

# Bredbåndskapacitetskrav i accesnettet, en analyse af bredbåndsbehov i Danmark i et 2020 perspektiv

Morten Falch, Anders Henten, Knud Erik Skouby, Reza Tadayoni



**CMI Working Paper no. 1:**

Morten Falch, Anders Henten, Knud Erik Skouby, Reza Tadayoni (2013) *Bredbåndskapacitetskrav i accesnettet, en analyse af bredbåndsbehov i Danmark i et 2020 perspektiv*. AAU, Copenhagen

ISBN: 978-87-7152-014-9

**Published by:**

center for Communication, Media and Information technologies (CMI)

Department of Electronic Systems,

Aalborg University Copenhagen,

A.C. Meyers Vænge 15,

DK-2450 Copenhagen SV

Tel +45 99403661

E-mail [cmi@cmi.aau.dk](mailto:cmi@cmi.aau.dk)

URL <http://www.cmi.aau.dk>

CMI Working Papers provide a means of early dissemination of completed research, summaries of the current state of knowledge in an area, or analyses of timely issues of public policy. They provide a basis for discussion and debate after research is completed, but generally before it is published in the professional literature.

CMI Papers are authored by CMI researchers, visitors and participants in CMI conferences, workshops and seminars, as well as colleagues working with CMI in its international network. Papers are refereed before publication. For additional information, contact the editors.

Editor: Anders Henten, co-editor: Jannick Sørensen

---

# Bredbåndskapacitetskrav i accesnettet, en analyse af bredbåndsbehov i Danmark i et 2020 perspektiv

---

## Forord

---

*Dette notat om båndbreddekrav er skrevet af Morten Falch, Anders Henten, Knud Erik Skouby og Reza Tadayoni fra center for Communication, Media and Information technologies (CMI) på Aalborg Universitet i København i november og december 2012. Notatet er skrevet på baggrund af en henvendelse fra TDC med særlig henblik på de diskussioner, som finder sted omkring dækning og kapacitet i bredbåndsnettene.*

*Der er en stående diskussion om kravene til udbygningen af bredbåndsnettene med TDC som en af de centrale deltagere. Notatet omhandler et felt med stærke og divergerende opfattelser og interesser. Notatets mål er at fremlægge et realistisk bud på båndbreddebehov for private brugere og små og mellemstore virksomheder frem til 2020 i lyset af den teknologiske udvikling.*

## Contents

Sammenfatning .....	4
1. Indledning .....	7
2. Undersøgelser af behov for bredbåndskapacitet .....	10
3. Udvikling i udbud og efterspørgsel .....	15
4. Kapacitetskrævende anvendelser .....	23
Triple play tjenester .....	23
TV .....	23
Telefoni .....	24
Internet .....	24
Video .....	25
Kodning .....	25
Kapacitetskravene for video .....	27
Udvikling i streaming tjenester over tid .....	29
Download .....	30
Forskellige applikationers downstream kapacitetskrav .....	31
TV / streaming video: .....	31
Telefoni/Video telefoni: .....	31
Internet-tjenester .....	31
Symmetri .....	32
Kommunikative Tjenester .....	33
Upload .....	33
Smart devices og deres rolle .....	34
Forskellige applikationers upstream kapacitetskrav .....	34
Scenarier .....	35
Residential .....	35
SMV'er .....	36
Byggevirkosomhed - Arkitekt .....	36
5. Bredbåndsteknologier .....	37
xDSL .....	38
Kabel-tv .....	39
Fiber .....	40
Mobilt bredbånd .....	40

6. Konklusion .....	43
Referencer .....	44

## Sammenfatning

Formålet med notatet er at fremlægge og diskutere materiale, som kan belyse behovet for bredbåndskapacitet i access-nettene frem til 2020. I notatets indledning er rammerne for notatet præciseret – herunder at det drejer sig om både husholdninger og SMV'er; at det forudsættes, at al elektronisk kommunikation foregår via Internet/IP-net og at dedikerede broadcast-net (terrestrisk, kabel eller satellit) ikke spiller nogen rolle i denne forbindelse; at der fokuseres på behovene og ikke den faktiske efterspørgsel, hvor prisen er en vigtig parameter. Denne sidste præmis for notatet er vigtig at holde sig for øje. Det er i notatet valgt at fokusere på behovene, både fordi de er relevante i sig selv, og fordi de kan pege på karakteren af den fremtidige faktiske efterspørgsel. Men den faktiske efterspørgsel vil også afhænge af prisen.

Der anvendes generelt to væsensforskellige metoder i undersøgelser af fremtidige bredbåndsbehov: Enten fremskrivninger af den udbudte kapacitet på basis af mere eller mindre empirisk baserede 'lovmæssigheder', eksempelvis Moores 'lov' eller Niensens 'lov'; eller scenariebaserede analyser, hvor eksempler på husholdningers eller virksomheders kombinerede behov for forskellige typer anvendelser sammenstilles inkluderende fremskrivninger, både af nye tjenester og i nogle tilfælde nye kodningsteknologier. Set fra en økonomisk synsvinkel er den ene metodetilgang udbudsorienteret og den anden efterspørgselsorienteret. Vi refererer i notatet til undersøgelser, som har anvendt en udbudsorienteret tilgang, men har valgt at prioritere en behovs- og efterspørgselsorienteret tilgang.

Der findes rent faktisk ikke mange offentligt tilgængelige undersøgelser af fremtidige behov for bredbåndskapacitet. Teleselskaber foretager analyser, som de baserer deres fremtidige udbud på, men de offentliggøres kun i begrænset omfang. I dette notat har vi valgt at referere de konsulentrapporter, som har spillet en rolle i den hidtidige offentlige debat i Danmark, og vi har endvidere refereret enkelte artikler fra den mere stringente videnskabelige litteratur. Den overordnede konklusion fra disse forskellige bidrag er relativt enslydende, at hvis man opstiller et maksimum-scenarie, hvor alle medlemmer i en husholdning samtidig anvender en bred vifte af de mest kapacitetskrævende tjenesteydelser, vil downstream-behovet ligge omkring 100 Mbps i 2020. Man kan diskutere, hvor realistiske sådanne maksimum-scenarier er. Men de antages at angive en øvre grænse. Det skal her bemærkes, at der generelt fokuseres på downstream kapaciteten. I notatet diskuterer vi også upstream-behovet.

I notatet ses der også på den aktuelle bredbåndskapacitet i Danmark og enkelte andre lande, som Danmark sammenligner sig med i bredbåndsmæssig sammenhæng. Med hensyn til udbredelse af bredbånd står Danmark særdeles pænt i internationale statistikker (aktuelt nr. 3 i OECD's bredbåndsstatisik), men det siges gerne, at hvad angår båndbredde ligger Danmark noget tilbage. Ved sådanne sammenligninger er det dog vigtigt at præcisere, hvad det er der sammenlignes. I forbindelse med bredbåndshastighed skelnes i dette notat mellem den markedsførte, den reelt opnåelige, den efterspurgt og den faktisk anvendte hastighed.

Den markedsførte hastighed er gerne højere end den reelt opnåelige. Dog kommer dette an på, hvad det er der måles. De forskellige hastighedsmålere, der findes på nettet (eksempelvis hos TDC eller borger.itst.dk), måler på forskellige strækninger på Internettet. Der kan også være tale om særlige undersøgelser alene af access-nettene - eksempelvis i en refereret FCC-undersøgelse (FCC, 2011). Men det generelle billede er, at markedsførte hastigheder er højere end de reelt opnåelige. Der er lande (bl.a. Japan og Sverige), hvor der

findes langt højere markedsførte hastigheder end det, man kan finde i Danmark, men forskellen er væsentlig mindre, når det drejer sig om de reelt opnåelige hastigheder.

Hvad angår den efterspurgte hastighed er den ligeledes generelt lavere end den tilgængelige hastighed. I den seneste bredbåndskortlægning fra Erhvervsstyrelsen (2012) havde 65 % af husstande og virksomheder i Danmark i 2012 adgang til en bredbåndsforbindelse på mindst 100 Mbps. Men der var kun 0,7 % af bredbåndsabonnenterne, der faktisk abonnerede på en forbindelse på 100 Mbps eller mere. Med hensyn til den faktisk anvendte hastighed, er dette et komplekst spørgsmål. Hvis man ser på det gennemsnitlige forbrug per abonnent i eksempelvis TDC's net, var det i slutningen af 2012 beskedne ca. 130 kbps downstream. Dette svarer ganske godt til lignende forbrugstal fra andre lande. Men spørgsmålet er, hvad sådanne tal udtrykker. De kan bruges til at dimensionere transportnettene, men for den enkelte kunde består trafikken af 'klumper', f.eks. når en video streames eller downloades. Kapacitetskravet vil derfor være væsentligt højere end det gennemsnitlige forbrug.

For at undersøge disse 'klumper' er der i notatet en gennemgang af de krav, forskellige serviceydelser og anvendelser stiller. Den primære fokus er på videoindhold, eftersom det er den type indhold, som stiller de største krav til båndbredden, og de største krav stilles ligeledes af videoteknologier, som i de kommende år vil være på vej frem: Ultra HDTV og 3D TV. Der er imidlertid forskellige behovstyper knyttet til videoindhold; det kan enten streames eller downloades, hvor streaming af forskellige videokvaliteter kræver forskellige på forhånd fastlagte båndbredder, mens der ved downloading er tale om forskellig kvalitet, idet hurtigere forbindelser giver hurtigere download.

Kodning behandles også i notatet. Ofte overses kodning, når der skal laves fremskrivninger af båndbreddekrav. Der kommer kontinuerligt nye og bedre kodningsteknologier på markedet, som reducerer den båndbredde, som transmission af et givet videoindhold kræver.

