innebär denna utbyggnad en hyreshöjning med 42 kronor (Dagens Nyheter, 2006).

5.4.5 Bredbandskund

För konsumentens del ligger sannolikt den största fördelen med ”broadband i gasrör” i att man får en möjlighet till fiber hela vägen till hemmet eller arbetsplatsen. Idag är det vanligt att den sista biten överföring sker över koppartråd och den högsta hastighet som erbjuds är 24 Megabit. Om bredbandskunden vill kunna använda utökade tjänster, som till exempel triple play och/eller HDTV, är inte det tillräckligt.

En annan aspekt är att det överhuvudtaget är en möjlighet att få bredband för de som inte redan har. I storstadsregionerna – där de flesta gasnätsanslutna kunderna finns – har 20 procent av hushållen inte möjlighet att skaffa bredband (Westerblom, 2006). Det är fullt möjligt att det finns gasnätsanslutna områden där man idag inte har möjlighet till bredband överhuvudtaget.

Konkurrensmässigt får ett nytt fibernät sannolikt positiva effekter för bredbandskunden. Ökad konkurrens leder förhoppningsvis till större valfrihet, lägre priser och ökad kvalitet. IP-TV kan exempelvis luckra upp den typ av paketslösningar som idag tvingar kunden att betala för kanaler man inte vill ha. Att kunna skräddarsy kanalutbudet kan komma att bli en viktig konkurrensfördel.

Månadskostnaden för kommunikationstjänster kan också bli lägre eftersom allt sker i ett nät – det är inte längre nödvändigt att underhålla separata telefon- och kabel-TV-nät. Det finns stora prisskillnader mellan de traditionella bredbandsnäten, telenätet och kabel-TV-näten, gentemot öppna fiberbaserade nät.

I dagsläget kostar bredband över kabel-TV 459 kronor om man vill ha det snabbaste alternativet 24 Megabit per sekund i nedladdningshastighet och 8 megabit per sekund upp. För 24 Megabit per sekund nedströms och 1 Megabit per sekund upp, kostar kabel-TV 399 kronor och ADSL mellan 299 och 399 kronor. (Telepriskollen, 2007)

För fiber går det inte att jämföra rakt av eftersom hastigheterna inte är de samma – bredband genom fiber finns vanligtvis i tre varianter, som 100 Megabit per sekund åt båda håll, 100 Megabit per sekund ned och 10 Megabit per sekund upp samt 10 Megabit per sekund åt båda håll. Här råder klart mer konkurrens än ADSL och i dagsläget finns 100/10-anslutningar för mellan 95 och 279 kronor. I och med att större konkurrens råder förefaller det i att i de flesta nät finnas alternativ runt 200 kronor.

Nedhastigheten är alltså 4 gånger högre med fiber än ADSL/kabel-TV men även i det dyraste alternativet billigare än det lägsta ADSL-priset. (ibid)

5.4.6 Gaskund

Enligt de ovan presenterade leverantörerna av BiG-tekniker är driftstoppen för gasdistributionen obefintliga eller mycket små under installation av fiber och kanalisation (Alcatel, 2002; SCG/SDG&E, 2003). Installation i distributionsnät kan ske nattetid och behöver inte betyda några längre avbrott. Hur många som omfattas av driftstopp varierar beroende på gasnätets topologi, om det är ett ringnät med fler tillförselvägar kan gasen eventuellt distribueras från alternativa håll.

Installation av fastighetsnät, från distributionsledningen i gatan via servisirör in till en kopplingspunkt i byggnaden, innebär att gastillförseln in i den berörda byggnaden tillfälligt måste stängas av. Men kopplingsvägen är förhållandevis kort och installationen bör inte ta någon längre tid.

För gasnätägarens del skulle ett erbjudande om bredband kunna ses som ett mervärde för gaskunden, dels rent allmänt, men också vid eventuell nedläggning av vissa nätdelar. De svenska gasnäten förändras och vissa delar av dem riskerar att bli för olönsamma. Kan man istället erbjuda fiber via de nedlagda ledningarna så har man förhoppningsvis vunnit tillbaka en del goodwill.

På längre sikt skulle man också kunna tänka sig att gasdistributören kan sköta kommunikation med gaskunden och att den förstnämnde kan erbjuda tjänster direkt via bredbandet.

5.4.7 Kommun och landsting

Utbyggnad av fiber i Sverige kan i stor grad anses vara en statlig och kommunal fråga. I Sverige har man delvis genom statlig och kommunal försorg uppnått en – internationellt sett – hög grad av fiberutbyggnad (Westerblom, 2006).

Hittills har fokus legat på att bygga ut fiber till alla orter och områden, medan kundaccesser inte har prioriterats. Områdesnäten har nått en relativt hög utbyggnad och fokus kommer allt mer riktas mot att ansluta fastigheter till dessa områdesnät.

För kommunens del är det mycket möjligt att en fiberutbyggnad i gasnät kan vara positiv på flera sätt. Bygger man ett öppet nät kan kommunen ha intresse av att hyra plats i det för att kommunicera med invånarna. Det finns också en klar fördel i att en stor del schaktningsarbete uteblir och att påverkan på marken minimeras. Alla typer av schaktningsarbete innebär störningar på inte minst trafik, men i stadsmiljö även annan verksamhet som handel.

Vid traditionell förläggning av fiber i gatan samordnar man med annan typ av schaktningsarbete, till exempel vid arbete på VA och vattenledningar. I Malmö Stads IT-infrastrukturprogram (2004:19) står att läsa:

”Utbyggnaden av nätet anpassas dels i samband med ombyggnader av gator/va eller dylikt dels utifrån en strategisk och planerad utbyggnad av bredbandsnätet i övrigt. Genom en helhetssyn i planeringsarbetet skall grävningar i gatumark samordnas, så att ett minimum av störningar för kollektivtrafik, näringsidkare och övriga malmöbor uppstår.”

Att lägga fiber i gas skulle kunna innebära att man inte är lika beroende av andra arbeten utan kan bygga ut i egen takt.

Hög överföringskapacitet innebär också stora fördelar inom sjukhus och vård, exempelvis skickas idag högupplösta röntgenbilder över nätet. Enligt Ulf Enckel, IT-direktör på Region Skåne (landstinget i Skåne län), kommer också Fiber-To-The-Home, att vara avgörande för framtidens äldrevård. (Skånet, 2006)

I PTS rapport ”Hinder för utbyggnad av bredband” nämns Landstinget i Norrbotten som effektiviserat vården genom att kunna skicka röntgenbilder och journaler mellan sjukhus, vårdcentraler och tandvårdskliniker (PTS, 2007). Landstinget i Blekinge, Blekinge Tekniska Högskola och Karlskrona Stadsnät testar just nu ”patient-TV” med möjlighet till både automatiskt genererad konsultation och personlig direktkommunikation (SSNf, 2006).

5.4.8 Lagar och regelverk

Distribution av naturgas regleras idag av Energigasnormen, EGN 01. Denna norm ersätter lagar, förordningar och regelverk kring naturgasnät – vilket innebär att om denna norm följs, anses riskutredning och nödvändig kontroll vara gjord (Svenska Gasföreningen, 2001). Installation av ”bredband i gasrör” innebär dock en ny teknisk lösning och måste därmed föregås av en riskutredning. Standarder har dock tagits fram för installation och underhåll av kombinerade

fiber- och gassystem. Dessa bör kunna fungera som utgångspunkt för riskutredningar och regelverk kring nya system.

