

# Teknisk och ekonomisk analys av fiberbaserade bredbands- tekniker i Stockholm FTTH vs FTTB

---

*Ett uppdrag från Stokab*

Authors: Marco Forzati, [marco.forzati@acreo.se](mailto:marco.forzati@acreo.se)  
Crister Mattsson, [crister.mattsson@acreo.se](mailto:crister.mattsson@acreo.se)

Stockholm, 4 mars 2015

Denna PM kan citeras som:

M. Forzati, C. Mattsson, *"Teknoekonomisk analys av FTTH vs FTTB i Stockholm"*,  
Acreo Swedish ICT Promemoria, 4 mars 2015.

# Innehåll

Innehåll .....	2
1 Sammanfattning.....	3
1.1 Fiberfastighetsnät rekommenderas.....	3
1.2 Acreo Swedish ICT och Stokab.....	3
2 Introduktion och bakgrund .....	4
2.1 Fibernätet .....	4
2.2 Frågeställningar.....	5
2.3 Andra tekniker.....	5
2.4 Om författarna och Acreo Swedish ICT.....	5
2.5 Om Stokab .....	6
3 Situationen i Stockholm idag.....	7
3.1 Stokab – historik .....	7
3.2 Stokabs fiberutbyggnad.....	7
3.3 Operatörer.....	8
4 Olika typer av fibernät.....	9
4.1 FTTB (Fiber till byggnad).....	9
För- och nackdelar med FTTB.....	10
4.2 FTTH-S (Fiber till hemmet – standardmodellen) .....	11
För- och nackdelar.....	12
4.3 FTTH-A (Fiber till hemmet – advancedlösning) .....	14
5 Jämförelse mellan FTTB och FTTH lösningar .....	17
5.1 Investeringskostnad .....	17
5.2 Driftskostnad, energiförbrukning och footprint .....	17
5.3 Footprint .....	18
5.4 Prestanda, kvalité och valfrihet .....	19
5.5 Samhällstjänster .....	20
6 Slutsatser och rekommendation.....	21

# 1 Sammanfattning

Hushållens användning av kapacitetskrävande bredbandstjänster och det offentliga behov av att kunna leverera så kallade samhällstjänster (exempelvis hemsjukvård), har under de senaste åren ökat lavinartat. Samtidigt har en mängd tjänster skapats som underlättar och effektiviserat drift- och underhåll av fastigheter. Dessa utmaningar och möjligheter kan hanteras på olika sätt av en fastighetsägare. För att underlätta beslut i val av bredbandsnät i en fastighet har vi i denna analys jämfört de alternativ som står till buds i Stockholm.

Vår rekommendation är att välja fibernät, helst med fyra fiber per lägenhet/lokal.

Ett fastighetsnät - nät mellan inkommande fiberkablar i fastigheten och respektive lägenhet/lokal - är en förutsättning för att både hushållen ska få tillgång till de tjänster som erbjuds och det offentliga möjlighet att leverera så kallade samhällstjänster på ett effektivt sätt. Utifrån fastighetsägarnas agerande påverkas möjligheten avseende bland annat:

- valfrihet och konkurrens
- möjligheten att hantera det ökande kapacitetsbehovet
- miljöpåverkan
- innovationskraften i Stockholm
- möjligheten att leverera samhällstjänster
- möjligheten att hantera mobilnätets täckningsgrad
- möjligheten att sköta och driva fastigheter på ett effektivt och miljösmart sätt

## 1.1 Fiberfastighetsnät rekommenderas

Vår analys visar entydigt att ett fiberfastighetsnät (med minst två fiber) till varje lägenhet/lokal är det som ger de bästa förutsättningarna att hantera dagens och morgondagens kommunikationsbehov. I analysen beskrivs även hur en fastighetsägare mer konkret bör agera och de aspekter som bör vägas in vid val av nät.

## 1.2 Acreo Swedish ICT och Stokab

Studien är utförd av Marco Forzati och Crister Mattsson vid forskningsinstitutet Acreo Swedish ICT på uppdrag av Stokab - Stockholms stads IT-infrastrukturbolag. Acreo ägs till 60 procent av svenska staten och till 40 procent av näringslivet (hårdvaru- respektive mjukvaruföretag).

Stokab hyr endast ut passiva fiberförbindelser, så kallad svart fiber, till alla på likvärdiga villkor i Stockholm. Bolaget som ägs av Stockholms stad har i uppdrag är att skapa konkurrens, mångfald och valfrihet i regionen. Cirka 90 procent av alla hushåll i Stockholms kommun har möjlighet att ansluta sig till fibernätet som är världens största öppna fibernät.

## 2 Introduktion och bakgrund

Acreo Swedish ICT har, på uppdrag av Stokab - Stockholms stads IT-infrastrukturbolag, analyserat olika sätt att ansluta hushåll via fiber i Stockholms kommun. Syftet är att klargöra för- och nackdelar med de olika fiberbaserade tekniker som är möjliga i Stockholm. Förhoppningen är att de fastighetsägare och byggherrar som står i begrepp att investera i inomhusnät i fastigheten, med stöd av denna rapport, lättare ska kunna välja den teknik som, utifrån respektive fastighets förutsättningar, bäst möjliggör bredband till de som finns i huset. Därutöver är syftet att bidra till en ökad förståelse över hur såväl bredbandssituationen ser ut som hur marknaden fungerar i Stockholm.

### 2.1 Fibernätet

Stockholms stad, har via sitt bolag Stokab, sedan 1994 byggt ut ett operatörsneutralt fibernät i regionen. Ett nät som byggts utan skattefinansiering. Nätet är ett passivt fibernät (inga tjänster erbjuds) och är öppet för alla på likvärdiga villkor. Nätet har byggts ut successivt. Mellan 2007-2012 gjordes en särskilt satsning på att ansluta i stort sett samtliga flerfamiljsfastigheter i kommunen med fiber. I dagsläget har drygt 90 procent av alla hushåll och nästan 100 procent av alla företag möjlighet att ansluta sig till fibernätet.

Utbyggnaden till flerfamiljsfastigheterna har gjorts med ett fiberpar per lägenhet/lokal med avlämningspunkt i fastighetens källare. Att avlämna i källaren är praxis i Sverige för markbunden infrastruktur som vatten, el avlopp etc. Fiberkablarna från fastigheterna är kopplade till en nod (kan närmast liknas vid en telestation).