I notatet gennemgås båndbreddekrav for en lang række forskellige serviceydelser og anvendelser. Det skal i den forbindelse bemærkes, at hvor båndbreddekravene fra enkeltstående ydelser som eksempelvis browsing eller musik-streaming kan angives indenfor relativt stramme rammer, så kan variationen være lagt større med hensyn til anvendelser så som e-læring eller e-sundhed. Her kan der både være tale om anvendelser, som næsten ikke kræver nogen kapacitet, og andre anvendelser som kræver omkring 100 Mbps. Det skal også bemærkes, at selvom eksempelvis web-browsing ikke kræver særlig stor kapacitet, når man først er inde på en webside, så er den hastighed hvormed siden kommer frem på skærmen afhængig af den båndbredde, man har til rådighed. Det skal endvidere noteres, at hvor upstream-kravene hidtil har været væsentlig mindre end downstream-kravene, vil der i de kommende år være stigende krav til upstream-kapaciteten primært på grund af fremvækst af cloud-teknologier og brugergenereret indhold.. Dog vil der fortsat være forskel på downstream og upstream bl.a. på grund af den centrale rolle, som video-broadcast spiller.

På basis af de fremlagte estimater for båndbreddekrav opstilles der i notatet enkelte scenarier for forskellige typer husholdninger og forskellige slags SMV'er. Scenarierne skelner bl.a. mellem et scenarie for en husstand benævnt 'ekstrem', hvor downstream -behovet er 40-130 Mbps og upstream-behovet er 10 Mbps, og en 'normal' husstand, hvor upstream-behovet også er 10 Mbps, men hvor downstream-behovet er 30-70 Mbps. For SMV'ers vedkommende er hovedkonklusionen, at deres båndbreddekrav i de fleste tilfælde ikke adskiller sig væsentligt fra en husstand med stort kapacitetsbehov. Der kan være kæmpestore

variationer mellem forskellige virksomhedsområder, men som for husstandenes vedkommende er det video-indholdet, der driver kapacitetsbehovet.

De kapacitetsbehov, vi har kunnet identificere i dette notat, er således ikke substantielt forskellige fra de behov, som er estimeret i de rapporter og videnskabelige papirer, som er refereret i notatets afsnit 2. Downstream-behovet vil i 2020 ligge på op til ca. 100 Mbps, mens upstream-behovet vil være ca. 10 Mbps. Et væsentligt spørgsmål er, hvordan disse behov kan realiseres teknologisk set. Allerede i 2012 var 100 Mbps downstream tilgængelig for 65 % af husstande og virksomheder i Danmark. Den hastige vækst i tilgængeligheden af 100 Mbps skyldes i høj grad anvendelsen af ny teknologi på kabelnettene. I 2020 vil en blanding af andre teknologier som DSL, fiber og især mobil/ LTE spille en vigtig rolle.



## 1. Indledning

Formålet med dette notat er at fremlægge og diskutere materiale, som kan belyse behovet for bredbåndskapacitet i access-nettene frem til 2020. I forbindelse med offentliggørelsen af Højhastighedskomiteens rapport i 2010, 'Danmark som højhastighedssamfund'<sup>1</sup>, fremlagde regeringen det mål, at alle husstande og virksomheder i 2020 skal have adgang til mindst 100 Mbps. På politisk niveau og i pressen diskuteres det, hvordan dette mål kan nås, og formålet med indeværende notat er at bidrage med elementer til et realistisk grundlag for en sådan diskussion i form af en undersøgelse af bredbåndsbehovet i de kommende år. Rapporten henvender sig således til administrative og politiske beslutningstagere og andre med interesse i kapacitetsbehovene og de krav, de stiller, til infrastrukturen.

Rammerne for notatet er flg.:

- Det er kapacitetsbehovene hos de private brugere og de små og mellemstore virksomheder (SMV'er), der behandles.
- Udgangspunktet er, at al digital kommunikation og transmission foregår over Internet og 'managed' IP-net, dvs. at eksempelvis også broadcast sendes over Internet/IP-net. Der tages ikke hensyn til andre transmissionsformer.
- Tidshorizonten er frem til 2020, hvilket i praksis betyder, at det drejer sig om de nuværende behov og de behov, som tegner sig for de nærmeste kommende år.
- Undersøgelsen omfatter kun de krav, som stilles til access-nettene.
- Der ses på kapacitetsbehovene både downstream<sup>2</sup> og upstream<sup>3</sup>.
- Notatet omhandler i princippet alle typer anvendelser, serviceydelser og applikationer, herunder underholdning, undervisning og sundhed, automatiske opdateringer, osv.
- Vægten i notatet ligger på behovs- og efterspørgselssiden. Men for at understøtte analysen behandles også kortfattet den teknologiske udvikling indenfor de forskellige access-teknologier, herunder mobile løsninger.
- Selv om det er klart, at omkostninger og priser spiller en stor rolle for både udbud og efterspørgsel, er disse forhold ikke medtaget i notatet.

Det er som nævnt kapacitetsbehovene hos de *private brugere og SMV'er*, der er i fokus. Der ses ikke på kapacitetskravene fra store virksomheder og institutioner. Sådanne virksomheder og institutioner indgår som regel særftaler med televirksomhederne. Hvad angår de private brugere, er de ikke nogen homogen gruppe, og i notatet ses der derfor på forskellige scenarier relateret til forskellige typer husstande. Dog er det i væsentlig grad den samme slags anvendelser, som kræver høj kapacitet i de forskellige husstandstyper. Hvad angår SMV'er, er det en meget mere forskelligartet kategori. Det gælder både størrelsesmæssigt og

---

<sup>1</sup> I april 2009 nedsatte Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling en Højhastighedskomite, som i 2010 fremlagde rapporten 'Danmark som højhastighedssamfund', IT & Telestyrelsen, 2010.

<sup>2</sup> Downstream er den hastighed, hvormed brugere kan hente data fra internettet. Downstream er bl.a. relevant, når husstande og virksomheder skal hente mails eller streamer film og musik. (Erhvervsstyrelsen 2012)

<sup>3</sup> Upstream er den hastighed, hvormed brugere kan sende data til andre brugere eller til servere på internettet. Upstreamkapacitet er af betydning, når brugere skal sende mail, uploade billeder og film, deltage i videokonferencer mv. (Erhvervsstyrelsen 2012)

mht. typer af anvendelse. Der kan eksempelvis være mindre virksomheder, som arbejder indenfor højteknologi med meget avancerede computermødelles, som kræver høj transmissionskapacitet. Men i sidste instans er det - som for private brugere - video-kommunikation, som kræver den største båndbredde. Kapacitetsbehovene hos SMV'er vil således i de fleste tilfælde ikke ligge over kapacitetsbehovene hos husstande, hvor flere forskellige videokommunikationsformer er i anvendelse samtidig. Den afgørende forskel mellem private husstande og SMV'er kan ligge i, at SMV'er kan have servere kørende, hvor mange kunder skal have adgang samtidig. Det er derfor ofte på upstream-siden, at SMV'er kan have større behov end private brugere.

Udgangspunktet er, at *al kommunikation foregår via Internet og 'managed' IP-net*. Broadcast foregår i dag overvejende via enten kabel-tv-net, satellit eller terrestrisk tv. Og selv om ingen af disse kanaler vil blive afskaffet inden 2020, er der i stigende grad tale om videokommunikation over Internet/IP-net. Dette gælder også broadcast. Derfor tages der i notatet ikke hensyn til den 'aflastning' af Internettet/IP-net, som andre transmissionsformer tilbyder.

*Tidshorisonten* er frem til 2020. 2020 er den tidshorisont, der for tiden oftest arbejdes med både på EU-plan i forbindelse med 'A Digital Agenda for Europe' (EC, 2010) og i Danmark, jvf. regeringens målsætning vedrørende mindst 100 Mbps i 2020. I realiteten drejer det sig om anvendelser, som vi ser på markedet i dag og i de nærmeste kommende år.

Notatet beskæftiger sig kun med *access-nettene*. Det skal bemærkes, at en for lille kapacitet også kan forekomme i andre dele af nettene, eksempelvis i de internationale Internet Exchanges. Men notatet koncentrerer sig om access-nettene.

Notatet undersøger kapacitetsbehovene både hvad angår *downstream og upstream*. Ofte er der kun fokus på downstream-kapaciteten, men der vil i stigende grad blive brug for større upstream-kapacitet både for private brugere, som anvender tovejs videokommunikation, og som anvender cloud-baserede tjenester, og hvad angår SMV'er, der som nævnt kan have behov for mange udadgående kommunikationskanaler.

Det er i princippet *alle typer anvendelser*, som undersøges. Men fokus vil ligge på de anvendelser, som kræver størst kapacitet. Det drejer sig først og fremmest om video-baserede applikationer, hvor både High Definition (HD) og 3D stiller stigende krav til båndbredden. Hvis det omhandler specifikke applikationer, som eksempelvis HDTV, er det muligt med god præcision at bestemme båndbreddekravet, men hvis der er tale om områder som e-health eller e-læring, afhænger det fuldstændig af, hvilke specifikke tjenester/applikationer, der er tale om. Det kan både dreje sig om applikationer, som kræver meget lille båndbredde, og applikationer som kræver stor båndbredde. De båndbreddekrævende applikationer vil gerne inkludere en eller anden form for video.

Vægten i notatet ligger på *behovs- og efterspørgselssiden*. Dog vil der også blive set på bredbåndsudbuddet i Danmark og eksempler fra enkelte andre lande. Desuden omtales status og udviklingsmuligheder for de forskellige access-teknologier, herunder mobile løsninger. Der er en lang tradition for publicering af forskning og udvikling indenfor forskellige access-teknologiers udviklingsmuligheder. Ligeledes er der stadig bedre international statistik vedr. udbudte båndbredder. Der er også god statistik vedrørende hvilke båndbredder, der efterspørges. Men behovene for bredbåndskapacitet er kun behandlet i mindre omfang i den eksisterende statistik. Her er det vigtigt at skelne mellem behov og efterspørgsel. Efterspørgsel er en

markedsbaseret term, som omhandler den faktiske efterspørgsel medieret af bl.a. priser. Behov derimod er en mere diffus term, som er uafhængig af prissætningen. Behov henviser til det, man godt kunne ønske sig eller har brug for. Men årsagen til, at det - på trods af den diffuse karakter - er vigtigt at se på behovet er, at behovet kan give en indikation af, hvordan den fremtidige faktiske efterspørgsel vil udvikle sig.