5.5 Det ekonomiska perspektivet

5.5.1 Installationskostnader

Både Alcatel (Draka Comteq) och Sempra Fiber Links hävdar att man kan sänka installationskostnaderna med 50 procent gentemot att lägga i fiber på konventionellt sätt (Leppert, Nothofer och Teschner, 2001; Beals, 2004). Innan en prisjämförelse görs måste man dock vara på det klara med vilken typ av anslutning man menar. Kostnaden för en kundanslutning kan naturligtvis variera kraftigt beroende på en rad faktorer.

Priset påverkas av var närmaste befintliga fibernod finns, det vill säga hur lång sträcka som måste dras. Det påverkas också av hur många som ansluter sig inom samma område. Dessutom påverkas det av hur gasnätet ser ut i området och tillgängligheten till det samma. Samt även hur fastighetsnätet ser ut, det vill säga, hur fibern dras från anslutningsskåpet vid fastighetsgränsen till varje enskilt uttag i hushållen. Alla dessa faktorer innebär att det är svårt att redovisa kostnader för en anslutning.

En genomgång av en handfull stadsnät visar att det idag kostar mellan 19 000 och 27 000 kronor att ansluta en villa på konventionellt sätt. Den högre kostnaden gäller när anslutningsgraden inom samma område är 60 procent, flera stadsnät ger sedan rabatt om fler ansluter sig samtidigt. (Sundbyberg Stadsnät, 2007; Sollentuna Energi Stadsnät, 2007; Mälarenergi Stadsnät, 2007; Strengnet, 2007)

Till detta kommer schaktning på egen tomt, vilken man antingen gör själv eller anlitar en grävfirma. För det senare alternativet anger Sundbybergs Stadsnät (2007) en uppskattad kostnad av 4 700 kronor upp till 20 meter, medan Mälarenergi Stadsnät (2007) anger en kostnad på mellan 100 och 400 kronor per meter beroende på markförhållanden.

Sempra Fiber Links är den enda teknikleverantören som anger kostnader för fiberanslutning genom gasnätet. Denna kostnad beräknas vara 725-1225 US\$, vilket med valutakurs på 7 SEK motsvarar mellan 5 000 och 9 000 kronor. Man understryker att materialkostnaden för fiber i gas är högre än konventionell fiber medan kostnaderna för arbetet och arbetsutrustning anges vara betydligt lägre. (Beals, 2004)

Det är dock inte klart vilken typ anslutning som avses, Sempra Fiber Links gör en jämförelse med FTTH Council, en internationell branschorganisation inom fiber, vilka anger en minsta kostnad på 1650 US\$ (motsvarande 12 000 kronor) för konventionell fiberanslutning (ibid). Med bakgrund av ovanstående, dyrare anslutningskostnader, från de svenska stadsnäten är denna minimikostnad sannolikt aktuell först när den ingår i en större nätutbyggnad. Därmed är det rimligt att anta att även Sempra Fiber Links uppskattningar av kostnader för BiG-anslutningar bygger på en utbyggnad där ett större antal hushåll kan nås samtidigt och att den lägre kostnaden på 5000 kronor för en anslutning är tveksam.

Det kan vara värt att notera att det finns ett statligt bredbandsstöd som omfattar privata hushåll. Villaägare som bredbandsansluter sitt hus kommer troligtvis att under 2007 fortsättningsvis få ta del av en skattereduktion, 50 procent på belopp mellan 8 och 18 000 kronor (Näringsdepartementet, 2007).

För flerfamiljshus förefaller det vara svårare att uppskatta en kostnad. Sollentuna Energi (2007) anger 2 500 kronor för varje lägenhet (alla lägenheter måste installeras samtidigt) samt 16 125 kronor för anslutning av fastighetsnäten till områdesnät. Även detta är exklusive grävkostnader från tomtgräns. Mälarenergi (2007) beräknar att kostnaden totalt blir 4 200 kronor per lägenhet, baserat på en bostadsrättsförening med 80 lägenheter, 135 meter till områdesnät och att det finns

befintlig (tom) kanalisation mellan huskropparna som ingår i föreningen. Några motsvarande kostnader för BiG-anslutning till flerfamiljshus har inte gått att hitta.

5.5.2 Samordning av finansiering

Som ett alternativ till att gasnätägaren själv står för finansieringen av en utbyggnad kan man sluta avtal med andra aktörer. Beroende på vilken affärsmodell man vill använda och vem som ska äga vad så varierar möjligheterna till samordning.

För gasnätägaren är den kanske enklaste, om än inte billigaste, lösningen att installera kanalisation och låta någon annan finansiera fibernätet. I detta fall bör man kontraktera en fiberoperatör i förväg. Väljer man som ägare av gasnätet att även äga fibernätet öppnar sig fler möjligheter till samordning. Om det nät som för det första byggs är ett accessnät bör fastighetsägaren helt eller delvis bekosta sin fastighetsanslutning. Vidare kan andra aktörer, som fiberoperatör, knytas till utbyggnaden.

Ett exempel är att ingå ett PPP, Public-Private-Partnership, där finansiering sköts genom att privata och statliga/kommunala aktörer samarbetar. BAS-projektet i Skåne som nämns i kapitel 3.1.5 är ett sådant.

För somliga av de svenska gasnätägarna är det, som framkommit i intervjuerna, heller inte aktuellt med något annat än en samordnad utbyggnad.

5.5.3 Prissättning

Även prissättning av systemets tjänster kan anses tillhöra det ekonomiska perspektivet. I och med att själva uppkopplingen för slutkunden inte skiljer sig från en ”vanlig” fiberuppkoppling anser författaren dock inte prissättning vara en relevant del av detta arbete. Prissättningen bör sannolikt utgå från de system för bredband som används idag.

Rent allmänt kan man dock konstatera att intäkterna för gasnätägaren kan komma från olika håll beroende på vilken affärsmodell man valt. Mest troligt är att fiberägaren, om denne inte är samma som gasnätägaren, betalar hyra för kanalisationen. Om gasnätägaren även äger fibern kontrakteras sannolikt någon extern fiberoperatör eller KO som betalar en avgift för nyttjande av nätet. Denna operatör sköter i sin tur prissättning mot kund och tjänsteleverantör.

5.5.4 Efterfrågan på tekniken

Området är, om inte helt nytt, så ändå relativt obeprövat. Någon större efterfrågan förefaller inte ha funnits fram till idag. Vid kontakt med Draka Comteq och Sempra Broadband, förefaller det finnas en klar skillnad mellan tron på tekniken.

Hos Draka Comteq har man inte sett någon efterfrågan på tekniken och ställer sig mycket tveksamma till att använda den. Först och främst anger man att det fortfarande finns för många säkerhetsproblem förknippade med installation och att det skulle vara för kostsamt att ta fram en fungerande lösning. Företaget ser en klart bättre framtid för fiber i avloppsrör, man kommer exempelvis att i stor omfattning installera fiber i Paris avloppssystem. Däremot anser man att det kan vara intressant att titta närmare på att installera fiber i avstängda gasrör, men fortfarande med förbehåll för att korrosion och andra ojämnheter kan vara problematiska. (DeBruin, 2007)

Att KIWA Gastec inte har någon aktuell information om sin teknik tillgänglig, kan rimligtvis tolkas som att inte heller de använder tekniken idag.