Förutsatt att fastighetsägaren ser till att inomhusnät av fiber installeras, innebär modellen att varje enskilt hushåll nås med fiber från noden till vilken fastigheten är kopplad. Till varje nod är cirka 40 fastigheter anslutna med ungefär 1500 lägenheter. Därmed menar Stokab att flera möjligheter skapas:

- Möjlighet för hushållen själva, oberoende andra hushåll i fastigheten, att fritt välja mellan de operatörer som etablerar sig i den noden till vilken fastigheten är ansluten.
- Operatörerna kan effektivisera sina nät både avseende miljöoptimering och robusthet.
- Möjligheten till så kallade samhällstjänster - exempelvis sjukvård på distans - underlättas.
- Operatörer kan skapa nya affärsmodeller riktade mot hushåll och företag.

Då möjligheten att nå enskilda hushåll direkt med fiber blev möjlig så sent som 2013, när nätutbyggnaden var helt klar, har ännu relativt få fastighetsägare/operatörer i dagsläget börjat använda sig av FTTH-nätstrukturen. En gemensam kollektiv kommunikationslösning (bredband, TV och telefoni) för

hela fastigheten är fortfarande den vanligaste förekommande modellen.

## 2.2 Frågeställningar

I denna analys jämförs de två dominerande lösningarna för att leverera höghastighetsbroadband till hushåll. FTTH (fiber-to-the-home) som är fiber mellan operatören och varje enskilt hushåll, respektive FTTB (fiber-to-the building) som är fiber i kombination med datanät (CAT5/6) från en operatörs aktiva utrustning i en fastighets källare till varje enskilt hushåll.

De frågeställningar som fördjupning sker inom är:

- För- och nackdelar med fastighetsnät av fiber (mellan varje enskilt hushåll och Stokabs fibernät i fastighetens källare), bland annat avseende valfrihet/konkurrens, utveckling av marknaden, tjänsteutveckling, robusthet och möjlighet att leverera samhällstjänster (exempelvis sjukvård på distans).
- Investeringskostnad för fibernät i fastigheter.
- Eventuella alternativa tekniska lösningar inklusive för- och nackdelar.
- Operationella kostnader (OPEX).
- Energiförbrukning och klimatpåverkan.
- Dataöverföringskapacitet och kvalitet.

## 2.3 Andra tekniker

I denna analys går vi inte in på xDSL, koax eller de mobila teknikerna som finns tillgängliga i Stockholm eftersom alla är behäftade med olika begränsningar avseende tillgång till kapacitet och valfrihet.

## 2.4 Om författarna och Acreo Swedish ICT

Acreo Swedish ICT är ett forsknings- och utvecklingsbolag som förädlar och förmedlar kunskap inom elektronik, optik och kommunikationsteknologi. Acreo ägs till 60 procent av svenska staten och till 40 procent av näringslivet (hårdvaru- respektive mjukvaruföretag).

Flera vetenskapliga samhällsekonomiska studier kring fiber och bredband har genomförts. Ett exempel är en studie av socioekonomisk påverkan av FTTH som gjorts på uppdrag av regeringens Bredbandsforum. Den studien fokuserar särskilt på fiberutbyggnadens inverkan på sysselsättningen, värdet av fiber för individen samt besparingar som möjliggjorts tack vare fiber. På uppdrag av EU analyseras FTTH-situationen i Sveriges kommuner i syfte att med vetenskapliga metoder analysera samband mellan FTTH och ett antal samhällsekonomiska faktorer (forskningsprojekt OASE). EU-kommissionen har även beställt en revidering av kommissionens bredbandshandbok av Acreo.

*Marco Forzati holds a Laurea degree in Telecommunication Engineering from Politecnico di Milano, Italy, a M.Sc. and a Ph.D. degree in Electrical Engineering from Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, and a B.Sc. degree in Economics from Stockholm University. Dr. Forzati has held various R&D positions at Saab Ericsson Space and Ericsson, as well as visiting scientist positions at TRLabs, and France Telecom R&D. He has authored or co-authored more than 80 papers, conference contributions and book chapters, and 3 patent applications. He has been managing a number of projects at Acreo, and he has been involved in several European research projects in areas as diverse as long-haul transmission, access networks, techno-economics, business modelling and socio-economics.*

*Crister Mattsson is Senior Advisor at Acreo Swedish ICT. Mr. Mattsson specialises in open networks and strategies for municipal networks, including policies and business models, with focus on EU and Scandinavia. Prior to Acreo, Mr. Mattsson was Senior Advisor at Ericsson. Mr. Mattsson has also been Advisor to ERISA (the European Regions' Information Society Association), and Director of the Sweden Broadband Alliance, an industry organisation. Mr. Mattsson has written a large number of articles and participated in several Swedish and European research projects on subjects such as open networks, business-models and regulatory issues.*

## **2.5 Om Stokab**

Stokab ägs av Stockholms stad och har till uppgift att tillhandahålla ett passivt fiberoptiskt kommunikationsnät i regionen. Verksamhetens syfte är att bidra till goda förutsättningar för IT-utvecklingen och en positiv utveckling av regionen. Detta sker genom att hyra ut obelyst fiber, så kallad svart fiber. Därmed skapas konkurrens, mångfald och valfrihet samtidigt som grävning i stadens gator minimeras.

## 3 Situationen i Stockholm idag

Stockholm har idag 100 procents bredbandstäckning, såväl fast som mobil. De fasta tekniker som erbjuds är bredband via fiber, koax (kabel-TV) och xDSL (telefonnätet). När det gäller så kallad svart fiber finns i huvudsak två konkurrerande leverantörer (Stokab respektive Telia). I de flesta flerfamiljsfastigheter existerar alla dessa tekniker bredvid varandra. Därutöver finns 100 procents mobiltäckning från fyra olika operatörer (både 3G och 4G/LTE-nät). I Stokabs fibernät är över 100 operatörer verksamma.

### 3.1 Stokab – historik

Den historiska bakgrunden till bildandet av Stokab var den avreglering av telekommarknaden Sverige, som ett av de första länderna i världen, genomförde 1993. Stockholms stads politiker var alla djupt bekymrade över att den svenska staten vid avregleringen beslöt att låta det tidigare televerket (dagens TeliaSonera) både äga infrastrukturen och sälja tjänster. Stadens politiker ansåg att det behövdes en neutral aktör som tillhandahåller den grundläggande IT-infrastrukturen till alla på likvärdiga villkor för att skapa konkurrens, mångfald och valfrihet inom tele- och dataområdet. Mot den bakgrunden beslöt kommunfullmäktige i januari 1994 att bilda Stokab.