En anden præcisering, som kan være vigtig, er en skelnen mellem teoretisk kapacitet, den i praksis mulige kapacitet, den markedsførte kapacitet, den reelt opnåelige kapacitet, den efterspurgte kapacitet og den faktisk anvendte kapacitet. Det er ikke altid, at en sådan skelnen har en fremtrædende rolle i diskussioner af bredbåndsudviklingen, mens det ikke er ualmindeligt, at den markedsførte kapacitet overstiger den reelt opnåelige. Og den efterspurgte kapacitet ligger for de fleste brugere noget under den højeste markedsførte kapacitet.

I notatet behandles *omkostninger og pris* ikke - dette på trods af at omkostninger og pris af naturlige årsager er meget vigtige faktorer for bredbåndsudviklingen. Men formålet med at sætte behovet i centrum er at fokusere på udviklingen i de kommende år, uden at dette 'forurenes' af den aktuelle omkostnings- og prisstruktur.

Der er flere andre problemstillinger, som heller ikke behandles i notatet. Det drejer sig bl.a. om de politiske initiativer, der kan tages for at fremme bredbåndsudviklingen. Det drejer sig også om, hvorvidt det er efterspørgslen af tjenester og applikationer, som driver udbuddet af net-infrastruktur, eller hvorvidt det er den stigende kapacitet i nettene, som er grundlaget for udviklingen af båndbreddekrævende anvendelser. Sagen er, at der er en gensidig påvirkning. Efterspørgslen af tjenester og applikationer påvirker udbuddet, som videre påvirker efterspørgslen af kapacitet, som påvirker udbuddet af kapacitet. Og påvirkningen går også den anden vej – fra udbuddet af kapacitet til efterspørgslen af tjenester og applikationer.

I afsnit 2 ses der på publicerede undersøgelser af behovet for båndbredde. Sådanne undersøgelser udgør en del af grundlaget for notatets egne estimater og indgår i den endelige diskussion af behovet for båndbredde. Afsnit 3 vedrører den faktiske bredbåndsudvikling i Danmark, og der ses også på enkelte eksempler på lande, hvor fiber i access-nettene er længere fremme. Afsnit 4 behandler kapacitetskrævende anvendelser. Dette afsnit er det centrale i notatet, eftersom det undersøger de forskellige anvendelser og de krav, det stiller til bredbåndskapaciteten. Et underafsnit omhandler symmetriproblematikken, dvs. forholdet mellem down- og upstream-kapaciteten. Et andet underafsnit skitserer forskellige scenarier – især hvad angår behovet hos forskellige typer husstande. Endelig er der før opsummering og konklusion fokus på den bredbåndskapacitet, som forskellige access-teknologier stiller til rådighed med særlig vægt på mobile teknologier.

## 2. Undersøgelser af behov for bredbåndskapacitet

Overraskende nok findes der kun få undersøgelser af de fremtidige behov for bredbåndskapacitet. Der findes en del konsulentrapporter og mange websider, hvor kapacitetsbehovene i forbindelse med enkelte ydelser omtales, og kun få videnskabelige, mere stringente publikationer. I dansk sammenhæng blev der produceret og publiceret nogle undersøgelser i forbindelse med Højhastighedskomiteens arbejde i 2009<sup>4</sup>. Siden har der ikke været offentliggjort mere substantielle undersøgelser.

Som input til Højhastighedskomiteen udarbejdede Gartner Inc. en rapport med titlen 'Vurdering af fremtidens behov for bredbånd' (Gartner, 2009). Rapporten havde to formål: Undersøge 'behovet for bredbånd i år 2013 – og hvordan forventes behovet at udvikle sig frem til år 2020' samt en diskussion af 'hvor stor en del af fremtidens bredbåndsbehov markedet (kan) ventes at tilfredsstille'. (Gartner, 2009, s. 3). I indeværende notat er vi kun interesseret i det første spørgsmål, dvs. 'behovet' for bredbånd.

Gartner undersøger behovet fra to vinkler: Udbudssiden og efterspørgselssiden. På udbudssiden er metoden en fremskrivning af udbuddet af bredbånd på basis af det som kaldes Moores lov. Denne lov er baseret på en empirisk observeret udvikling af computers processorkraft og siger, at processorkraften fordobles hver 18. måned. Hvis dette overføres til bredbåndsområdet, betyder det, at hvis bredbåndsudbuddet (downstream) i 2008 i gennemsnit var 4 Mbps vil udbuddet gennemsnitligt være ca. 50 Mbps i 2013 og 1 Gbps i 2020 (Gartner, 2009, s. 6). Disse beregninger sammenstiller Gartner med en fremskrivning af teknologikapaciteten for henholdsvis DSL (ca. 50 Mbps), fiber (ca. 1 Gbps), kabel (ca. 150 Mbps) og LTE (ca. 100 Mbps) og konkluderer, at efter 2013 vil det kun være fiber, der kan levere den ifølge Moores lov fremskrevne bredbåndskapacitet.

På efterspørgselssiden diskuterer Gartner-rapporten først det, de kalder 'consumerization' af teknologier, hvilket i bredbåndssammenhæng betyder, at det i høj grad vil være de private forbrugere, som driver efterspørgslen af bredbånd. Selv om virksomheder efterspørger andre ydelser end private forbrugere, vil infrastrukturen ifølge Gartner være den samme, og båndbreddekravene vil ikke være større end hos de private brugere (Gartner, 2009, s. 10). Rapporten estimerer båndbreddekravet for en lang række ydelser, og det er i særlig grad tre områder, som vil drive behovet for bredbånd frem til 2020 ifølge Gartner: Applikationer med video i HD-kvalitet, Internetspil og SaaS (Software as a Service). Gartner estimerer, at video i 3D vil kræve en downstreamkapacitet på 300+ Mbps, at Internet spil vil kræve op til flere hundrede Mbps, og at SaaS vil stille krav om 200+ Mbps (Gartner, 2009, s. 11). Når disse tal sammenstilles med den fremskrevne teknologikapacitet for de forskellige bredbåndsteknologier, er konklusionen endnu engang, at kun fiber kan levere det, som kræves for at kunne levere sådanne ydelser.

Udover Moores lov nævner Gartner-rapporten også kort den mindre kendte Gilders lov. George Gilder er en amerikansk tekno-entusiast, som i modsætning til Moore specifikt har set på bredbåndsudviklingen og på den baggrund mener at kunne konkludere, at bredbåndshastigheden stiger med en faktor 3 per år – hvilket har vist sig at være ganske urealistisk. Man kan også nævne danske Jakob Nielsens lov, som siger, at den båndbredde, som avancerede brugere kan få adgang til, stiger 50 % per år. Gennemsnitlige brugere når først til samme niveau, som de avancerede brugere med 2-3 års forsinkelse. Jakob Nielsen er verdenskendt

---

<sup>4</sup> I april 2009 nedsatte Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling en Højhastighedskomite, som i 2010 fremlagde rapporten 'Danmark som højhastighedssamfund', IT & Telestyrelsen, 2010.

indenfor IT 'usability', men har også på basis af egne erfaringer med den båndbredde, han har kunnet købe, observeret, at denne stiger med 50 % om året – det er så blevet til Nielsens lov<sup>5</sup>.

I 2008 udarbejdede konsulentfirmaet Ventura for Fibre to the Home Council Europe, som er en organisation til fremme af investeringer i FTTH-netværk en rapport, 'Study to assess broadband bandwidth usage and key trends in Europe' (Ventura, 2008). Rapporten indgik på linje med Gartner-rapporten i Højhastighedskomiteens arbejde i 2009 og indeholder tre forskellige tilgange til bredbåndsproblematikken. Den første tilgang undersøger, om Nielsens lov er gældende for de lande, rapporten ser på. Den anden tilgang drejer sig om væksten i Internet-trafikken. Det tredje element omhandler den Internet-trafik, som genereres af henholdsvis fiber-brugere og ADSL-brugere.

Rapporten viser, at Nielsens lov i altovervejende grad gælder for de undersøgte lande i Europa. Sverige er dog gået noget hurtigere frem end Nielsens lov foreskriver. For United Kingdoms vedkommende siger Nielsens lov, at avancerede brugere i downstream vil have 100 Mbps til deres rådighed i 2015 og 1 Gbps i 2020 (Ventura, 2008, s. 10). For andre lande kan det gå hurtigere. Hvad angår væksten i Internet-trafikken går det ikke så stærkt som væksten i båndbredde. Ventura beregner, at Internet-trafikken for den gennemsnitlige bruger stiger ca. 20 % om året i den observerede periode, 2002-2007 (Ventura, 2008, s. 20). Vurderingen er dog, at denne vækst vil stige, når video over Internet bliver mere almindeligt. Endelig viser rapporten, at i Sverige, som er det land i Europa, der har den største udbredelse af fiber i access-nettene, genererer fiber-brugere ca. 3 gange så meget trafik som ADSL-brugere (Ventura, 2008, s.24). Rapporten konkluderer på den baggrund, at rådighed over en større båndbredde får brugerne til at generere mere trafik.

I marts 2009 publicerede The Information Technology & Innovation Foundation (ITIF) fra USA en rapport, 'The need for speed: The importance of next-generation broadband networks' (ITIF, 2009). Her diskuteres de mange forskellige nye anvendelser, som 'next-generation' bredbånd giver mulighed for, herunder forskellige video-former, som stiller krav til infrastrukturen. Den anvendelse, der ifølge rapporten kræver den højeste båndbredde, er 'Very High-Resolution HD Videoconferencing', som kræver 15 Mbps i både down- og upstream-hastighed (ITIF, 2009, 5). Rapporten koncentrerer sig om fire forskellige anvendelsesområder: 'dramatisk hurtigere filoverførsel', transmission af streaming video, realtids-telesamarbejde, og muligheden for at bruge mange applikationer samtidig. Rapporten beskriver desuden et scenarie for en familie på fire medlemmer, hvor moren er i gang med en videokonference i sammenhæng med hendes hjemmebaserede arbejde, faren ser fodbold i HDTV-format, det ene barn bruger en videoforbindelse i relation til sit skolearbejde, og det andet barn er i gang med et interaktivt online spil. Alt i alt vurderer rapporten, at dette giver anledning til et samlet forbrug på mere end 90 Mbps (ITIF, s. 7).