Sempra Broadband, däremot, ser en klar potential hos tekniken och planerar att inom en snar framtid använda den inom en större nätutbyggnad i Kalifornien, där även bredband över elnätet kommer att användas. Man har under de senaste fyra åren sammanlagt dragit cirka 15 kilometer i fyra olika nät. Genom att i stor utsträckning använda tekniken inom sin egen energikoncern tror man att det kommer att skapas en allmän efterfrågan. Man söker också aktivt att licensiera

tekniken i andra länder, och Sverige skulle, enligt vice VD Scott Beals, vara av intresse. (Beals, 2007)

Beträffande säkerheten vid installation och drift av systemen hänvisar Sempra Broadband till den utredning (presenteras i kapitel 4.5.1 ovan), i vilken omfattande tester utfördes och tekniken fick sitt godkännande av berörda myndigheter. (ibid)

Denna skillnad i inställning gentemot tekniken kan tolkas på flera sätt. Antingen har det inte varit lönsamt att utveckla metoder för installation därför att det i slutändan finns bättre alternativ. En annan möjlig anledning till att tekniken, åtminstone i Europa, anses för omogen kan vara att efterfrågan inte varit tillräckligt stor för att man ansett sig beredda att utveckla den vidare.

Exakt hur det ligger till är svårt att säga, men det man kan säga är att om det är brist på efterfrågan – snarare än svårigheter att genomföra – som varit orsaken till att man inte satsat vidare i Europa, finns det anledning att tro att denna efterfrågan kan öka.

Det som nu trots allt talar för att det skulle finnas större anledning att se över BiG-lösningar är ökad efterfrågan på Fiber-To-The-Home. Idag finns många tjänster som kräver större högre överföringshastigheter än vad befintliga koppartrådsbaserade accesstekniker klarar av – vilket inte var fallet för några år sedan. I ett accessnät spelar också tillgång till befintlig kanalisation sannolikt större roll än vid dragning mellan orter, dels eftersom det är trängre i marken i ett bostadskvarter och dels därför att det handlar om att det behöver schaktas för varje separat anslutning.

Konkurrens från andra typer av bredbandstekniker spelar i detta fall en mindre roll. Skulle någon utveckla ett trådlöst bredband som kan konkurrera med både hastighet och pris kan efterfrågan på fiber minska. Likaså om kompressionsgraden på de tjänster som överförs, exempelvis IP-TV, blir så pass hög att de befintliga kopparnäten duger för husbehov. Eftersom utbyggnadskostnaderna av fibernätet är relativt höga kommer det sannolikt att vara svårt att konkurrera med låga anslutningskostnader.

Dock talar som sagt var det mesta för att fiber kommer att bli mer och mer konkurrenskraftigt gentemot andra trådbundna och trådlösa överföringstekniker. Huvudfrågan är därför vilket som är det bästa sättet att dra denna fiber till hushållen.

5.6 Bredband i gasrör – infrasytemets utveckling

För att ytterligare kunna bedöma vad som är relevant för utbyggnad av ett BiG-nät används också de tre faser som ett nytt infrasytem går igenom. De specifika förutsättningarna för ”bredband i gasrör” ställs gentemot de risker som varje fas innebär och de allmänna lösningar som Kaijser (1994) föreslår.

5.6.1 Etableringsfasen

Enligt Kaijser är ett sätt att handskas med osäkerhet kring finansieringen av ett nytt infrasytem att skapa en första säker marknad. För ett BiG-system innebär detta först och främst att säkerställa att det dels finns kunder som är villiga att betala för systemets tjänster och att det finns någon, eller helst några, som är beredda att leverera dessa tjänster.

Med bakgrund av de resonemang som förts tidigare i analysdelen är det troligt att ett eventuellt BiG-nät skulle vara, eller innefatta, ett accessnät. Den utbyggnad av fibernät som hittills skett har handlat om områdesnät som inte gått hela vägen till fastigheter, i dessa fall har man inte kunnat knyta fastighetsägare till finansiering av nätens utbyggnad. För detta ändamål är det emellertid möjligt att låta fastighetsägare delta.

En fråga att lösa blir då hur man i praktiken ska göra med de fastighetsägare som inte vill betala för en utbyggnad. Tidigare nämndes att fastighetsägarna har en stor roll i utbyggnad av

accessnäten och det är frågan om vem som ska driva utbyggnaden framåt – de som bygger näten eller de som får näten byggda till sig? I idealfallet nappar fastighetsägaren på ett erbjudande om att få fiber draget till fastigheten till lägre kostnad än vad som tidigare varit möjligt och en utbyggnad av accessnätet kan ske samtidigt till samtliga fastigheter inom ett område. För gasnätägaren (och fiberägaren) är det betydligt lönsammare att bygga hela nätet direkt. Om en fastighetsägare inte är intresserad kan det dock fortfarande vara rimligt att dra fiber till fastighetsgränsen för att senare kunna koppla på fastigheten.

I de stadsnät som finns idag ges fastighetsägaren en kostnad i samband med utbyggnad i området och en högre kostnad om man vill ansluta sig senare. Detta är en rimlig lösning för konventionell fiberdragning, men eftersom varje öppnande av gasrör sannolikt är mer obekvämt är det en inte lika uppenbar lösning för ett BiG-nät.

Att säkerställa att det finns leverantörer av tjänster torde inte vara något problem efter att kundunderlag säkrats. Konkurrensen på de stadsnät som finns idag förefaller vara relativt hög. Utöver privata leverantörer kan det även finnas möjligheter att kontraktera offentliga sådana. I BAS-projektet i Skåne har man i kommun och landsting ”säkra” leverantörer av tjänster, såväl som ”säkra” kunder. Dessa båda har bundit upp sig att under en längre period använda nätet mot en viss avgift för kommunikation både internt och med kommuninvånarna. Landstinget kan också, i ett längre perspektiv, erbjuda vissa vårdrelaterade tjänster.

Samordning av parter är en dellösning av finansieringen, vilken diskuterades i föregående kapitel.

Att bedöma *framtida efterfrågan* handlar om att, för en lokal marknad, göra en genomgående omvärldsanalys. När man har konstaterat att det finns en lämplig installationsmetod tillgänglig bör man för varje aktuellt område undersöka följande:

- Finns redan ett fibernät?
- Finns det befintlig tom kanalisation att dra fiber i?
- Kommer någon att bygga ut ett annat infrasystem eller utföra annat arbete i gator under vilket man kommer att lägga kanalisation med eller utan fiber?
- Hur många hushåll kan nås?

Min bedömning är att det kommer att finnas ett generellt behov av fiber till hushållen och att det i dagsläget inte finns någon annan bredbandsteknik, exempelvis trådlös anslutning, som kan konkurrera med fiber. Mitt samlade intryck är att den största frågan är exakt *hur* en specifik del av ett gasnät ser ut och om det finns rimliga möjligheter att anpassa någon av installationsteknikerna för att effektivt kunna dra bredband – samtidigt som det inte finns enklare alternativa fibervägar till hushållen i detta område. Är detta uppfyllt förefaller ”bredband i gasrör” vara ett bra sätt att utnyttja befintlig kanalisation och utgöra en extra inkomstkälla för gasnätägaren.

Ur en geografisk synvinkel är den största risken med en nyetablering av ett infrasystem att utbyggnad till glest befolkade områden inte sker i samma utsträckning som kan vara önskvärt. Detta har exempelvis varit fallet med områdes- och ortssammanbindande fibernät, där staten har fått ge kommunerna ekonomiskt stöd därför att man bedömt att ingen kommersiell utbyggnad kommer att ske. När det gäller ”bredband i gasrör” är detta först och främst ett mindre problem eftersom man ändå är hänvisad till befintliga gasnät. För det andra handlar det sannolikt om att i första hand dra kundaccesser och dessa ser mer eller mindre likadana ut överallt. Det är visserligen stor skillnad mellan att dra in fiber i ett flerfamiljshus med 30 hushåll och ett enfamiljshus, men detta gäller såväl i tätort som i glesbygd (även om det där inte finns flerfamiljshus i samma utsträckning).