### 3.2 Stokabs fiberutbyggnad

Utbyggnaden av fibernätet påbörjades i de kommersiella kvarteren av Stockholms innerstad och växte snabbt till de större industriområdena. I mitten av 90-talet anslöts regionens alla större sjukvårdsinrättningar. I början av 2000-talet utökades nätet med Mälarringen som knöt samman stadsnät runt Mälardalen. Fibernätet byggdes även ut i Stockholms skärgård varpå alla större bebodda öar blev anslutna. I början av 2005 var i stort sett alla kvarter i Stockholms innerstad anslutna. 2007 påbörjades utbyggnaden av fiber-till-hemmet till flerfamiljsfastigheter, en utbyggnad som blev klar vid årsskiftet 2012/2013. Förutom löpande förtätning och förstärkning av nätet, pågår arbetet med att ansluta fastigheter i nyexploateringsområden och stadens alla äldreboenden. Dessutom möjliggörs en utbyggnad i gatumiljö för att enklare och mer effektivt kunna utveckla så kallad "smart city".

Nätet är idag världens största öppna fibernät med en längd motsvarande mer än 30 varv runt jorden. Det passiva fibernätet är öppet för alla på likvärdiga villkor. Det ger flera fördelar för operatörer:

- Låg tröskel att etablera sig på marknaden då en ny aktör kan hyra de förbindelser som behövs i stället för att investera i egen nätutbyggnad.
- Fiberförbindelser hyrs av neutral aktör i stället för från konkurrent som även säljer tjänster.

- Möjligheten att designa nätstrukturen är stor då nätet från början är byggt för konkurrens och robusthet till skillnad från att hyra från en operatör som designat sitt nät utifrån sina egna affärer.

### 3.3 Operatörer

I Stokabs nät verkar över 100 operatörer och tjänsteleverantörer. Många av dessa erbjuder tjänster riktade gentemot hushåll. Att så många operatörer är aktiva i en stad är internationellt sett synnerligen ovanligt. I huvudsak finns det två typer av operatörer: dels de så kallade traditionella som med eget fibernät eller fibernät från annan aktör, levererar de tjänster de själva har valt, dels så kallade kommunikationsoperatörer, som i huvudsak använder andra aktörers fibernät, och som erbjuder en portfölj av olika tjänsteleverantörer som de har avtal med till slutkunden. De största kommunikations-operatörerna i Sverige är idag uppköpta av de traditionella operatörerna. Det finns också en debatt om kommunikationsoperatörens roll då man ser en tydlig tendens att många tjänster migreras till OTT (over-the-top) och i en sådan situation tar ISP (Internet Service Provider) en roll som närmar sig kommunikationsoperatörens (KO) roll.



## 4 Olika typer av fibernät

I Stockholm förekommer två modeller för att fiberansluta hushåll:

- Fiber till fastigheten (FTTB: fiber-to-the building)
- Fiber till hemmet (FTTH: fiber-to-the-home) med två fiber<sup>1</sup> varav den ena fiber används för att leverera tjänster, exempelvis triple-play (bredband, TV och telefoni); denna modell skulle kunna betecknas som FTTH-S (fiber-to-the-home Standard).

Vi utvärderar också en tredje modell, som skulle klara än fler av morgon-dagens utmaningar:

- Fiber till hemmet med fler fiber än två, exempelvis fyra, till varje hushåll; en sådan modell skulle kunna betecknas som FTTH-A (fiber-to-the home Advanced)

Situationen i Stockholms kommun är att det finns två aktörer som ansluter fastigheter med fiber, nämligen Stokab och Telia. Telia ansluter fastigheterna i huvudsak med ett fåtal fiber per fastighet, medan Stokab har valt att ansluta fastigheterna med dubbelt så många fiber som det finns lägenheter/lokaler i en fastighet, dvs två fiber per lägenhet/lokal.

I den nätstruktur Stokab har, ingår ett nod-system. Till varje nod är ungefär 40 fastigheter med cirka 1 500 hushåll kopplade. Förutsatt att fastighetsägaren byggt ett fibernät mellan Stokabs inkommande fiberkablar i källaren upp till respektive lägenhet/lokal, kan en operatör nå varje enskilt hushåll från den nod till vilken fastigheten är kopplad.

### 4.1 FTTB (Fiber till byggnad)

I FTTB behövs ett fiberpar till en byggnad. Detta är det traditionella sättet att ansluta fastigheter med fiber. Telia använder sig i huvudsak av denna anslutningsmodell. I och med FTTH-utbyggnaden, som gjordes av Stokab 2007-2012, kan en operatör nå en fastighet via Stokabs nät med såväl FTTB som FTTH. I Stockholms kommun kan alltså FTTB användas både utifrån Stokabs och Telias fibernät.

Fiberparet till fastigheten ansluts till en enklare switch eller router (aktiv utrustning) från vilken ett fastighetsnät dras till varje lägenhet. Fastighetsnätet är nästan alltid ett datanät (CAT5/6). Ett sådant nät kan rent teoretiskt leverera hastighet med 1 Gbit/s över en ledningssträcka på maximalt 100 meter (dvs

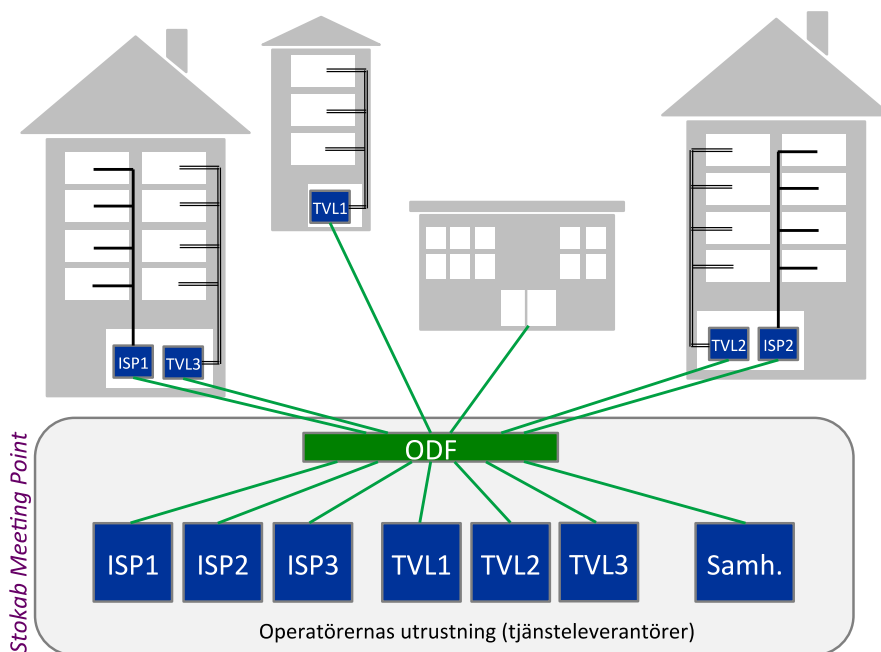
---

<sup>1</sup> Notera att med FTTH refererar vi till en punkt-till-punkt (p2p) lösning; det finns andra FTTH lösningar, så kallade PON lösningar, där en fiber dras till en *remote node* (exempelvis en fastighetskällare), och delas därifrån till fler fiber, en till varje hushåll. Denna modell innebär mer komplex aktiva lösningar, samt begränsningar i hastighet och konkurrens/valfrihet, då datakapacitet måste delas bland flera användare. De flesta överväganden vi gör om FTTH gäller bara p2p-FTTH, men inte PON-FTTH.

avståndet kabelvägen från switchen i källaren till lägenheten). Denna lösning är den mest utspridda bland fastigheter i Stockholm. Ofta skriver fastighetsägaren ett kontrakt med en operatör (ibland med två operatörer - en för bredband och en för TV) som levererar tjänster till alla i fastigheten. Ibland installerar operatören fastighetsnätet åt fastighetsägaren. Över datanätet distribueras bredband i fastigheten, ibland distribueras även TV över detta nät. I vissa fall används ett befintligt koax-nät i fastigheten för att distribuera TV.