I et bilag til Højhastighedskomiteens rapport 'Danmark som højhastighedssamfund' udarbejdede IT & Telestyrelsen (ITST) en rapport vedrørende 'Infrastruktur' (ITST, 2009). I rapportens afsnit 4 om det fremtidige kapacitetsbehov gennemgår ITST forskellige estimater, herunder ovennævnte rapporter fra Gartner og ITIF. På basis af disse rapporter sammenstiller ITST en tabel over down- og upstream-behov ved en lang række forskellige anvendelser – fra IP telefoni med et kapacitetsbehov på 0,2 Mbps begge veje til teletilstedeværelse med et kapacitetsbehov på 15 Mbps begge veje (refereret fra ITIF-rapporten). ITST-

---

<sup>5</sup> Disse 'love' er som nævnt empirisk baserede projektioner uden teoretisk forankring, men da de i varierende grad indgår i debatten jf. nedenfor, er de nævnt her.

rapporten opstiller to scenarier ('Familie med børn' og 'Det ældre ægtepar') og slutter, at familien med børn i 2013 vil have et downstream-behov på 50 Mbps og et upstream-behov på 10/20 Mbps. Det ældre ægtepar vil have et behov på 10 Mbps (downstream) og 5 Mbps (upstream) (ITST, 2009).

I marts 2009, kort før starten på Højhastighedskomiteens arbejde, udsendte Dansk Energi et indlæg i debatten om udviklingen af bredbånd i Danmark: 'Vision 2015 – 100 megabit til alle' (Dansk Energi, 2009). Udover en række forslag til politisk handling for at styrke bredbåndsudviklingen i Danmark indeholder pjecen en kortfattet oversigt over offentlige bredbåndsiniciativer i andre lande plus en diskussion af den samfundsmæssige betydning af udbredelsen af højhastighedsbredbånd. Desuden er der en opridsning af en lang række anvendelser af bredbånd (aktuelle og under fortsat udvikling), herunder videoindhold i HD-kvalitet, sociale indholdstjenester, online gaming, cloud computing, distanceundervisning, osv. Det understreges, at der ikke alene er tale om downstream men også upstream, hvilket stiller krav til infrastrukturens arkitektur (Dansk Energi, 2009, s. 5-6). Formålet med pjecen er at argumentere for en hurtig implementering af udbredelsen af højhastighedsadgang til alle – mindst 100 Mbps til alle husstande in 2015.

Der findes kun et moderat antal mere videnskabelig, stringente publikationer, som omhandler det fremtidige behov for båndbredde i access-nettene, mens der findes en righoldig teknisk-videnskabelig litteratur om de hastigt voksende båndbredder, som nye teknologiske landvindinger giver mulighed for. Der findes også en vis mængde litteratur om udviklingen i den samlede Internet-kommunikation på globalt plan og de krav, det stiller til den fremtidige infrastruktur, eksempelvis Telegeography's 'Global bandwidth research service' (Telegeography, 2012).

'Quantifying the broadband access bandwidth demands of typical home users' (Harrop & Armitage, 2006) er et eksempel på en videnskabeligt mere stringent publikation. Artiklen ser på forskellige applikationer, som på det tidspunkt var i almindelig anvendelse (video i både standard og HD-kvalitet, audio, spil, og web-surfing, filoverførsel og e-mail) og på anvendelser af - på det tidspunkt - mere fremtidsrettet karakter (telemetri i forbindelse med krop og hjem, ultra-HDTV, teletilstedeværelse, telearbejde og virtual reality applikationer plus andre applikationer i relation til føle-, smags- og lugtesans).

Artiklens estimat er, at i et scenarie med 5 familiemedlemmer, som alle bruger forskellige applikationer, herunder HD-video, vil det samlede downstream-forbrug være godt 100 Mbps ved anvendelse af de - på daværende tidspunkt - eksisterende kompressionsteknologier (codecs) (Harrop & Armitage, 2006, s. 4). Ved mere avancerede codecs vil dette forbrug kunne reduceres til knap 60 Mbps. Dette forudsætter dog, siger artiklen, at der er tale om et 'managed' netværk med en form for QoS-mekanisme. Hvis der er tale om et 'best effort' net, hvor der alene er anvendt statistisk multiplexing, kan forbruget løbe helt op på 1 Gbps (Harrop & Armitage, 2006, s. 5).

I IEEE Communications Magazine, november 2012 estimeres den globale Internet-trafik ('Future Fiber-To-The-Home bandwidth demands favor Time Division Multiplexing Passive Optical Networks' (Harstead og Sharpe, 2012)). På basis af det ofte citerede Cisco Visual Networking Index og på basis af det globale antal bredbåndsabonnenter beregnes først i artiklen, at det gennemsnitlige forbrug per abonnent er 100-200 kbps med en årlig vækst på 25 %. Dernæst referer artiklen japanske tal fra en artikel fra 2011, som viser, at det gennemsnitlige forbrug i Japan er 100 kbps per bruger med en årlig vækst på 20 %. Dette er dog gennemsnitstal, og viser således hverken noget om fordelingen på forskellige typer brugere og ej heller

noget om svingninger i trafikken mellem top (peak) og 'dal'. Artiklen gør desuden opmærksom på, at disse tal er rene Internet-tal, og ikke inkluderer managed IP-trafik som i for eksempel triple-play. Efter disse indledende bemærkninger er artiklens hovedbidrag en opgørelse over, hvilke båndbredder forskellige videoformater kræver frem til 2020. Årsagen til, at der fokuseres på video, er, at det ifølge forfatterne er video, som stiller de største krav til båndbredde i triple-play access-net. I modsætning til de mere simple fremskrivninger af båndbreddekrav indregner Harstead og Sharpe også de båndbreddegevinster, som video-codecs giver anledning til. Forfatterne henviser til det, som kaldes McCann's lov, som siger, at den bitrate, som kræves for at opnå samme audio- og videokvalitet, halveres hvert femte år. Harstead og Sharpe anvender i den forbindelse et konservativt estimat. De sætter bitrate-reduktionen til at falde fra 7 til 5 % over en tiårsperiode startende i 2010. Hvis man ser på et scenarie, hvor en familie på samme tid anvender fire videostrømme, og hvor kvaliteten stiger fra eksisterende standardformater til forskellige UHD-formater (Ultra High Definition) - inklusiv 3D UHD – vil den øvre grænse for bredbåndskravet stige fra ca. 30 Mbps i 2011 til ca. 115 Mbps i 2020.

Som konklusion på dette afsnit skal først bemærkes, at der grundlæggende er to forskellige tilgange til at undersøge behovet for båndbredde i de refererede publikationer. Den ene ser på udbudssiden og anvender forskellige 'love' (tommelfingerregler) til at forudsige behovet – enten Moores lov, Gilders lov eller Nielsens lov. Gilders lov ligger her klart i den høje ende, hvorimod de to andre ligger på nogenlunde samme niveau. I bredbåndssammenhæng er Nielsens lov sandsynligvis den empirisk bedst underbyggede. Gartner (2009) når frem til et behov for downstream-kapacitet på 50 Mbps i 2013 og 1 Gbps i 2020 på basis af Moores lov. Ventura (2008) kommer frem til lignede tal: 100 Mbps i 2015 og 1 Gbps i 2020. Den anden tilgang ser på efterspørgselsiden og undersøger kravene fra de enkelte anvendelser og opstiller scenarier for det samlede forbrugskrav for forskellige familiesammensætninger.

Der skal også gøres opmærksom på, at flere andre tilgange kunne benyttes. I næste afsnit i indeværende notat vil vi se på udviklingen i den faktisk efterspurgte kapacitet. Man kan også undersøge udviklingen i den faktisk forbrugte kapacitet. Dette gør vi i indeværende notat ved at se på trafikken i TDC's net. I de refererede undersøgelser er det kun Ventura-rapporten og artiklen af Harstad og Sharpe (2012), der ser på stigningen i den faktiske Internet-trafik. Resultatet i Ventura-rapporten er en årlig stigning på 20 % for den gennemsnitlige Internet-bruger. Harstead og Sharpe kommer frem til tal på samme niveau.

Ved sammenstilling af de to forskellige hovedtilgange må konklusionen være, at resultaterne ligger på sammen niveau på det korte sigt (2013 eller 2015). På det længere sigt er det ikke muligt at sammenligne de to metoder, eftersom efterspørgselstilgange sjældent angiver en nøjagtig tidshorisont. Den eneste rapport, som skiller sig ud på efterspørgselsiden, er Gartner-rapporten (Gartner, 2009), som kommer frem til meget højt estimater – højere end nogen af de andre estimater. Resultaterne i de andre rapporter er nogenlunde ensartede. I den lave ende ligger ITST's bilagsrapport (ITST, 2009). Estimatet for en 'Familie med børn' ligger på 50 Mbps downstream og 10/20 Mbps upstream i 2013. De øvrige rapporter ligger omkring 100 Mbps: ITIF (90+ Mbps), Dansk Energi (100 Mbps i 2015), Harrop & Armitage (100 Mbps) og Harstead & Sharpe (115 Mbps).

Til slut skal bemærkes, at flere af de refererede undersøgelsesmetoder er meget simple. Der tages ofte ikke forbehold for ønsker om downloadhastigheder i forbindelse med download af video. Det handler om realtidsapplikationer og streaming. Bortset fra de videnskabeligt mere stringente artikler tages der heller

ikke hensyn til udviklingen i codecs, som kan begrænse båndbreddekravene, og der tages endvidere ikke hensyn til, om nettene er 'managed' med hensyn til QoS. Der er altså tale om ganske grove estimater.