5.6.2 Expansionsfasen

Genom att utnyttja befintlig kanalisation skapar gasnätet så kallad *right-of-way* för fibern. Ur ett historiskt perspektiv har detta visat sig främja utbyggnaden av nya infrasystem.

Möjligheterna för rumslig expansion av systemet när det väl är etablerat varierar beroende på hur det är uppbyggt och vad man vill uppnå. Har man dragit kanalisation bör det vara relativt oproblematiskt att exempelvis byta ut en befintlig fiberkabel mot en med fler fiberpar, förutsatt att den får plats i kanalisationsröret. Likaså är det enkelt att koppla på ytterligare fiberpar vid en anslutningspunkt där det finns en korskopplingspanel, oavsett om kanalisation använts eller ej. Att däremot byta ut en fiberkabel som är dragen direkt i ett distributionsrör innebär att installationsförfarandet i det närmaste måste återupprepas.

Därför är det, som diskuteras ovan, viktigt att reda ut om man ändå ska dra svartfiber som kan tas i bruk senare – även om en fastighetsägare just då inte är intresserad av att finansiera en fiberanslutning.

För expansion till andra användningsområden finns två huvudsakliga aspekter. För det första kan synergieffekter mellan de två olika systemen, åtminstone i teorin, vara möjliga med ”broadband i gasrör”. Gasnätägaren kan med hjälp av fibern sköta internkommunikation och kontroll av systemet, både i form av styrning av egen utrustning men också för att kunna läsa av förbrukning för enskilda kundanslutningar.

För det andra kan själva bredbandsnätet komma att användas till andra ändamål än att bara överföra Internet, TV, telefoni och liknande. Tidigare i rapporten har nämnts att det i framtiden kan vara aktuellt för kommun och landsting att kommunicera med invånarna och att fastighetsägare kan samordna en rad funktioner inom ett fastighetsnät.

Som ovan nämnts är det dock rimligt att i första hand använda fibern för bredbandskommunikation eftersom övriga användningsområden ställer ytterligare, relativt höga, krav. I första hand handlar den stora nyttan med andra ord om att gasnätet skapar right-of-way för distribution av broadband.

Risken finns dock att utbyggnad av, eller underhåll på, en befintlig fibersträcka blir en flaskhals. Även om det är oproblematiskt att koppla på nya kunder om de bor i närheten av en befintlig anslutningspunkt – där fiberkabeln kommer upp ur gasröret och ett fiberpar kan avledas – är det viktigt att det finns tillräckligt med kapacitet i den befintliga fiberkabeln.

Vill man utöka en sträckning i en distributionsledning gäller samma sak. Den sträckning som sammanbinder en central nod i ett områdesnät med hushåll i ett lokalt accessnät måste ha tillräcklig kapacitet. Man bör med andra ord noggrant säkerställa att kapaciteten i en dragen fiberkabel motsvarar antal möjliga kunder. Att koppla på nya sträckningar bör inte vara något problem, men måste man gå in och modifiera redan gjorda sträckningar blir det ett omfattande och onödigt arbete. Sammanfattningsvis kan valet mellan att dra kanalisation eller fiber direkt i gasröret delvis vara en fråga om framtida uppgraderingsbehov.

5.6.3 Stagnationsfasen

I och med att broadband kan överföras på många olika sätt är det knappast unika tjänster som förmedlas med ”broadband i gasrör”. Grundläggande är snarare att tekniken är konkurrenskraftig ur ett längre perspektiv.

Dessutom ska man i första hand se ”broadband i gasrör” som ett alternativ till – och möjligtvis komplement till – konventionell fiberdragning. Om man för ett ögonblick tittar på fiberöverföring i allmänhet kan det bli så att det på längre sikt faktiskt kan handla om att överföra unika tjänster. Som IP-TV-leverantören Canal Digital påpekar så tror man att kabel-TV på sikt kommer att försvinna till förmån för TV över broadband. Visserligen kommer säkerligen digitalt marksänd TV och TV via satellit finnas kvar, men med fiberns i princip oändliga överföringskapacitet och möjlighet till diversifierade tjänster och tvåvägskommunikation, har man möjlighet att kunna erbjuda en unik paketering av tjänster.

6 Scenarier

De två scenarierna – för gasnäten i Malmö respektive Stockholm – syftar till att sätta in genomförd kartläggning och analys i en kontext baserad på de förutsättningar som finns i respektive stad. Med utgångspunkt i det som uttryckts i intervjuer med respektive gasnätägare kommer förslag på hur man kan använda BiG-tekniker i respektive stad att ges. Scenarierna ska i första hand ses som ytterligare beskrivning av hur man kan använda teknikerna, snarare än absoluta rekommendationer för en specifik marknad.

De aspekter som bedömts vara intressanta att i detta skede diskutera vidare kommer att utgöra grunden för scenarierna. Dessa har sammanförts till tre övergripande områden:

- *Omvärldsanalysen* behandlar de förutsättningar som råder inom ett specifikt område, framförallt vad gäller bredbandsdistribution, men också gasnätets utbredning.
- *Genomförande* handlar om vilken installationsteknik och nättyp som kan vara aktuell.
- *Affärsmodell* behandlar ägandet och organisationen av BiG-nätet ur gasnätägarens synvinkel.

Båda scenarierna föregås av en bakgrundsdel. Denna bygger på respektive gasnätägares tankar och åsikter i samband med diskussioner kring ”bredband i gasrör”. I övrigt bygger scenarierna på fiktiva omvärldsanalyser och lösningar och det är inte utrett huruvida dessa verkligen är genomförbara. Författaren anser det ligga utanför arbetets ram att genomföra specifika undersökningar för lokala marknader, istället är syftet med scenarierna att ge förslag på hur man skulle kunna tänka sig en framtida implementering av tekniken.

6.1 Malmö: ”BiGAM – Bredband i Gasrör för Alla i Malmö”

6.1.1 Bakgrund

När Malmö Stads IT-infrastrukturprogram togs fram 2003, gjordes en jämförelse mellan stadens stadsdelar som baserades på en rad olika faktorer som antal hushåll, kommunala arbetsplatser och liknande. I denna ansågs centrum och de omgivande stadsdelarna vara i störst behov av fiberanslutning. (Malmö Stad, 2003) Inom BAS-projektet finns också, som nämnts tidigare i rapporten, planer på att satsa vidare på att ansluta hushåll till de områdesnät som byggts.

Enligt Lars-Åke Andersson på E.ON Gas (2006) är det, för E.ON som gasnätägare, dock inte aktuellt för dem att driva ett fibernät i egen regi, inte heller att ta hela kostnaden för en installation. Däremot kan man mycket väl tänka sig att hyra ut kanalisation och/eller svartfiber. Utöver intäkter från uthyrning av kanalisation kan det också vara intressant att kunna erbjuda bredband som en tilläggstjänst, detta skulle kunna skapa ett mervärde för kunden.

Anders Nyman på Tele2 Sverige Syd (2006) poängterar också att det inte heller är troligt att en fiberoperatör skulle gå in och finansiera en utbyggnad på egen hand. Som potentiell nätägare och operatör är både E.ON och Tele2 överens om att en utbyggnad skulle innebära att ett samarbete mellan flera aktörer är nödvändigt. Dessutom anser Nyman att det är mer eller mindre nödvändigt att få med kommunen i utbyggnaden.