Denna teknik fungerar tekniskt bra för traditionella tripple-play-tjänster. Dock innebär modellen begränsningar när det gäller valfrihet och möjligheten att leverera så kallade samhällstjänster. Detta beror på att en operatör (oavsett om det är en traditionell eller kommunikationsoperatör) levererar tjänster till alla i fastigheten.

Om fastighetsägaren låter en kommunikationsoperatör trafikera nätet i stället för en traditionell operatör, ökar valfriheten för hushållen. Hushållen kan dock endast välja mellan de tjänsteleverantörer kommunikationsoperatören har avtal med. Tjänsteleverantörerna är dessutom tvingade att välja den tekniska lösning som kommunikationsoperatören har valt. Att leverera samhällstjänster är utmanande med FTTB. Möjligtvis är det enklare med kommunikationsoperatören, då möjlighet att leverera layer 2 tjänster finns.



**Figur 1 - FTTB modell. I grön: fibrer och annat passiv optisk utrustning, i svart: kopparkablar (-CAT5/6, = koax), i blå: elektronisk och opto-elektrisk utrustning. ISP: Internet tjänsteleverantör (Internet Service Provider), TVL: TV leverantör, Samh.: Samhällstjänst, ODF: Optical Distribution Frame (där fibrer utifrån kopplas till fibrer inne i en byggnad, lokal, etc.)**

### **För- och nackdelar med FTTB**

En fördel med modellen är att hushållen får ett vanligt datanätsuttag (RJ45) i lägenheten som kan kopplas direkt till en dator eller wifi-router (FTTH förutsätter att en strömmatad mediakonverterare sätts i lägenheten mellan

fibern och hushållets datanätsuttag). För en operatör är lösningen attraktiv då man kan sälja tjänster till tiotals (ibland hundratals) abonnenter, många gånger med ett flerårigt avtal. Dessutom behöver man hyra en eller två fibrer för att nå en hel fastighet, även om kostnaden för att hyra ett fiberpar till fastigheten i de flesta fall är densamma som för att hyra en fiber till alla lägenheter/lokal.

En stor nackdel med modellen är begränsningar i kapacitet. I de flesta fall är det inga problem med hastigheter upp till 100 Mbit/s, men det kan bli svårt att i praktiken uppnå hastigheter på 1 Gbit/s är, vilket inom några år kommer att vara viktigt. Dessutom, eftersom valfriheten för hushållen är begränsad, leder det till en mindre dynamiskt utveckling av bredbandsmarknaden.

## 4.2 FTTH-S (Fiber till hemmet – standardmodellen)

I FTTH-S dras två fiber (ett fiberpar) från den närmast belägna nod:en i området fram till varje enskild lägenhet/lokal. I nod:en placerar operatören sin aktiva utrustning (switch) och i respektive lägenhet placeras en media-konverterare som omvandlar den optiska signalen i fibern till elektronisk signal för datanätsuttaget (RJ45). Mediakonverteraren behöver strömmatas, dvs tillgång till eluttag behövs i dess närhet.

Fibern i sig medger i praktiken obegränsad kapacitet. Det som styr kapaciteten är den aktiva utrustningen fiberkabeln kopplas till. Den utrustning som används för konsumentbruk medger i dagsläget hastighet på 1 Gbit/s både ner- och uppströms. Den dagen det finns behov för än högre hastigheter behövs bara utrustningen bytas - inte fibern.

Avlämningspunkt för fibern är i fastighets källare, där ingen aktiv utrustning behövs placeras. För att kunna använda sig av FTTH behöver fastighets-ägaren bygga ett fibernät mellan Stokabs avlämningspunkt upp till respektive lägenhet/lokal.

För hushållen innebär detta att de själva kan välja bland de operatörer som finns i nod:en i stället för att "bara" kunna använda den operatör som fastighetsägaren (i FTTB-modellen) valt för en viss tid. Dessutom, eftersom endast en av de två fibrerna behövs för att en operatör ska kunna leverera tjänster till hushållet, finns det en fiber oanvänd. Denna fiber kan användas för flera olika ändamål:

- För en konkurrerande operatör.
- För fastighetsägaren för att i realtid mäta, styra och övervaka olika saker i lägenheten, exempelvis värmen.
- För samhällstjänster, exempelvis sjukvård på distans.

Om ändamål 1 följs kan två samtidiga operatörer leverera tjänster, exempelvis kan hushållen köpa bredband från en operatör (via ena fibern) och TV från en annan operatör (via andra fibern).

Om ändamål 2 eller 3 följs, kan bara tjänster från en leverantör sändas över fibernätet (varje slutanvändare väljer sin egen bredbandsleverantör och

upphandlar tjänster från den, och provisionering sker då genom att patcha fiber i Stokabs nod). Alternativt, om fastighetsägaren låter en kommunikationsoperatör trafikera nätet i stället för en traditionell operatör, blir konkurrenssituationen densamma som i FTTB med kommunikationsoperatör.

Om man vill följa alla tre ändamål, kan man rent teoretiskt använda WDM-teknik. Det är en teknik med flera olika våglängder ("färger") i samma fiber, en våglängd för respektive operatör. Tekniken är dock komplex och medger inte att operatörerna använder sin egen utrustning. Dessutom är kostnaden för WDM-system för hushåll mycket hög. Stor valfrihet och hög konkurrens uppnås betydligt mer kostnadseffektivt genom att använda sig av fyra fiber (FTTH-A) till varje lägenhet, vilket vi rekommenderar och beskriver längre fram.

### ***För- och nackdelar***

FTTH-S medger i stort sett obegränsad bandbredd. I princip kan i framtiden flera terabyte (miljoner Mb/s) överföras på en optisk fiber. Det finns dock ett antal andra fördelar.