### 3. Udvikling i udbud og efterspørgsel

Hvad angår bredbåndshastighed kan man skelne mellem den teoretisk mulige hastighed, den i praksis mulige hastighed ude 'i marken', den markedsførte hastighed, den reelt opnåelige hastighed, den efterspurgte hastighed, og den faktisk anvendte hastighed. I dette afsnit vil vi se på den markedsførte, den reelt opnåelige, den efterspurgte, og den faktisk anvendte hastighed.

Der refereres til udviklingen i andre lande, som i international sammenhæng er blandt de mest avancerede med hensyn til bredbåndsudvikling. Der udgives jævnligt rapporter om bredbåndsudviklingen i Danmark – først og fremmest bredbåndskortlægningen fra Erhvervsstyrelsen, hvor den seneste er 'Bredbåndskortlægning 2012' fra december 2012 (Erhvervsstyrelsen, 2012 c). I international sammenhæng er OECD's bredbåndsportal (OECD, 2012) en god kilde til oplysninger om udbud og efterspørgsel af bredbånd.

I OECD's bredbåndstatistik offentliggøres bl.a. tal for de markedsførte download-hastigheder<sup>6</sup>. Tallene er fra september 2011, og Danmark ligger på det tidspunkt lige under OECD-gennemsnittet med en gennemsnitlig markedsført download-hastighed på ca. 37 Mbps. Medianen for den markedsførte download-hastighed er i Danmark ca. 28 Mbps, og den hurtigste markedsførte hastighed er ca. 110 Mbps (OECD). I tabel 3.1 er gengivet tal for udvalgte lande.

**Tabel 3.1: Markedsførte download-hastigheder, september 2011, Mbps**

	Gennemsnit	Median	Hurtigste
<b>Japan</b>	149	19	1.024
<b>Sverige</b>	102	31	1.024
<b>Norge</b>	72	26	410
<b>Korea</b>	70	77	102
<b>Finland</b>	43	10	205
<b>OECD</b>	41	18	
<b>Danmark</b>	37	28	110

Kilde: OECD broadband portal (2012)

Tabellen viser, at den gennemsnitlige markedsførte hastighed er højest i Japan – ca. 149 Mbps. Til gengæld er den japanske median relativt lav (19 Mbps), hvilket peger på, at der er et mindre antal markedsførte tilbud med en meget høj hastighed og en lang række tilbud med en relativt mindre hastighed. Den hurtigste markedsførte hastighed i Japan var i september 2011 på 1.024 Mbps (godt 1 Gbps). I Koreas tilfælde er medianen (77 Mbps) højere end gennemsnittet (70 Mbps), hvilket peger på, at de markedsførte hastigheder er relativt ensartede. Således var den højeste markedsførte hastighed i september 2011 ifølge OECD på 102 Mbps i Korea. I Danmark ligger gennemsnittet (37 Mbps) også relativt tæt på medianen (28 Mbps) og peger således også på relativt ensartede markedsførte hastigheder<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> OECD benytter termen 'download'.

<sup>7</sup> Det skal bemærkes, at medianen for den markedsførte downstream-hastighed i Erhvervs- og Vækstministeriets 'Bredbåndskortlægning 2011' (2012) var 12,6 Mbps i første halvår 2011. Sammenlignet med OECD ser bredbåndskortlægningen på flere forskellige bredbåndsudbud. Men OECD-tallene refereres her, eftersom de giver mulighed for sammenligning landene imellem.

De markedsførte hastigheder er generelt højere end de reelt opnåelige hastigheder. Den reelt opnåelige (målte) hastighed kan bl.a. måles som den, den enkelte bruger kan se på Erhvervsstyrelsens 'Bredbåndsmåleren'. Den målte hastighed vil for den enkelte bruger svinge meget, afhængig af en lang række faktorer herunder den forbindelse, der måles på – om det f.eks. er mellem en server i Sverige og den enkelte bruger i Danmark eller mellem en server i Holland og den enkelte danske bruger. Det, der måles på, er hastigheden på en sådan forbindelse, hvilket er en del af forklaringen på, hvorfor den markedsførte hastighed er lavere end den reelt opnåelige. Den markedsførte hastighed drejer sig om access-nettet, hvorimod den målte hastighed ved anvendelse af hastighedsmålere, som findes på nettet, gerne drejer sig om en længere forbindelse inkluderende forskellige transportnet.

'Bredbåndsmåleren' anvender firmaet Ooklas hastighedsmåler, der giver gennemsnitstal for stort set alle verdens lande, byerne i de enkelte lande, og bredbåndsudbyderne i de enkelte lande (<http://netindex.com/>). Ooklas tal er baseret på millioner af brugeres test af deres egen down- og upstream hastighed. Der er således tale om gennemsnit af et stort antal målinger. For de samme lande som i tabel 3.1 kan måleresultaterne ses i tabel 3.2.

**Tabel 3.2: Målte downstream-hastigheder, december 2012, Mbps**

	Downstream
Japan	37,9
Sverige	26,6
Norge	19,3
Korea	33,8
Finland	18,2
OECD	15,0
Danmark	22,1

Kilde: <http://netindex.com/>

Tallene viser, at de reelt opnåelige/målte hastigheder landene imellem ikke er nær så forskellige som de udbudte hastigheder. Japan og Korea ligger stadig i toppen – men ikke med nær så stor margin som ved de markedsførte hastigheder. Danmark ligger eksempelvis på to tredjedele af tallet for Korea. Det skal i øvrigt bemærkes, at tallene for alle lande forekommer relativt høje. Dette kan bl.a. hænge sammen med, at der synes at være en tendens til, at det er brugere med store båndbredder, der tester deres hastighed. Dette fremgår indirekte af måleresultaterne på Ooklas hjemmeside (<http://netindex.com/>). Det skal endvidere bemærkes, at Ooklas tal generelt er væsentligt højere end tal, publiceret af Akamai (Akamai, 2012), hvilket illustrerer, at sådanne undersøgelser i høj grad afhænger af, hvad der måles på.

Akamai er et IT-firma, hvis globale distribuerede Intelligent Platform på daglig basis servicere ca. 2 mia. Internet-forespørgsler, og som derfor har et dækkende overblik over de hastigheder, som brugerne har til rådighed (Akamai, 2012, s. 12). Akamai har en webside ([http://www.akamai.com/stateoftheinternet/?WT.ac=soti\\_banner](http://www.akamai.com/stateoftheinternet/?WT.ac=soti_banner)), hvor man bl.a. kan se den gennemsnitlige målte forbindelseshastighed per land og den gennemsnitlige målte peak-forbindelseshastighed per land. Det skal bemærkes, at Akamai ikke inkluderer forbindelser på 256 kbps eller mindre. Resultaterne for andet kvartal 2012 vises i tabel 3.3 for de lande, som indgår i de tidligere tabeller.

**Tabel 3.3: Gennemsnitlig forbindelseshastighed og gennemsnitlig peak-forbindelseshastighed, 2. kvartal 2012, Mbps**

	Gennemsnitlig hastighed	Gennemsnitlig peak-hastighed
<b>Japan</b>	10,7	40,5
<b>Sverige</b>	5,9	23,6
<b>Norge</b>	5,5	19,7
<b>Korea</b>	14,2	46,9
<b>Finland</b>	6,6	22,6
<b>Danmark</b>	6,7	22,8

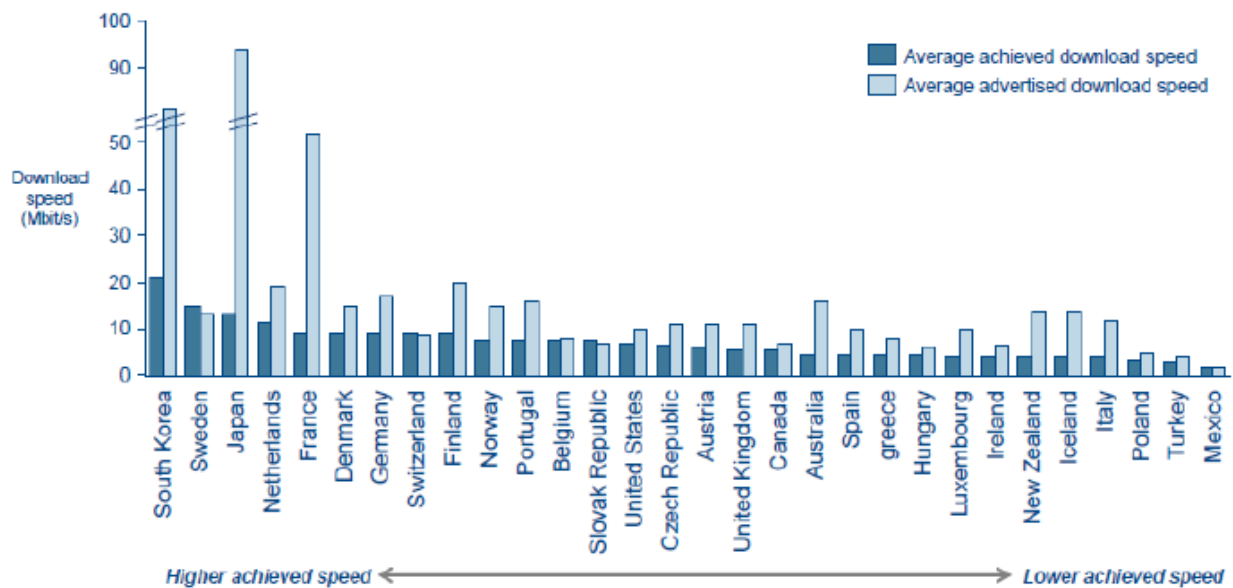
Kilde: [http://www.akamai.com/stateoftheinternet/?WT.ac=soti\\_banner](http://www.akamai.com/stateoftheinternet/?WT.ac=soti_banner)

Det ses, at den gennemsnitlige hastighed i Akamais målinger ligger på ca. en tredjedel af Ooklas målinger, mens peak-hastighedsmålingerne er på niveau med Ooklas målinger. Akamais målinger viser, at de nordiske lande ligger på samme niveau, og at hastighederne i såvel Japan som Korea ligger på det dobbelte niveau.