6.1.2 Omvärldsanalys

Befintlig fiberutbyggnad bedöms vara i stort sett likvärdig i de inre stadsdelarna. En omvärldsanalys, sammanfattad nedan, utförs.

Finns redan ett fibernät?

Malmö Stadsnät har byggt accessnät i mindre utsträckning, främst till MKBs fastighetsbestånd och studentbostäder (Malmö Stadsnät, 2007). HSB har relativt många fastigheter fiberanslutna, dock utgör dessa, tillsammans med ovanstående, en mindre andel av det totala antalet hushåll i Malmö. Överlag finns dessutom dessa fiberanslutna hushåll inte i centrum och de inre stadsdelarna.

Områdesnät är relativt väl utbyggda och finns inom närhetsavstånd från många fastigheter inom de aktuella områdena – närhet innebär enligt SSNf maximalt 100 meter (SSNf, 2006).

Finns det befintlig tom kanalisation att dra fiber i?

På områdesnätets nivå finns tillräckligt, dock inte på accessnätets nivå.

Kommer någon att bygga ut ett annat infrasystem eller utföra annat arbete i gator under vilket man kommer att lägga kanalisation med eller utan fiber?

Inom ramen för BAS-projektet finns planer på att bygga ut accessnät, utöver detta är det inte troligt att någon drar fiber eller kanalisation

Hur många hushåll kan nås?

Gasnätet har drygt 10 000 anslutna kunder, varav en stor andel i innerstaden. Sannolikt är fler näbara för ”bredband i gasrör” eftersom det räcker att det finns ett serviserör in till byggnaden. Inom det aktuella området finns serviser dragna till 200 fastigheter med totalt 8000 hushåll. Lika många hushåll till kan nås inom området trots att dessa fastigheter inte är anslutna till gasnätet.

6.1.3 Genomförande

BiG-tekniken får utgöra en del av BAS-projektets sista etapp – att bygga ut accessnätet och dra fiber hela vägen till hushållen. Gasnätet används där ingen annan, mer lämplig, kanalisation finns och utgör ett komplement till annan kanalisation. Grundtanken för projektetappen är att på bästa sätt ansluta hushåll till de befintliga områdesnäten. Istället för att på konventionellt sätt dra fiber genom schaktning innebär ”bredband i gasrör” att arbetet kan genomföras effektivare och med mindre påverkan på omgivningen.

Den första uppgiften blir att dra kompletterande fiber i distributionsrör. Områdesnäten med fiber bedömdes vara relativt väl utbyggda men i somliga områden måste dessa kompletteras. Idag passeras inte alla fastigheter av ett områdesnät inom lämpligt avstånd.

Det största arbetet består dock i att ansluta fastigheter till områdesnätet.

Installation föregås av en detaljplanering där varje anslutningspunkt placeras utifrån möjligheterna att nå så många fastigheter som möjligt på ett effektivt sätt.

För dragning i distributionsrör, det vill säga, från centrala noder i områdesnätet förbi fastigheter, används kanalisationsrör. Dessa dras av E.ON, medan en fiberoperatör sedan ”blåser” in fiber i kanalisationen.

I den mån det är möjligt använder man endast ett eller ett par serviserör för att dra fiber till ett kvarter. Inom kvarteret dras sedan fiber mellan huskropparna på andra sätt än genom gasrör (jämför figur 12 i kapitel 4.2.3). I vissa fall hamnar också en kvartersnod (anslutningspunkt i distributionsröret) så pass nära en huskropp att man schaktar den sista lilla biten till byggnaden och drar fibern på vanligt sätt.

Inne i byggnaderna byggs fastighetsnät på konventionellt sätt, det vill säga, man använder inte de gasrör som går till varje enskild lägenhet eftersom detta inte bedömts spara några större kostnader.

6.1.4 Affärsmodell

Organisation sker på samma sätt som tidigare gjorts inom BAS-projektet med den skillnaden att E.ON till viss del äger den kanalisation i vilken fiber dras.

Finansieringen av utbyggnaden sker genom Private-Public-Partnership, där både privata aktörer – E.ON och fiberinstallatör/operatör – och kommun är delaktiga. E.ON hyr ut kanalisation till stadsnätets fiberoperatör och får därmed en extra intäkt från sitt gasnät. För E.ONs del innebär detta att man inte sköter någon drift av bredbandsnätet.

6.2 Stockholm: "IT-huvudstaden blir IT-förorten"

6.2.1 Bakgrund

Inom Fortum-koncernen finns redan idag ett visst fiberägarande. Fortum Värme äger kanalisation och fiber i Stockholm, bland annat mellan Arlanda, Akalla och Hässelby, samt mellan Hammarby och Värtan. Fortum Distribution äger dessutom ett nationellt stomnät. Man har planer på att utöka fibernätet och ser i dagsläget över sina olika typer av kanalisation. Det finns en hel del tom kanalisation för fiberkablar, eftersom man de senaste åren har lagt ner dessa i samband med annan typ av utbyggnad, främst av fjärrvärmenätet. (Nygren, 2007)

Därmed måste man alltså göra en djupare analys av vilka områden som har den ena eller den andra typen av kanalisation tillgänglig. Sannolikt är att det i Stockholm exempelvis finns vissa förorter där det inte finns någon tom kanalisation och dit man inte heller har några planer på att bygga ut fjärrvärmerör med medföljande fiberkanalisation.

Gasrör, i första hand slopade sådana, skulle kunna bli ett komplement där annan kanalisation saknas. Nygren (2007) menar att ett eventuellt stadsfibernet skulle handla om att pussla ihop olika typer av kanalisation, beroende på vad som finns att tillgå i ett specifikt område.

I dagsläget har Fortum redan tittat en del på att dra fiber i gasrör, men man har utgått från att detta gäller slopade rör. Man har utgått från det faktum att det redan idag finns många slopade rör, men att det också finns risk att det i framtiden kommer att vara olönsamt att ha kvar vissa delar av nätet i drift. För att få ut något av det befintliga rörsystemet erbjuder fiberdragning en lämplig användning. (ibid)

Ett stort problem med gasnätet i Stockholm är emellertid att det är oklart *hur* ledningar har slopats. De kan vara kapade och igensatta inne i byggnader – vilket är relativt oproblematiskt – eller kapade och igensatta hela vägen ute i gatan precis där serviseröret anslöts från början – vilket gör dem svåråtkomliga. På samma sätt är det oklart vilka serviserör som har ventiler eller inte. Problemet med nätet är i grund och botten att det byggts och förändrats under en så pass lång tid att olika direktiv har funnits vid olika tidpunkter.

Även om fler hushåll kan nås på en anslutning till ett flerfamiljshus förefaller det vara rimligt att börja med villabebyggelse. I och med att tekniken är relativt obeprövad kan det vara lämpligt att genomföra initiala installationer i en miljö som inte påverkas lika mycket av schaktning och arbete på gasledning. I ett skede där det heller inte är klarlagt exakt var ett behov av "bredband i gasrör" finns kan det vara värt att nämna att PTS i sin rapport "Hinder för utbyggnad av bredband" skriver att:

"det finns en indikation på att det framförallt är villaägare som inte kan få bredband till sin bostad" (Post och Telestyrelsen, 2007:21)

6.2.2 Omvärldsanalys

I det första skedet inriktar man sig på att dra fiber i slopade gasrör. Målgruppen villaägare bedöms vara mest positivt inställda till möjligheten att få fiber till hemmet. I en kartläggning av förutsättningar i olika områden, nåddes för flera av dem nedanstående, eller liknande, resultat.