Till skillnad från FTTB-modellen, där operatören behöver placera aktiv utrustning i en fastighets källare (kostnaden för detta är i stort sätt oberoende av hur många kunder operatören får i fastigheten), kan i FTTH-modellen utrustningen användas för att nå kunder i olika fastigheter varför optimeringen kan göras maximalt. Genom att koncentrera sin utrustning i nod:erna, i stället för att ha utrustning i varje fastighet där operatören har kunder i, får operatörer flera fördelar så som högre säkerhet, ökat livslängd för utrustning samt minskad energiförbrukning<sup>2</sup> och driftstörningar. Detta då nod:erna har en kontrollerad miljö (temperatur och luftfuktighet), möjlighet till reservkraft, är kontinuerligt övervakade, tillåter fysisk tillgång endast till behöriga personer etc. Dessutom minskar detta kostnader för utrustningens reparation och underhåll om operatören kan hantera all sin utrustning och alla sina kunder i ett område från en och samma plats (kortare ledtider och optimering av resande/transporter), samtidigt som fastighetsägaren slipper se till att operatören kommer in i fastigheten varje gång den behöver hantera sin utrustning. Dessutom har operatörerna lättare att eskalera upp sin verksamhet när man får fler kunder. Då flera fastigheter nås från varje nod blir det enklare och ekonomiskt möjligt att erbjuda enskilda hushåll i en fastighet sina tjänster.

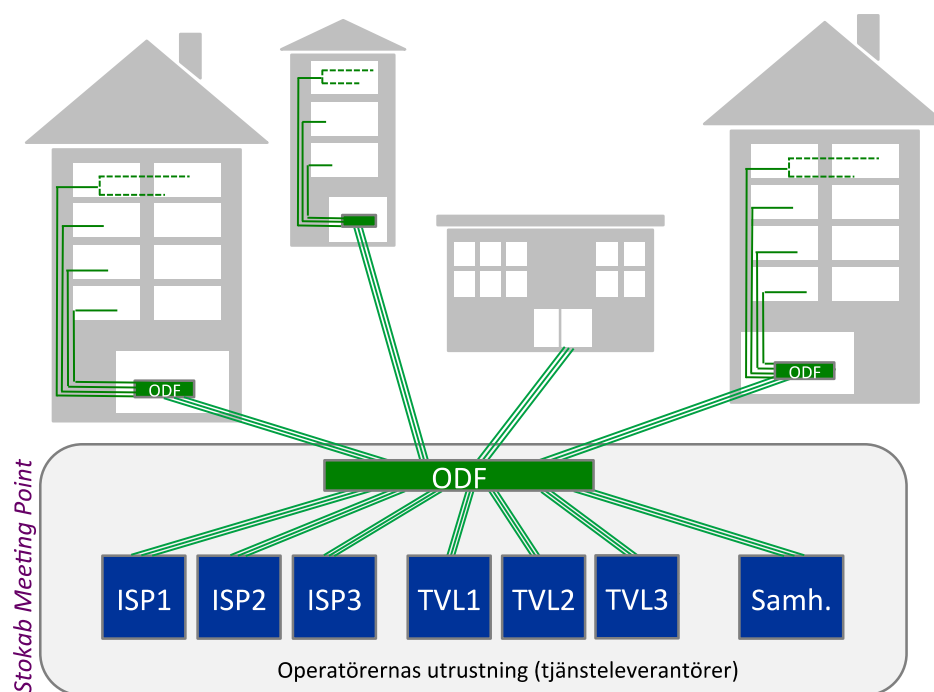
Ökad valfrihet för hushåll är självklart positiv men det betyder också ökat komplexitet för operatörerna med behov av enskilda, och över tid, utspridda fiberomkopplingar. Å andra sidan går sådant snabbare att hantera då all omkoppling mellan operatör och kund sker i nod:en (i FTTB behöver operatören komma in i den fastighet som kunden befinner sig i).

---

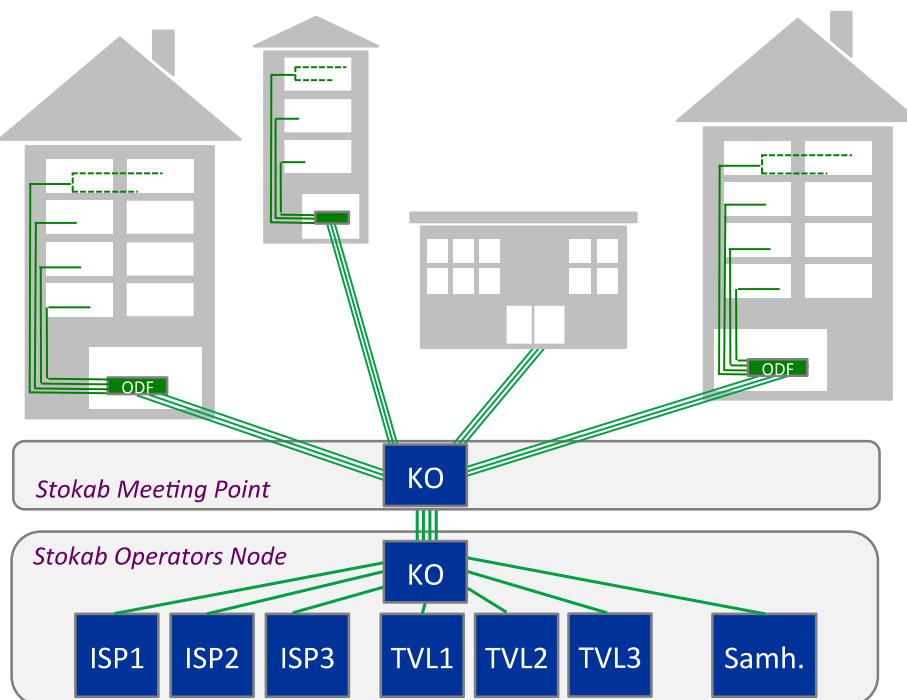
<sup>2</sup> Fast del av denna kostnad är ofta buren av fastighetsägare i dagsläget, då utrustningen placeras i fastighetens källare.

Möjligheten att leverera samhällstjänster underlättas markant i FTTH-modellen, då vissa tjänster för detta antingen kräver mycket hög kvalitet i form av kapacitet med minimal fördröjning och/eller är av känslig karaktär och därför inte lämpar sig att gå i okontrollerade nät. Genom FTTH-x kopplat till det nod-system som finns i Stockholm, kan den huvudman som ska leverera samhällstjänst till en boende placera sin aktiva utrustning i nod:en och sedan via fibern (FTTH-x) nå hushållet oavsett vilken operatör som fastigheten/hushållen har valt. Därmed kan en säker och kontrollerad förbindelse upprättas snabbt och till låg kostnad.