Konsulentfirmaet Arthur D. Little har på basis af forskellige måleresultater, herunder fra Ookla og Akamai, estimeret den gennemsnitlige markedsførte download-hastighed og den gennemsnitlige opnåede download-hastighed for en lang række OECD-lande. Resultatet kan ses i figur 3.1. Arthur D. Littles tal ligger et sted mellem Ooklas og Akamais tal. Men først og fremmest viser figuren den generelt set relativt store forskel på markedsførte og opnåelige hastighedsresultater – hvilket som nævnt bl.a. hænger sammen med, at det er forskellige strækninger, der måles på. Men for den enkelte bruger, som køber en 100 Mbps forbindelse og reelt ofte oplever måske 20 Mbps, vil der være tale om uindfrie forventninger.

I den forbindelse bør der refereres til en undersøgelse, den amerikanske federale tele- og broadcast-myndighed, FCC, fik foretaget i 2011 – 'Measuring broadband America (FCC, 2011). Denne undersøgelse er baseret på målinger hos 9.000 brugere af forskellige ISP'er (Internet Service Providers) i USA. Der måles her de hastigheder, som brugerne reelt har til rådighed i faste netværk (DSL, kabel og fiber), og det sammenlignes med den markedsførte hastighed. Der måles kun på hastigheden i de enkelte ISP'ers egne net – dvs. der er ikke tale om peering med andre net. Resultatet er, at de faktiske hastigheder er ganske tæt på de markedsførte hastigheder – generelt over 80 % for downstream og ca. 100 % for upstream (FCC, 2011, s. 15). Hvad angår fiber, er de faktiske (målte) hastigheder generelt højere end de markedsførte (FCC, 2011, s. 17). Dette understreger blot, at resultaterne af sådanne sammenligninger i høj grad afhænger af, hvad det er, der måles på.

Figur 3.1: Estimerede markedsførte og opnåede downloadhastigheder, 2011, Mbps



Kilde: Arthur D. Little (2011)

I Danmark offentliggør Erhvervsstyrelsen jævnligt en bredbåndskortlægning (eks. Erhvervsstyrelsen, 2012c), og hvert halve år publiceres en telestatistik for henholdsvis første og andet halvår. Den senest udgivne er 'Telestatistik – Første halvår 2012' (Erhvervsstyrelsen, 2012 a). Bredbåndskortlægningen fokuserer på tilgængelighed af forskellige down- og upstream-kapaciteter, forskellige access-teknologier, og abonnentantallet. Tilgængelighedstallene er baseret på 'netejernes indberetninger af hastigheder, som de forventer infrastrukturen reelt kan understøtte medio 2012' (Erhvervsstyrelsen, 2012 c, s. 29) – dvs. de reelt udbudte hastigheder.

Hovedtallene for tilgængelighed, medio 2011, er sammenfattet i tabel 3.4.

Tabel 3.4: Bredbåndstilgængelighed i Danmark, 2009 - medio 2012, % af husstande og virksomheder

	2009	2010	2011	2012
100 Mbps downstream	-	25	38	65
50 Mbps downstream	-	68	74	77
30 Mbps downstream	-	74	80	83
10 Mbps downstream	77	92	96	97
2 Mbps downstream	98	99	99,9	99,9
100 Mbps upstream	-	24	30	32
50 Mbps upstream	-	29	34	38
30 Mbps upstream	-	30	35	39
10 Mbps upstream	-	45	56	79
2 Mbps upstream	-	90	97	97

Kilde: Erhvervsstyrelse (2012 c), s. 4

Tabellen viser, at næsten alle (99,9 %) husholdninger og virksomheder i Danmark i dag har adgang til mindst 2 Mbps downstream, og at medio 2012 havde 65 % adgang til mindst 100 Mbps og 77 % til mindst 50 Mbps i downstream-kapacitet. For upstream var tallene henholdsvis 32 og 38 %. Der har altså været tale om en væsentlig stigning i downstream-hastighed fra 2010 til 2012, hvorimod upstream ikke er steget særlig meget. Samtidig peger de 99,9 % på, at der stadig er en (lille) gruppe af husholdninger og virksomheder, som ikke har adgang til bredbåndskapacitet på 2 Mbps eller mere.

Bredbåndskortlægningen viser endvidere, at de tilgængelige hastigheder i væsentlig grad varierer fra kommune til kommune og fra landsdel til landsdel (Erhvervsstyrelsen, 2012 c). Tilgængeligheden af de højeste hastigheder (100 og 50 Mbps) er størst i Sønderjylland og Midtjylland. I international sammenhæng er det en usædvanlig situation, at områder hvor landzoner dominerer, har den bedste tilgængelighed til de højeste kapaciteter. Men det hænger sammen med, at energiselskaberne i Sønder- og Midtjylland har været aktive i udrulningen af fibernet til slutbrugerne. Til gengæld giver denne tilgængelighed sig ikke i væsentlig grad udtryk i et specielt stort optag af bredbåndsabonnementer. Udbredelsen af bredbåndsabonnementer er temmelig ensartet over hele landet, dog således at den største udbredelse ligger omkring de store byer, primært København, Aarhus og Aalborg (Erhvervsstyrelsen, 2012 c).

I international sammenhæng ligger Danmark i toppen, hvad angår udbredelsen af bredbånd. Ifølge OECD's bredbåndsstatistik var Danmark nr. 3 blandt OECD-lande efter Schweiz og Holland i december 2011 med en udbredelse på 37,9 % i relation til den samlede befolkning. I tabel 3.5 ses en sammenligning med de samme lande som i de forrige tabeller med hensyn til udbredelse af henholdsvis DSL, kabel, fiber/LAN og andre typer forbindelser.

**Tabel 3.5: Fastnet bredbåndsudbredelse, december 2011, % af befolkning**

	DSL	Kabel	Fiber/LAN	Andre	Total
Japan	5,6	4,6	17,2	0,0	27,4
Sverige	16,2	6,5	9,7	0,1	32,5
Norge	18,4	10,8	6,5	0,1	35,7
Korea	4,8	10,0	20,6	0,0	35,4
Finland	21,0	4,9	0,5	3,2	29,6
OECD	14,3	7,7	3,5	0,2	25,6
Danmark	21,7	10,4	5,6	0,2	37,9

Kilde: OECD broadband portal (2012)

Tabel 3.5 viser, at Danmark har den højeste udbredelse blandt de inkluderede lande (som alle er blandt de mest avancerede i verden), men at udbredelsen af fiber er kommet væsentlig længere i Korea og Japan og også noget længere i Sverige og Norge.

Udviklingen i antallet af bredbåndsabonnementer over fastnet vises i tabel 3.6. Den viser et svagt fald fra 2011 til 2012 i antallet af DSL-abonnementer, en svag stigning i antallet af kabel-abonnementer og en betydelig stigning i antallet af fiber-abonnementer. (WiMAX-abonnementerne forsvandt i 2012 sammen med firmaet Skyline, som gik konkurs). Alt i alt er der tale om en stabilisering af antallet af faste bredbåndsabonnementer. Den virkelig stærke udvikling indenfor bredbåndsabonnementer finder sted indenfor det mobile område. Der kan meget vel blive tale om en grad af substitution mellem bredbånd over

fastnet og bredbånd over mobile net i de kommende år. Mobile bredbånd behandles i et særskilt efterfølgende delafsnit.

**Tabel 3.6: Fastnet bredbåndsabonnenter, 2011-2012, i 1.000**

	Første halvår 2011	Andet halvår 2011	Første halvår 2012
<b>DSL</b>	1.221	1.208	1.200
<b>Kabel</b>	563	576	593
<b>Fiber</b>	187	219	245
<b>Lan</b>	130	133	132
<b>WiMAX</b>	38	44	0
<b>Øvrige</b>	8	7	11
<b>I alt</b>	2.147	2.186	2.181

Kilde: Erhvervsstyrelsen (2012 a)

Hvad angår udviklingen af hastigheder, viser tabel 3.7 udviklingen i downstream-hastigheder for fastnetforbindelser fra 2011 til 2012.

**Tabel 3.7: Markedsførte downstream-hastigheder, 2011-2012, % af bredbåndsabonnenter**

	Første halvår 2011	Andet halvår 2011	Første halvår 2012
<b>Mindst 144 Kbps, under 4 Mbps</b>	8,7	7,4	6,7
<b>Mindst 4 Mbps, under 10 Mbps</b>	34,2	26,1	21,4
<b>Mindst 10 Mbps, under 30 Mbps</b>	47,0	54,8	57,9
<b>Mindst 30 Mbps, under 50 Mbps</b>	5,7	7,2	8,9
<b>Mindst 50 Mbps, under 100 Mbps</b>	2,0	2,1	2,7
<b>Mindst 100 Mbps</b>	0,7	0,7	0,7
<b>I alt specificeret</b>	98,3	98,3	98,3
<b>Uspecificeret</b>	1,7	1,7	1,7
<b>I alt</b>	100,0	100,0	100,0