Finns redan ett fibernät?

Ungefär hälften av villorna finns inom närbarhetsavstånd från Stokabs områdesnät. För andra hälften måste områdesnätet kompletteras för att hamna inom ovanstående avstånd från områdesnätet.

Inget annat fibernät är utbyggt, i övrigt erbjuds endast access via ADSL.

Finns det befintlig tom kanalisation att dra fiber i?

Fortum äger ingen kanalisation inom området, däremot viss kanalisation längs med områdets utkant.

Kommer någon att bygga ut ett annat infrasystem eller utföra annat arbete i gator under vilket man kommer att lägga kanalisation med eller utan fiber?

Fortum har inga planer på att dra fjärrvärme till området, det är inte heller känt att någon annan kommer att göra det.

Hur många hushåll kan nås?

Inom området finns 500 hushåll. Av dessa har 200 igensatta servisledningar och 300 använder gas.

6.2.3 Genomförande

Fortum använder en modifierad version av den robot som presenterades tidigare i rapporten. Denna är ursprungligen konstruerad för avloppsrör och då distributionsnätet domineras av rör med 100 mm diameter måste dock roboten förminska något för vissa sträckningar. Generellt går man dock till väga som beskrivs i denna rapport.

Inifrån villornas källare matas en robust fiberkabel in, när denna når distributionsröret ute i gatan fångas den upp av roboten och förs till en kvartersnod. I denna nod samlas de kablar som dragits från vart och ett av husen på gatan. Då roboten inte är anpassad för att ta sig igenom alltför tvära krökar, samlar man upp fiberkablarna innan distributionsledningen viker av. I princip kan man alltså i ett och samma schakt i en gatukorsning samla upp två gator.

Värt att notera är att man har gått rakt igenom eventuella ventiler och dessa kommer inte att kunna stängas så länge fiberkabeln är kvar (jämför modellen till höger figur 25 i kapitel 5.3.2). Därför är detta inget alternativ för rör som fortfarande är i drift.

Det visar sig dock att det i vissa områden inte byggts några ventiler mellan distributions- och servisrör, istället finns ventiler placerade i en kvartersnod. Dessa områden är intressanta i ett längre perspektiv då man här kan dra fiberkabeln från denna kvartersnod till villorna utan att passera någon ventil. Därmed skulle dessa gasrör eventuellt kunna användas på samma sätt, trots att de är i drift.

Vid vissa kvartersnoder passerar områdesnät – här kan kundanslutningarna kopplas in direkt. Andra noder måste dras vidare genom distributionsnätet. I och med att även distributionsrören är slopade är det emellertid relativt enkelt att göra hål på dessa och låta roboten dra en kabel till någon annan kvartersnod.

På vissa håll i området passerar också andra typer av ledningar med tom kanalisation. Dessa används i viss utsträckning för att komplettera nätet och nå fram till områdesnätet.

6.2.4 Affärsmodell

Utbyggnaden sköts av Fortum själva. Villaägarna får betala en mindre anslutningsavgift, inklusive ändrustning, medan mellanskillnaden subventioneras av Fortum. Om man som villaägare vill ansluta sig i efterhand kommer anslutningsavgiften att vara högre. Ett argument för att ansluta sin villa trots att man inte planerar att använda bredbandet själv är att det går att visa att värdet på fastigheten ökar mer än vad anslutningen kostar. Viktigt att påpeka är också

att kostnader för telefoni och TV kan minska om man använder sin fiberuppkoppling istället för de traditionella näten.

Fortum väljer att använda *transmissionsmodellen* som affärsplan. Avtal med en KO, kommunikationsoperatör, ingås. Operatören sluter i sin tur avtal med tjänsteleverantörer, vilka alla får betala en avgift för nyttjande av accessnätet. Således ansvarar Fortum för installation av systemet, men i övrigt hyr man endast ut svartfiber och sköter inte driften av systemet.

6.3 Jämförelse mellan scenarierna

Nedanstående tabell visar en sammanfattning av de olika lösningar som valts inom de två scenarierna.

	Malmö – BiGAM	Stockholm – IT-förorten
Teknik	Installation av kanalisation enligt Sempras teknik. Fiber blåses in av fibernätägaren.	Installation av kanalisation m.h.a. robotsystem. Fiber blåses in.
Nätstruktur	I huvudsak accessnät, d.v.s. koppling från befintligt områdesnät till hushåll. Utgör komplement till annan typ av kanalisation.	I huvudsak accessnät, d.v.s. koppling från befintligt områdesnät till hushåll.
Rörtyper	I huvudsak distributionsrör, servisirör i viss utsträckning.	Endast rör tagna ur drift, anslutning via distributions- och servisirör.
Område	Flerfamiljshus i innerstadsområde.	Enfamiljshus (och flerfamiljshus i den mån de finns) i villaområde.
Finansiering	Samordnad genom ett Public-Private-Partnership. Del i en större utbyggnad.	Egenfinansierade anslutningar där fastighetsägare får betala en viss del av sin anslutning.
Affärsmodell	Hyr endast ut kanalisation.	Äger fibern, hyr ut denna enligt <i>transmissionsmodellen</i> .

Tabell 3. Jämförelse mellan scenarierna

7 Slutsats

Detta examensarbete har kartlagt tekniker och förutsättningar för att distribuera bredband i gasrör. Huvudfrågeställningen var: *"vilka möjligheter finns det att distribuera bredband i ett svenskt gasnät?"*.

Kartläggningen visar att det finns ett mindre antal genomförda dragningar av fiberkabel i gasnät. Några olika teknikleverantörer, varav två i Europa, har tagit patent på installationstekniker. I Europa är det bara Alcatel som har dokumenterat genomförda installationer, idag finns deras teknik emellertid inom Draka Comteq där den inte längre används. I USA har Semptra Broadband dragit sammanlagt halvannan mil i fyra olika nät, och arbetar aktivt inom området, med nya planerade utbyggnader och framtagning av standarder som främsta exempel.

Huruvida de installationstekniker som använts i dessa nät är lämpliga i Sverige kräver mer utredning. De svenska stadsnäten är relativt gamla och varierande med avseende på rörstorlekar, material, ventilplaceringar och slopade rör.

Det förefaller hittills inte ha funnits någon större efterfrågan på kanalisation för dragning av fiber och därmed inte på gasrör som kanalisation. Idag talar det mesta för att behovet av fiber kommer att öka. Kartläggning av bredbandsmarknaden visar att det främst kommer att finnas behov av att dra fiber den sista sträckan till hushållen, så kallat Fiber-To-The-Home, då regionala fibernät redan existerar i hög grad.

Skulle ett intresse finnas från gasnätägare att använda delar av sina nät för att installera och hyra ut kanalisation och/eller fiber är det samlade intrycket att det skulle vara genomförbart, men kräver ytterligare kartläggning på lokal nivå.

Den största fördelen som gasnät innebär för dragning av fiber är utan tvekan att schaktning – som är den enskilt största utgiften vid dragning av fiberkabel – i stor utsträckning kan undvikas. Det är dock tveksamt om gasrör kan eller bör användas för att bygga hela distributionsnät, snarare skulle de kunna utgöra ett komplement till annan typ av kanalisation. Detta gäller inte minst gasrör som tagits ur drift.