Till nackdelarna med FTTH-modellen är behovet av strömmatning till mediakonverteraren i lägenheten och att investeringen i ett fibernät i en fastighet, för närvarande, kan vara något högre än datanät (CAT5/6) som används i FTTB-modellen. Tidsåtgången för installation av fibernät kan bli något längre på grund av att fiber är känsligare att hantera än datanätskablar.



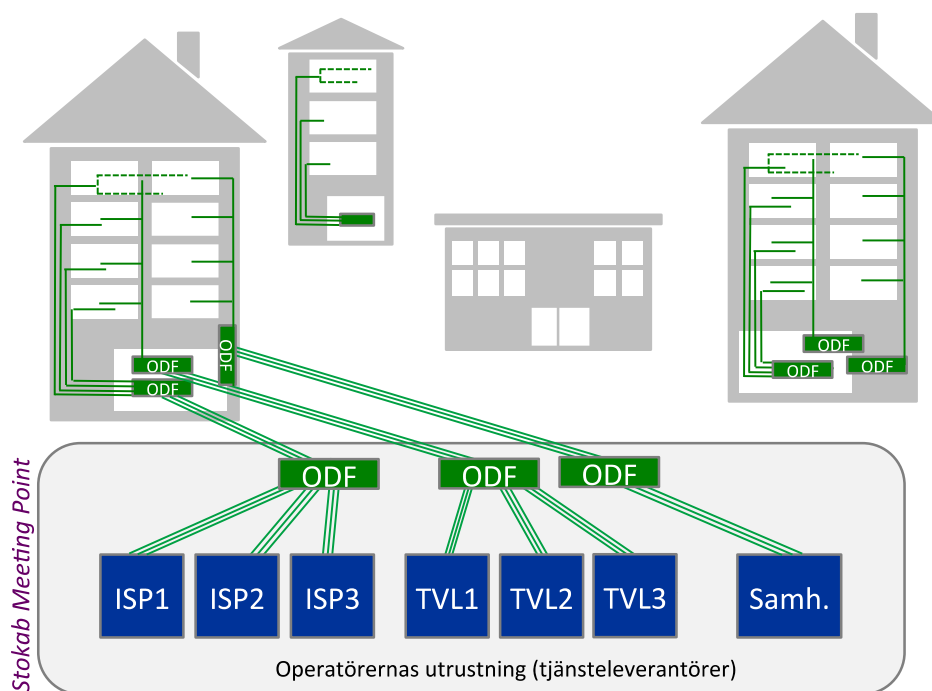
**Figur 2 - FTTH modell utan KO. I grön: fibrer och annat passiv optisk utrustning, i blå: elektronisk och opto-elektrisk utrustning. För illustreringsenkelhet, är varje våning en lägenhet i figuren. ISP: Internet tjänsteleverantör (Internet Service Provider), TVL: TV leverantör, Samh.: Samhällstjänst, ODF: Optical Distribution Frame (där fibrer utifrån kopplas till fibrer inne i en byggnad, lokal, etc.)**



Figur 3 - FTTH modell med KO. I grön: fibrer och annat passiv optisk utrustning, i blå: elektronisk och opto-elektrisk utrustning. För illustreringsenkelhet, är varje våning en lägenhet i figuren. ISP: Internet tjänsteleverantör (Internet Service Provider), TVL: TV leverantör, Samh.: Samhällstjänst, ODF: Optical Distribution Frame (där fibrer utifrån kopplas till fibrer inne i en byggnad, lokal, etc.)

### 4.3 FTTH-A (Fiber till hemmet – advancedlösning)

I FTTH-A varianten dras flera fiber (t ex fyra) till varje lägenhet. Första fibern kan då användas för att leverera Internettjänst, andra fibern för att leverera TV, tredje för att leverera samhällstjänster, och slutligen en reservfiber, t ex för fastighetstjänster, eller mobilsignaler eller en kombination av dem. Alla fiber till en lägenhet skulle då kunna dras i samma kanalisation. Detta ger möjlighet att leverera andra tjänster än Internet i full konkurrens, utan att behöva KO rollen.



**Figur 4 - FTTH modell med fler fibrer per hem (tre i denna figur, i själva verket skulle alla fibrer till en lägenhet kunna dras i en och samma kabel). För enkelhets skull visas bara fiberkopplingar till en fastighet. I grön: fibrer och annat passiv optisk utrustning, i blå: elektronisk och optoelektrisk utrustning. För illustreringsenkelhet, är varje våning en lägenhet i figuren. ISP: Internet tjänsteleverantör (Internet Service Provider), TVL: TV leverantör, Samh.: Samhällstjänst, ODF: Optical Distribution Frame (där fibrer utifrån kopplas till fibrer inne i en byggnad, lokal, etc.)**

Den viktigaste fördelen med denna modell jämfört med FTTH-S är en än bättre valfrihet för slutanvändare.

FTTH-A löser flera utmaningar än vad FTTH-S gör:

- Fastighetsägare har skyldighet att se till att alla boende har tillgång till TV.
- Fastighetsägare och/eller energileverantörer kommer troligen vilja kunna övervaka, styra och reglera olika saker i realtid i en lägenhet, exempelvis värmen.
- De boende kommer också vara intresserade av att övervaka, styra och reglera saker i sitt hem.
- Även mobiloperatörernas inomhusäckning kommer att behöva förstärkas.

Möjligheten att klara dessa utmaningar underlättas om fiberfastighetsnätet byggs med fler fiber än två till varje lägenhet/lokal. Till exempel ges fastighetsägare goda förutsättningar, genom att använda en av de fyra fibrerna, att sköta drift, skötsel och övervakning av fastigheterna på ett effektivt och miljösamt sätt. Idag finns många olika system och tjänster för fastighetsrelaterade tjänster, men som i princip alla kopplar upp sig var och en för sig. Med en fiberansluten fastighet kan kommunikationsbehovet ske samlat och effektivt samtidigt som helt andra kapacitetskrävande tjänster möjliggörs.

Med fiberanslutning, som fastighetsägaren kontrollerar, kan även exempelvis fastighetsförvaltarens intranät göras tillgängligt i fastigheten. Därmed kan fastighetstekniker och annan personal ha full tillgång till den information och de tjänster som finns tillgängliga på förvaltningskontoret. En fastighetsägare kan då upphandla tjänster utan att vara beroende av någon specifik operatörs egna tjänster. Om en operatör i stället kontrollerar fibern riskerar fastighetsägaren att vara beroende av operatörens egna tjänster och/eller att operatören garanterar kvaliteten för andra tjänsteleverantörer i nätet, så kallade OTT-tjänster.

En nackdel är att Stokabs så kallade husnod, ODF (anslutningspunkt) i fastighetens källare, är förberedd för inomhusnät med två fiber (FTTH-S). Om nät med fyra fiber (FTTH-A) installeras behövs en kompletterande ODF införskaffas och monteras i närheten av husnoden. Detta medför en merkostnad.