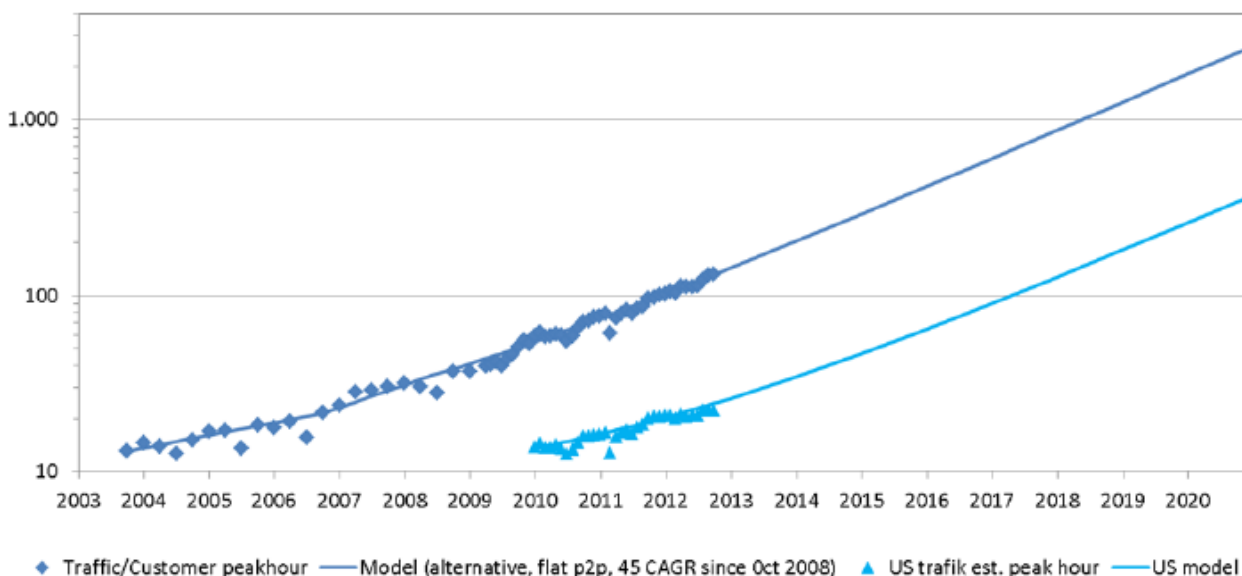
Beregnet på basis af Erhvervsstyrelsen (2012 a)

Tabel 3.7 viser, at den mest markante udviklingstendens fra 2011 til 2012 er, at abonnenter på mindst 4 og under 10 Mbps erstattes med abonnenter på mindst 10 og under 30 Mbps. Der er en meget svag udvikling i abonnenter på mindst 50 og under 100 Mbps og abonnenter på mindst 100 Mbps. Den store udvikling indenfor de seneste 4 år skete i perioden fra andet halvår 2008 til andet halvår 2011. Her faldt antallet af abonnenter med under 4 Mbps med 71 %, antallet af abonnenter med mindst 4 og under 10 Mbps faldt med 47 %, og antallet af abonnenter med mindst 10 og under 20-30 Mbps steg med 432 % (Erhvervsstyrelsen, 2012 b, s. 13). I indeværende notat beskæftiger vi os ikke med priser, som oplagt kan have en indflydelse på, om brugere skifter til en højere hastigheder til en højere pris. Men prisforskellene mellem højere hastigheder og forbindelser med lavere hastigheder er relativt små (Erhvervsstyrelsen, 2012 a, s. 28). Meget tyder derfor på, at behovet for de store hastigheder (mindst 100 Mbps) endnu er relativt begrænset – i hvert fald kommer det ikke til udtryk i en større reel efterspørgsel. Når status og udvikling i tilgængeligheden af forbindelser på mindst 100 Mbps tages i betragtning (fra 25 % i 2010 til 65 % i 2012 af hustande og virksomheder), er antallet af abonnenter på sådanne højhastighedsforbindelser relativt lille (0,7 %).

Hvis man ser på den faktiske trafik, som den enkelte kunde genererer, og som derfor har betydning for båndbreddekravene, kan det måles på forskellig vis. Et af målene er det gennemsnitlige forbrug per kunde per tidsenhed. Et andet mål er at se på, når forbruget topper hos den enkelte bruger – når eksempelvis en video streames, eller når en stor fil downloades. Dette ser indeværende notat på i det følgende afsnit.

Harstead og Sharpe (2012) refererer, som tidligere omtalt, en japansk undersøgelse, som viser, at det gennemsnitlige forbrug per bredbåndskunde er ca. 100 kbps. Lignende tal kendes fra Danmark. TDC har gennem årene målt Internet-trafikken for ADSL-kunder. Resultatet ses i figur 3.2. Den viser, at den gennemsnitlige downstream peak-hour trafik per ADSL-kunde (mørkeblå kurve) er staget fra ca. 13 kbps i anden halvdel af 2003 til ca. 130 kbps i slutningen af 2012. Upstream peak-hour trafikken er steget fra ca. 14 kbps omkring årsskiftet 2009/2010 til ca. 22 kbps i slutningen af 2012 (lyseblå kurve). Den årlige vækst i downstream-forbruget var ca. 20 % frem til 2008 og er derefter steget til ca. 45 % fra 2008 til 2012 (TDC). På den baggrund er estimeret, at den gennemsnitlige peak-hour downstream-trafik for DSL-kunder vil være knap 3 Mbps i 2020, og upstream-trafikken vil være ca. 130 kbps.

**Figur 3.2: Faktisk og estimeret peak-hour Internet-trafik per DSL-kunde i TDC's net, siden 2003**



Kilde: TDC

Tallene er fremkommet ved at dividere det samlede forbrug for alle TDC's ADSL-kunder med det samlede antal kunder. Men man kan spørge sig selv, om dette er et relevant mål for de enkelte kunders båndbreddebehov. Det er meget relevante tal, når kapaciteten i transportnettene (core-nettene) skal dimensioneres, men meget mindre relevant for den enkelte kundes båndbreddebehov. Ikke alene skelnes der ikke mellem storforbrugere af kapacitet og små forbrugere. Men langt vigtigere: Tallene viser ikke noget om behovet i de perioder, hvor video streames, eller hvor store filer downloades. Hvis en video streames, kræver den en båndbredde, som streaming-hastigheden er sat til. Hvis der downloades, er det tiden, det tager at downloade filen, der er afgørende. Disse forhold ses der på i notatets efterfølgende afsnit.

Som opsummering på dette afsnit skal det først nævnes, at Danmark med hensyn til udbredelse af bredbånd ligger i den absolut forreste ende i international sammenhæng. Dette er almindelig kendt, og det nævnes samtidig ofte i samme åndedrag, at bredbåndshastighederne i Danmark ligger noget lavere i internationale sammenligninger. I dette afsnit er det eftervist, at det ganske vist er rigtigt, at de højeste udbudte hastigheder er højere i eksempelvis Japan og Korea, men at forskellene på de faktisk opnåelige gennemsnitlige hastigheder er væsentligt mindre. Samtidig skal det bemærkes, at de faktisk målte hastigheder fluktuerer, afhængig af hvad det er, der måles på, jf. forskellen mellem Ooklas og Akamais målinger.

Et andet vigtigt forhold er, at de højeste udbudte hastigheder er tilgængelige for en kraftigt stigende andel af den danske befolkning. Medio 2012 havde 65 % af husstande og virksomheder i Danmark adgang til 100 Mbps eller mere i downstream, og denne procentdel er vokset kraftigt i de seneste par år. Til gengæld er der kun 0,7 % af husstande og virksomheder, som faktisk efterspørger 100 Mbps eller mere.



## 4. Kapacitetskrævende anvendelser

I dette afsnittet ser vi på tendenserne i applikationsudviklingen og udviklingen i den kapacitet, der er nødvendig for at udbyde de efterspurgte applikationer/ tjenester. På basis af dette og analyse af forskellige scenarier senere i notatet giver vi bud på den nødvendige bredbåndskapacitet i dag og frem til 2020.

Fokus i dette afsnit vil være på downstream, mens upstream bliver diskuteret i afsnittet om symmetri. Endvidere er der også i dette afsnit fokus på private husstande. I praksis kan man antage, at mange SMV'er ikke har brug for mere kapacitet end en privat bruger med stort kapacitetsbehov. I afsnittet om scenarier behandler vi dog nogle specifikke SMV cases.

Fremtidens bredbånd er ofte defineret som en platform, der kan levere triple-play tjenester, altså en platform der kan levere: 1) Internet, 2) telefoni og 3) tv til brugerne. Dette skulle så muliggøre en infrastrukturkonvergens, hvor man får adgang til alle de nødvendige Informations- og kommunikationstjenester gennem sin bredbåndsforbindelse. Som nævnt tidligere er det denne forudsætning der er lagt til grund for hele analysen i dette notat.

Generelt er triple-play stadig en god ramme til at diskutere anvendelserne hos private husstande. Spørgsmålet er imidlertid, hvad der indgår i de enkelte kategorier, og hvordan udviklingen er i disse kapacitetskrav.

### Triple play tjenester

I dette underafsnit ser vi nærmere på diverse tjenester/applikationer og deres kapacitetskrav indenfor de enkelte kategorier i triple-play startende med tv.

#### TV

Tv- og streaming videotjenester er de anvendelser, der kræver den absolut højeste kapacitet hos almindelige husstande. Tv og streaming video kan leveres både som en 'managed service', hvor man styrer og garanterer et bestemt niveau af QoS igennem nettet og som en 'best effort service' over Internettet, herunder en vifte af forskellige OTT. Den kapacitet, som tv / streaming video kræver, afhænger af den kvalitet der bliver efterspurgt. Ud over tv er der en stor del af de applikationer, som anvendes på nettet, der inkluderer en videokomponent, hvad der gør video til en særlig applikation i diskussionen af fremtidens båndbreddebehov. Derfor følger nedenfor et selvstændigt afsnit, hvor vi analyserer kapacitetskravene relateret til nuværende og fremtidige tv/ streaming videotjenester.

Hvis video derimod bliver leveret som en download tjeneste, ligesom Video on Demand (VoD), altså ved at man downloader videoen fra en server eller en p2p tjeneste stilles der andre krav til kapaciteten, som primært handler om, hvad der er et rimeligt tidsforløb før download er gennemført og videoen hentet fra serverne. Da download og download hastighed er et aspekt, der relaterer sig til mange tjenester bliver dette også diskuteret i et separat underafsnit.