8 Diskussion och vidare utredning

Ett problem med denna förstudie är att det är mycket svårt att avgöra om de svenska gasnäten lämpar sig för de presenterade installationsteknikerna. Att på ett generellt plan försöka täcka in samtliga gasnät är svårt. I stadsnäten finns exempelvis rör som är bortåt hundra år gamla medan naturgasnätet i Västsverige är mer eller mindre nytt. Hur de gasnät, i vilka installationer genomförts, sett ut har inte varit möjligt att utreda tillräckligt.

Vidare utredning inom området skulle dels vara att studera någon av dessa installationer, och dels att göra en detaljplan av aktuellt svenskt gasnät.

Slutligen kan också konstateras att bredband inte nödvändigtvis måste dras i gasrör, andra typer av kanalisation som avlopp, vattenledningar och fjärrvärme kan lämpa sig väl så bra, och kanske bättre, för ändamålet. Resultaten av detta arbete kan med andra ord i relativt stor utsträckning användas för att vidare undersöka distribution av bredband i andra kanalisationstyper.

9 Ordlista

De begrepp som inte är explicit beskrivna och refererade i rapporten har här källhänvisningar, övriga begrepp är beskrivna såsom de används i denna rapport.

Accessnät: Sista länken till slutkunden, sammanbinder fastigheter med områdesnätet.

ADSL: Se xDSL.

Bitström: Unik access för varje kund, både fysiskt och logiskt. Innefattar även ändustrustning för att kunna överföra data.

Bredband: IT-infrastruktur som medger överföringshastigheter på minst 2 Megabit/s i båda riktningarna. (PTS, 2001)

Distributionsnät: Allmän beteckning på lokalt nät som når ut till användare.

Distributionsrör: Gasrör på en lokal nivå, ofta i gatan, sammanbinder kundanslutningar med regionala gasnät.

Fastighetsnät: På fastigheter med mer än ett hushåll sammanbinder fastighetsnätet hushållen med en central nod.

Fiberkabel: Kapslad glasfibertråd genom vilken information överförs med hjälp av ljusimpulser. (PTS, 2001)

FTTH - Fiber-To-The-Home: Populärbegrepp för fiberanslutning hela vägen till ett hushåll.

HDTV - High Definition TV: Digital TV med högre upplösning och bättre ljudkvalitet än "vanlig" TV.

IP - Internet Protocol: Kommunikationsprotokoll som har hand om adressering och vägval för datapaketer på Internet. (PTS, 2001)

IP-TV: Överföring av digitala tv-tjänster över IP-protokollet. Kallas i vardagligt tal även bredbands-TV.

Kommunikationsoperatör (KO): En operatör av ett fibernät som själv inte konkurrerar med tjänster utan endast kopplar ihop tjänsteleverantörer med slutkunder.

LLUB - Local Loop UnBundling: En aktör med allt för dominant marknadsställning åläggs att ge andra operatörer möjlighet att hyra en fysisk del av en kabel i accessnätet för att kunna distribuera bredband i syfte att uppnå konkurrens.

Områdesnät: Breder ut sig i ett geografiskt begränsat område, exempelvis en ring runt en mindre ort eller ett nät som når in i stadsdelar. Förbinder ortssammanbindande nät med accessnät.

Ortssammanbindande nät: Förbinder orter med varandra, dessa kan i vissa fall sammanfalla både med stamnät och med områdesnät.

Relining: Att inuti stål eller gjutjärnsrör föra in plaströr i syfte att konvertera ett stadsgasnät till naturgasnät.

Right-of-way: En sträcka som ger ökad framkomlighet för utbyggnad av ett nytt infrasytem. Exempelvis kan det handla om att, som i detta fall, utnyttja rörsystem för att dra fiber.

Slopade gasrör: Gasrör som tagits ur drift.

Stadsnät: Ett eller fler sammankopplade områdesnät, byggs ofta av kommunala bolag som exempelvis energibolag.

Servisirör: Sammanbinder distributionsröret i gatan med en byggnad på en fastighet.

Stom/Stamnät: Nät på nationell nivå som sammanbinder lokala/regionala nät.

Svartfiber: Optisk fiberkabel utan någon kringutrustning för att överföra data.

Transmissionsnät: Allmän beteckning på nationell/regional nätstruktur som sammanbinder lokala distributionsnät.

Triple Play: Distribution av Internetaccess, IP-telefoni och IP-TV via samma anslutning.

xDSL: Samlingsbeteckning för tekniker för distribution av bredband över telenätet. Vanligast är ADSL.

Vertikal integration: Om en aktör befinner sig på flera nivåer i en värdekedjan, det vill säga, tillhandahåller olika produkter och tjänster inom samma marknad.

Öppna nät: Nät som är tillgängliga för vilka leverantörer som helst att distribuera tjänster i. Dessa ska på rimliga och konkurrensmässiga villkor få nå slutkunderna med sina tjänster.

Överföringskapacitet: Se bitström.

10 Referenser

10.1 Litteratur

- Alcatel (2002) *Customized Solutions Alcatel 6851 Gas Lines* [PDF] tillgänglig via: www.alcatel.com [2006-11-20]
- ASTM International (2006) *Standard Practice for Selection of Natural Gas Pipelines Suitable for Installation of Optical Fiber Systems*, ASTM F 2350-04 [PDF] tillgänglig via: www.astm.org [2007-02-13]
- ASTM International (2006) *Standard Practice for Operation and Maintenance of Integrated Natural Gas Pipelines and Optical Fiber Systems*, ASTM F2349-04 [PDF] tillgänglig via: www.astm.org [2007-02-13]
- Beals, S. (2004) *Solving the Last Mile: Fiber-In-Gas* [PDF] tillgänglig: <http://www.ptc.org/ptc05/program/pdfs/9pres-4.pdf> [2007-02-13]
- Beals, S., Hammer, R., Evans, R. (2004) *Methods and Systems for Installing Cable and Conduit in Pipelines*, US Patent 6736156B2 [PDF] tillgänglig via: <http://se.espacenet.com/> [2007-02-01]
- Beals S. (n.d) *A Practical Method for Installation of Optical Fiber Cable in Metropolitan Area Gas Distribution and Service Pipelines* [worddokument] tillgänglig: <http://www.semprabroadband.com/docs/WorldGasConf.doc> [2007-03-07]
- Dagens Nyheter (2006) *Allmännyttan drar kablar till bredband*, publ. 2006-12-21
- Draka Comteq (n.d.) *Draka LightNet* [PDF] tillgänglig: <http://www.drakamc.de/tcs/ofc/sa/pdf/DrakaLightNet.pdf> [2007-02-14]
- E.ON (2005) *Naturgas Mellansverige* [PDF] tillgänglig: http://www.eon.se/upload/eon.se/dokument/om_e.on/presscenter/broschyrrer/naturgasinfo_060310_mindre.pdf [2006-12-12]
- Fast Opticom (n.d.) *Description of the System FAST Fibre Access by Sewer Tubes*, [PDF] tillgänglig via: <http://www.fastopticom.de/> [2007-02-13]
- Fussell Ellen (2003) *Fiber optics next in line* [webb] tillgänglig: http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=Standards_Update1&template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=26247 [2007-01-09]
- Geiger, G. (2003) *Leak Detection and Locating – A Survey* [PDF] tillgänglig: http://fhge.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2003/8/pdf/Paper_0301_for_FH.pdf [2006-12-13]
- Jeyapalan, J. K. (2002) *Optical Fiber Connections Through Existing Sewers And Natural Gas Pipes*, Montreal [PDF] tillgänglig: http://www.agc.org/content/public/PDF/AGC_Overview/Committees/Trenchless/jeyapalanspaper03-16-02.pdf [2007-02-01]
- Kajiser, A. (1994) *I Fädrens Spår... "Den svenska infrastrukturens historiska utveckling och framtida utmaningar"*, Stockholm: Carlssons, ISBN: 9177987942
- Kvale, S. (1997) *Den kvalitativa forskningsintervjun*, Lund: Studentlitteratur, ISBN: 9789144001852
- Leppert, H-D. R., Nothofer, K. och Teschner, W. (2001) *Erfahrungen über Installationen von LWL-Kabeln in Metro-Gas-Leitungssystemen*, Mönchengladbach