## 5 Jämförelse mellan FTTB och FTTH lösningar

### 5.1 Investeringskostnad

För att kunna beräkna investeringskostnaden måste den delas upp i själva nätkostnaden, installationskostnaden och kostnaden för utrustning. En FTTH lösning kräver installation av fibernät i fastigheten. Skillnad i kostnad för installation av ett fastighetsnät kommer från det faktum att fiberkablar måste hanteras något mer försiktigt. Kanalisation och materialkostnader är jämförbara. Idag är skillnaden i installationskostnad inte stor mellan koppar (FTTB) och fiber (FTTH) och lär minska ytterligare med tiden<sup>3</sup>. Å andra sidan, om ett kopparnät (CAT5 eller CAT6) redan finns förlagt i kanalisation, kan detta ersättas med fiber, genom att dra ut kopparkablarna och blåsa in fiberkablar. Denna operation är inte särskilt kostsamt.

FTTH lösningen med fyra fibrer till varje lägenhet skulle innebära högre installationskostnader på grund av ökat komplexitet, främst i form av en extra ODF i källaren. Komplexiteten kan dock behållas låg med quad-kablar (dvs en kabel med fyra fibrer till varje lägenhet). Den ökade komplexiteten i hanteringen av fibrerna i ODF:erna kan bidra till en kostnadsökning. Hanteringen av de fyra fibrer i lägenheten behöver däremot inte medföra ökad komplexitet då folk är vana med olika kablar och portar för olika tjänster (TV, telefoni, bredband).

### 5.2 Driftskostnad, energiförbrukning och footprint

I bedömningen av skillnaden mellan FTTB och FTTH-x behövs även analys av driftskostnaden, energiförbrukningen och det klimatavtryck respektive modell ger, det vill säga hur kostnadseffektiv och miljösamt respektive modell är. Kostnaden per Mbit/s bör också beaktas i sammanhanget.

Här har vi koncentrerat oss på att enbart titta på kostnaden avseende Internettjänsten. Som vi tidigare beskrivit (och som visas i figur 5) kräver FTTB att minst en switch/router (antal beroende på hur många lägenheter/lokaler det finns i fastigheten) placeras i källaren där fastigheten är ansluten med fiber. Därmed ger det en ökad driftskostnad och energi-förbrukning.

---

<sup>3</sup> Till exempel, minskades kostnad för lägenhetsnät från 10 000 kronor till mindre än 3000 kronor mellan 2005 och 2010.

- Energiförbrukning i moderna switchar kan vara relativt låg. En enkel kalkyl baserad på siffror från OASE projektet<sup>4</sup> samt siffror från tillverkare<sup>5</sup> visar att varje användare (hushåll) ökar energiförbrukningen i switchen med ett par watt, förmodligen några tiotals kWh, eller några tiotals kronor per år och aktiv användare.
- Den extra switchen innebär också en inköps- och installationskostnad (några hundralappar per slutanvändare, eller något under 100 kronor per år och aktiv användare om man amorterar på 5 år).
- FTTB leder också till ökade underhållskostnader, både för utrustningen i sig och på grund av att den ligger i källaren i fastigheten. Det gör det tidsödande att komma åt utrustningen och driftsmiljön är i princip aldrig anpassad för kommunikations-utrustning. I FTTH-x-modellen ligger all utrustning i en och samma lokal, en lokal som operatörerna kan nå dygnet runt året om. Från en sådan nod finns utrustning som kan serva kunder i flera kvarter.
- Å andra sidan innebär FTTH lösningen en mediakonverterare i lägenheten. Detta innebär utrustning som inte behövs i FTTB lösningen. Kostnaden för detta är svår att uppskatta för att det beror på många faktorer (t ex man ska nog integrera detta med routern och wifi i en hemma-gateway). Förmodligen några hundralappar, så detta skulle neutralisera FTTB högre kostnad på grund av den extra switch. När det gäller energiförbrukning, skulle mediakonverterare nog använda högre energi per användare än switchen.

När det gäller footprint, det finns två huvudskillnader:

- FTTH behöver bara en ODF i fastighetens källare, vilket kräver något mindre plats än switch.
- Extra utrustning kan behövas i lägenheten för FTTH.

*Figur 5 – Jämförelse mellan FTTH när det gäller utrustning som behövs i accessnoden samt fastigheten. I grön: fibrer och annat passiv optisk utrustning, i blå: elektronisk och opto-elektrisk utrustning. Blå lådorna är switchar och router, prickarna är portar. För illustreringsenkelhet, är varje våning en lägenhet i figuren. ISP: Internet tjänsteleverantör (Internet Service Provider), TVL: TV leverantör, Samh.: Samhällstjänst, ODF: Optical Distribution Frame (där fibrer utifrån kopplas till fibrer inne i en byggnad, lokal, etc.)*

### 5.3 Footprint

Det är svårt att avgöra vilken modell ger mindre footprint/"klimatavtryck". I princip är FTTH-x-modellen mer miljövänlig, då switchen/routern som kopplas till respektive lägenhet placeras i närmaste nod (se diskussionen om energiförbrukning ovan). Användningen av switchen kan optimeras då den kan

---

<sup>4</sup> IST-OASE project, Deliverable 4.2, *Technical Assessment and Comparison of Next-Generation Optical Access System Concepts*, 2013.

<sup>5</sup> www.cisco.com

användas för kunder oavsett vilken fastighet de befinner sig i. Å andra sidan kräver FTTH en mediakonverterare, vilket innebär en viss energiförbrukningen som inte uppstår med FTTB. I dagens mediakonverterare kan denna vara högre än energibesparingen från mer effektiva switchar. Man kan dock förvänta sig att ökad integration med annan hemutrustning på sikt kommer att ändra på detta.

FTTH är mer miljövänlig i andra aspekter. Då driftsmiljön är optimerad för kommunikationsutrustning (switchar/routrar) blir livslängden för utrustningen längre. Samtidigt kan den värme som kommunikationsutrustningen alstrar tas tillvara och användas. Man kan också förväntas att operatörernas behov av transport minskar då flera switchar finns samlade på en specifik plats.

## 5.4 Prestanda, kvalitet och valfrihet

De olika modellerna skiljer sig också i fråga om prestanda/kapacitet, kvalitet och valfrihet/konkurrens.