- Malmö Stad (2003) *Bredbandsutbyggnad – Från vision till verklighet*, IT-infrastrukturprogram, [PDF] tillgänglig: <http://www.skane.se/upload/Webbplatser/PM/Dokument/ITIP%20Malmö.pdf> [2007-02-01]
- Nikles, M. et al. (2004) *Leakage detection using fiber optics distributed temperature monitoring* [PDF] tillgänglig: <http://www.smartec.ch/Bibliography/PDF/C106.pdf> [2007-02-13]
- Nilsson, R. (1997) *Teknisk beskrivning av det svenska distributionsnätet för naturgas*, Svenskt Gastekniskt Center SGC083
- Nunally, P. (2006) *System and Method for Broadband Network Communication through Operational Natural Gas Infrastructures*, US Patent 2006/0165127 [PDF] tillgänglig via: <http://se.espacenet.com/> [2007-02-01]
- Näringsdepartementet (2007) *Budgetpropositionen 2007 – Kommunikationer och IT*, [PDF] tillgänglig via: www.regeringen.se/finans [2007-01-29]
- Olsson, C-O. (2002) *Kommunal bredbandssatsning utan statligt stöd* [PDF] tillgänglig: www.iis.se/Internetdagarna/2002/05-infra-praktik/id2002-claes-olof-olsson.pdf [2006-11-17]
- Post och Telestyrelsen (PTS) (2000) *Risker för monopolisering av bredbandstjänster till flerfamiljshus*, [PDF] tillgänglig: <http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Risker%20for%20monopolisering%20av%20bredbandstjanster%20till%20flerfamiljshus.pdf> [2007-02-13]
- Post och Telestyrelsen (PTS) (2001) *Konkurrensen på Internetmarknaden* [PDF] tillgänglig: http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Konkurrensen_pa_Internetmarknaden.pdf [2007-02-23]
- Post och Telestyrelsen (PTS) (2005) *Konkurrensen i accessnätet*, PTS-ER-2005:42 [PDF] tillgänglig: http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Konkurrens_i_accessnatet_december_2005_42.pdf [2007-02-13]
- Post och Telestyrelsen (PTS) (2007) *Hinder för utbyggnad av bredband*, PTS-ER-2007:3 [PDF] tillgänglig: http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Bredbandshinder_29_januari_07_03.pdf [2007-02-13]
- Scheuble, L. (2005) *Die letzte "Meile" – komplett unterirdisch zum Endkunden* [PDF] tillgänglig: <http://www.mebspace.de/fastopticom/downloads/2005-10%20TIS%20Die%20letzte%20Meile.pdf> [2007-02-13]
- Sivathanu, Y. (2004) *Natural Gas Leak Detection in Pipelines, A Technology Status Report for the U. S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory* [PDF] tillgänglig: http://www.netl.doe.gov/scng/publications/t&d/tsa/scanner_technology_0104.pdf [2006-12-13]
- Southern California Gas Company/San Diego Gas & Electric (SCG/SDG&E) (2003) *Fiber in Gas Project – Draft Program Environmental Impact Report* [PDF] tillgänglig: http://www.cpuc.ca.gov/Environment/info/esa/sempra-fig/deir/draft_eir.pdf [2007-02-01]
- Svenska Gasföreningen (2001) *EGN01 – Energigasnormer*, Stockholm
- Svenska Stadsnätsföreningen (SSNf) (2006) *Karlskrona Stadsnät medverkar till patient-TV* [webb] tillgänglig: <http://www.ssnf.org/templates/Base.aspx?id=1670> [2007-02-12]
- Svenska Stadsnätsföreningen (SSNf). (2006), *Stadsnäten – En drivkraft för Sveriges utveckling*
- Top, W., et al. (1997) *Gas Distribution Network with Information Transmission Cable*, European Patent Application 0795942A1 [PDF] tillgänglig via: <http://se.espacenet.com/> [2007-02-01]
- USA Today (2006) *Gas-line Broadband a pipe dream?* [webb], tillgänglig: http://www.usatoday.com/tech/news/techinnovations/2006-09-10-broadband-gas_x.htm [2006-12-01]

Westerblom, E. (2006) *Bredband i Sverige 2006*, Post och Telestyrelsen, PTS-ER-2006:22 [PDF] tillgänglig: http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Bredband_i_Sverige_2006_22.pdf [2007-02-01]

Widigs Ahlin, T. och Jönsson C. (2005) *Tillgänglighet till bredbandsnäten – en pilotstudie*, Post och Telestyrelsen, PTS-ER-2005:25 [PDF] tillgänglig: http://www.pts.se/Archive/Documents/SE/Rapport_Tillganglighet_bredband_pilot.pdf [2007-02-01]

ÅF (n.d.) *Energi och Miljöfakta*, tillgänglig: http://www.energiochmiljo.se/bilder/E_6_2_2_karta.gif [2006-12-12]

10.2 Webbsidor

E.ON, www.eon.se, besökt 2006-11-17

Familjebostäder, www.familjebostader.com, besökt 2007-02-12

IT-kommisionen, www.itkommissionen.se, (uppdaterad 2004), besökt 2006-11-30

Konsumentverket, www.konsumentverket.se (granskad 2005), besökt 2007-02-12

Malmö Stadsnät, www.malmostadsnat.se, besökt 2007-02-02

Mälarenergi Stadsnät, www.malarenergi.se/stadsnat/, besökt 2007-02-02

Nationalencyklopedin (NE), www.ne.se, besökt 2006-11-20

Nova Naturgas, www.novanaturgas.se (uppdaterad 2006), besökt 2007-02-08

Skånet, www.skanet.se, besökt 2006-12-04

Sollentuna Energi Stadsnät, www.sollenergi.se/bredband/, 2007-02-02

Stockholmshem, www.stockholmshem.se, besökt 2007-02-12

Strengnet, www.strengnet.se, besökt 2007-02-02

Sundbyberg Stadsnät, www.sundbybergsstadsnat.se, besökt 2007-02-02

Svenska Bostäder, www.svebo.se, besökt 2007-02-12

Svenskt Gastekniskt Center (SGC), www.sgc.se, (uppdaterad 2003), besökt 2006-11-17

Telepriskollen, www.telepriskollen.se (uppdaterad 2007), besökt 2007-02-09

10.3 Personlig kommunikation

Andersson, L-Å. (2006-11-30) E.ON Gas

Beals, S. (2007-02-22) Sempra Broadband

DeBruin, F. (2007-02-22) Draka Comteq

Lindhe, M. (2006-11-23) Canal Digital

Lysedal, A. (2007-01-08) Fortum Distribution

Nygren, H. (2007-01-08) Fortum Värme

Nyman, A. (2006-11-30) Tele2 Sverige Syd

Ström, A-K. (2006-10-04 samt 2007-01-03) Fortum Värme



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69
www.sgc.se • info@sgc.se