- **Prestanda/kapacitet.** För nyinstallerade FTTH-nät använder operatörerna nästan alltid switchar som ger 1 Gbit/s både ner- och uppströms. Äldre switchar ger 100 Mbit/s ner- och uppströms, men de går lätt att uppgradera till 1 000 Mbit/s. FTTB förutsätter datanät till respektive hushåll. Sådana nät (CAT5/6) klarar bara under gynnsamma förhållanden 1 Gbit/s. Hastighet om 100 Mbit/s ner- och uppströms är inga problem. Signalfördröjningar (delay) är något lägre i FTTH-näten jämfört med FTTB. Ser man några år framåt kommer hushållens behov av mer än 100 Mbit/s öka markant. Därför är FTTH prestandamässigt klart mer framtidssäkert än FTTB.
- **Kvalité.** FTTH utsätts för mindre avbrottsstid i nätverket (*outage*) och snabbare service för operatörerna, eftersom all nödvändig aktiv utrustning (switchar/routrar) finns placerade i få specialanpassade och lättillgängliga lokaler. Dessutom är "trängseln" i nätet (*contention*) vid leveransen av tjänster mindre i FTTH än i FTTB.
- **Valfrihet/konkurrens.** Sammanfattningsvis kan man säga:
- FTTB förutsätter att alla i fastigheten köper tjänster från samma operatör, direkt eller indirekt genom hyresavgift/månadsavgift till fastighetsägaren. Därmed är valfriheten låg. Om en kommunikationsoperatör väljs ökar hushållens valfrihet något.
- FTTH-S, med två fiber till varje lägenhet, blir valfriheten stor. Dels för att det den andra, oanvända fibern, kan användas av konkurrerande operatör, dels att kopplingen direkt till närmsta nod möjliggör en marknadsplats så att varje enskild hushåll kan välja den/de operatörer som finns i nod:en oberoende av vad andra hushåll i fastigheten väljer.
- FTTH-A, med fyra fiber till varje lägenhet, blir valfriheten mycket stor. Förutom konkurrens mellan två operatörer/tjänster, kan många saker tillgodoses samtidigt. Konkurrens mellan operatörer, möjlighet att

leverera samhällstjänster (exempelvis sjukvård på distans), möjlighet till miljöoptimering i lägenheten genom att övervaka, mäta och styra saker i realtid, exempelvis värme, leverera TV (must carrier), och garantera inomhustäckning för mobilnäten.

## 5.5 Samhällstjänster

När det gäller möjligheten att leverera så kallade samhällstjänster, exempelvis sjukvård på distans, är för- och nackdelarna i princip desamma som för frågan om valfrihet. Många samhällstjänster kräver en säker- och stabil uppkoppling med hög kapacitet. Exempelvis är det vid intrimningen av medicineringen för parkinsonpatient oerhört viktigt att kunna garantera att videokonferensen inte störs eller är behäftade med fördröjning/"ryckighet".

- Med FTTB blir leverans av samhällstjänster en utmaning då dessa tjänster blir tvingade att levereras som OTT-tjänst (over-the-top). Därmed måste leverantören av samhällstjänsten förlita sig på att operatören (eller kommunikationsoperatören) inte prioriterar ner dess kommunikation till förmån för någon av operatörens egna tjänster.
- Med FTTH-S, med två fiber till varje lägenhet, kan den andra, oanvända fibern, användas för samhällstjänster, oavsett om hushållet och/eller fastigheten låter någon operatör trafikera den första fibern.
- FTTH-A, med fyra fiber till varje lägenhet, blir det enkelt att leverera samhällstjänster då sannolikheten att en av de fyra fibrerna kan avvaras för detta är mycket stor.

Möjligheten att kunna använda sig av samhällstjänster är viktig för att bland annat klara de utmaningar välfärden står inför i och med en allt äldre befolkning. I en nyligen publicerad studie<sup>6</sup> har vi djupare analyserat Västerås stads omfattande försök med så kallade e-hemtjänst. Vinsterna med att ha denna möjlighet är mycket stor för alla inblandade parter.

---

<sup>6</sup> M. Forzati och C. Mattsson, "Effekter av digitala tjänster för äldreomsorg: En ekonomisk studie", Acteo dokument nr acr057005, Stockholm 2014.

## 6 Slutsatser och rekommendation

Det kommer vara oundvikligt att förr eller senare gå över till FTTH för att klara de kapacitetskrav som kommer. Med FTTH ökar valfriheten och konkurrensen, möjligheten att leverera samhällstjänster, och hantera andra utmaningar som miljösmartare drift av fastigheter och mobilnätstäckning.

Utifrån en mängd olika aspekter rekommenderar vi att FTTH används med fyra fiber till varje lägenhet (i rapporten beskriven som FTTH-A). Denna modell är möjlig att använda i Stockholm där Stokab, Stockholms stads IT-infrastrukturbolag, har anslutit i stort sett alla flerfamiljsfastigheter med en mångfiberlösning. Denna anslutningsmetod möjliggör FTTH-x medan fastigheter som är anslutna med bara ett fåtal fiber endast möjliggör FTTB.

Det finns en konstaterad ökad användning av så kallade OTT-tjänster (over-the-top) som Netflix, SVT-play, Spotify, Readly etc. samtidigt som allt färre tittar på så kallad linjär-TV (traditionell TV). Detta leder till ett större behov av Internet-tjänst (bredband) av hög kvalitet. Om denna process accelererar, och om Internet går från att vara best-effort till att kunna leverera kontrollerbar Quality-of-Service, kan man tänka sig en framtid där själva ISP (den operatör som levererar tjänsten Internet) tar över rollen från kommunikationsoperatören som möjliggörare av valfrihet. Detta skulle kunna påverka behovet av antal fiber till varje lägenhet. Det är dock tveksamt att det scenariot kommer att uppstå inom den närmaste tiden. TV-vanor ändras långsamt, och QoS på Internet-protokollet är ett väldigt komplext ämne som inte lär lösas den närmaste tiden. Fler fiber till en lägenhet är dock viktigt för att hantera andra utmaningar som samhällstjänster, bättre inomhustäckning för mobilnäten och möjlighet att optimera energiförbrukning.

En förutsättning för att FTTH-x ska realiseras är att fastighetsägaren bygger ett fiberfastighetsnät, helst med fyra fiber per lägenhet/lokal. Vår rekommendation till fastighetsägare i Stockholm är:

- Bygg ett fiberfastighetsnät med fyra fiber till varje lägenhet/lokal.
- Ställ krav på att den operatör som upphandlas placerar sin aktiva utrustning i den nod till vilken fastigheten är ansluten.
- Ställ krav på att den operatör som upphandlas använder sig av FTTH-x och inte FTTB-modellen.
- Tillåt bara att den första fibern få användas av den upphandlade operatören så att de boende har möjlighet att välja andra leverantörer via den/de andra fibern/fibrerna.
- Bygg fastighetsnätet så att det även möjliggör effektiv drift av själva fastigheten, dvs dra nätet även till de för fastigheten viktiga lokalerna, exempelvis soprum, cykelrum, el-central etc.