## Telefoni

Telefoni er den anden service som er væsentlig i udbuddet af bredbåndstjenester. Telefoni selv i en høj kvalitets audio-sammenhæng har relativt lave kapacitetskrav (100 Kbps kan give en høj kvalitets telefonforbindelse). Da telefoni er en kommunikativ service, stiller den andre krav til bredbåndsnettet såsom tilgængelighed, lav forsinkelse, mm., som er udenfor rammerne af dette notat. Dog kan vi se, at videotelefoni for alvor vinder indpas i dagligdagen, og at folk rent faktisk bruger det mere og mere. Videotelefoni stiller højere krav til båndbredde, men idet video behandles i et selvstændigt underafsnit estimerer vi videotelefonis kapacitetskrav senere i afsnittet.

## Internet

Mens tv og telefoni er nemme at afgrænse som tjenester og relativt lette at karakterisere med hensyn til kapacitetsbehov, kan Internettet og Internet-tjenester omfatte et hav af forskellige tjenester og applikationer med forskellige kapacitetsbehov. Dog er browsing stadigvæk hovedapplikationen og grundlaget for mange andre anvendelser. I det følgende lister vi nogle af tjenester, der bliver brugt på Internettet. Dette er ikke udtømmende, skarpt afgrænsede eller anvendelser på helt samme niveau – i den forstand, at nogle anvendelser betjener sig af eller forudsætter andre:

- E-mail
- Musik
- Høj kvalitets tv, video og audio, herunder 3D tv/ video
- Over The Top TV (OTT TV) tjenester, som NetFlix, Hulu, YouBio
- Youtube og lignende tjenester
- Social network applikationer med højt niveau af billede/video komponenter
- Cloud services som dropbox, google drive mm
- File sharing
- Smart home
- E-learning
- E-health,
- Internet of Things
- Tjenester fra staten og kommuner
- Software distribution og update
- E-bøger, aviser og blade/magasiner
- E-shopping med højt niveau af videokomponenter
- Augmented reality tjenester
- Ambient Assisted Living applikationer, herunder applikationer udviklet for gamle og funktionsnedsatte

Kapacitetskravene for disse anvendelser er det hovedsagelig høje enten i forbindelse med streaming tjenester eller ønsker om stor download-hastighed.

## Video

Streaming video er den enkelt-applikation som har højest krav til bredbåndskapacitet på privatbrugermarkedet. Kapacitetskravene bliver følgelig særligt højere i familiesammenhæng eller i virksomheder, hvis der konsumeres forskellige videotjenester på samme tid. Imidlertid er det ikke entydigt, hvad der er en rimelig antagelse om videos kapacitetskrav, idet dette bl.a. afhænger af den efterspurgte kvalitet samt af 'teknologi-niveauet', jf. nedenfor.

I det følgende antager vi, at videokvaliteten skal være mindst lige så god som den tv-kvalitet danskerne efterspørger i de dedikerede tv-infrastrukturer som kabel, satellit og terrestrisk tv. Den eneste måde, hvorpå tv kan være en meningsfuld kategori i triple-play sammenhæng, er, at man udbyder en sådan tv kvalitet, således at brugerne ikke har brug for supplerende infrastrukturer til tv.

Men hvad bestemmer tv kvalitet og dermed den nødvendige båndbredde? En væsentlig parameter er kodning (komprimering), altså hvor god man er til at komprimere video og samtidig opnå en bestemt kvalitet i fremvisningen. Andre parametre er den videokvalitet, der kan produceres og udbydes, herunder udviklingen i produktionsudstyr, skærme, distributionsinfrastrukturer, mm.

## Kodning

Udvikling i kodningsteknologi bevirker, at der bliver brug for mindre båndbredde til at levere en service/applikation med en given kvalitet, idet kodnings- /komprimeringsteknologier bestemmer hvor gode vi på et givet tidspunkt er til at komprimere audio/videomaterialet og samtidig opnå en bestemt teknisk kvalitet.

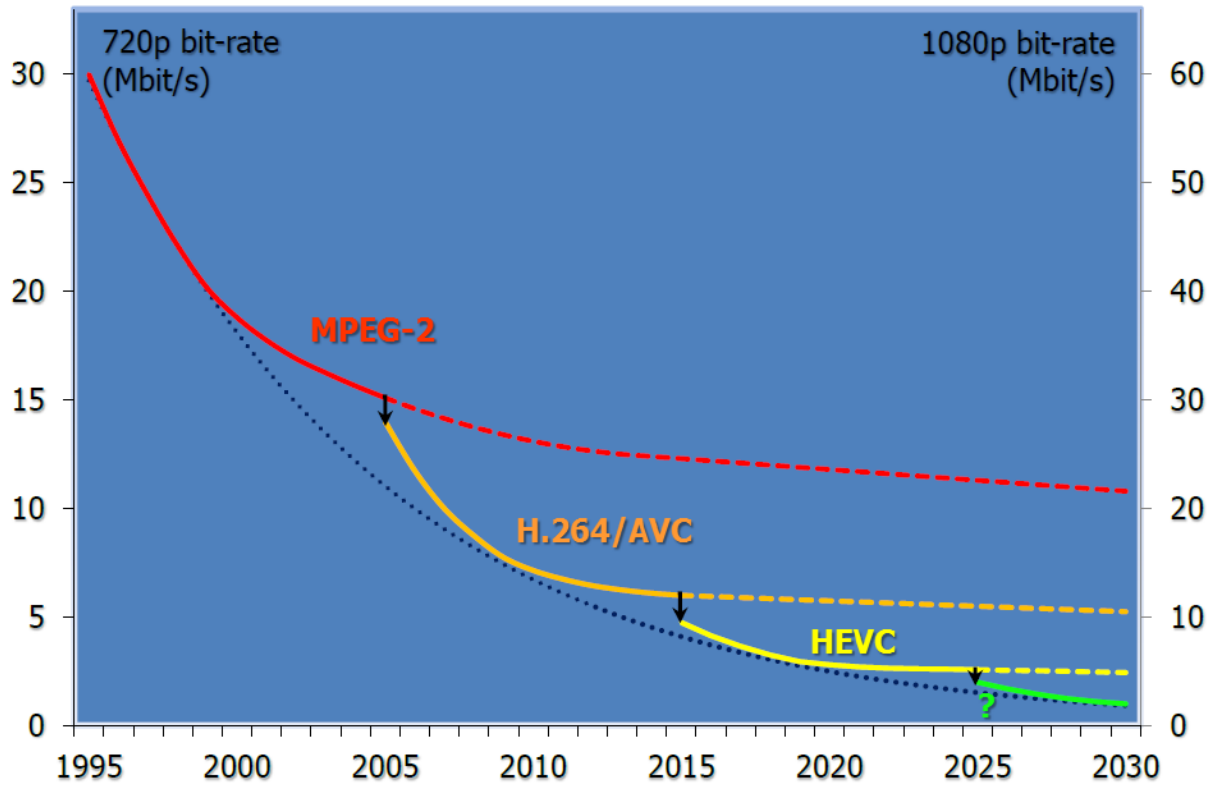
Kodningsteknologi har været afgørende for overhovedet at kunne distribuere digitale videotjenester til slutbrugerne, idet digital video i rå / ukomprimeret form har så høje båndbreddekrav, at det er urentabelt at distribuere dem i nogen acces infrastruktur. For eksempel kræver digital video svarende til tv i almindelig analog PAL kvalitet ca. 270 Mbps og HDTV kræver ca. 1 Gbps (Fischer W. 2012).

MPEG standard-familien er en af de komprimeringsstandarder, som har haft størst betydning på digital tv/video området. Den første succesfulde standard var MPEG2 som stadigvæk anvendes i mange digitale tv transmissioner, ligesom MPEG2 stadig anvendes som basis i mange sammenhænge, hvor man specificerer kapacitetskravene for en videotjeneste. Kodningsstandarderne bliver imidlertid mere og mere effektive som et resultat af teknologiudvikling, således at båndbreddekravet for en given video-service ved brug af MPEG2 ikke var det samme i 2005 som i 1995. Hertil kommer teknologispring i form af nye standarder, der er mere effektive end gamle. Et eksempel på dette er introduktionen i januar 2012 i dansk terrestrisk tv af MPEG 4 (H.264/AVC), som er dobbelt så effektiv som MPEG 2. Og den nye kommende H.265/HEVC standard som igen er dobbelt så effektiv som MPEG 4 (H.264/AVC).

Gartner-rapporten er et eksempel på den fejl, der opstår når man estimerer fremtidige båndbreddekrav uden at inkludere den effekt som kodningsudviklingen vil have på dette båndbreddekrav. Gartner estimerer kapacitetskravet for 3D tv til at være 300 Mbps i 2009 (Gartner 2009), og på denne fastlåste teknologibasis fremskriver man det fremtidige behov baseret på markedsudviklingen som den eneste variable.

Følgende figur illustrerer fejl-niveaulet i en sådan 'mekanisk' fremskrivning, idet den viser båndbreddekrav til to forskellige videoformater (720P og 1080p) ved anvendelse af MPEG2, MPEG 4 (H.264/AVC) og HEVC. Som det fremgår, kommer der hver 10. år en ny standard, som er dobbelt så effektiv som den tidligere<sup>8</sup>.

**Figur 4.1:** Tendenser i båndbreddekrav



Kilde: McCann K. et al (2012)

I en diskussion af båndbreddebehov i de kommende år er det også vigtigt at se på tidsforløbet fra specificering af standarderne til den reelle introduktion af dem. Tabel 4.1 giver et billede af dette forhold.

<sup>8</sup> Andet sted i rapporten har vi refereret til forskellige love vedr. kapacitetsudvikling. Mht koding har McCann i 2006 foreslået en lov, det såkaldte McCann's Law, som siger 'the bit rate required to achieve a given audio or video quality halves every five years' (McCann 2006). Senere i (McCann et al 2012) giver McCann en mere nuanceret billede af udviklingen som er grundlaget for dette afsnit

**Table 4.1:** Faktisk og sandsynlig tidstabel for videokodningstandarder

	Standard Published	Added to DVB	First Broadcast Services Launched
MPEG-2	1995	1996	1997
H.264/AVC	2003	2004	2005
HEVC	2013	2014	2015

Kilde: McCann K. et al (2012)

Båndbreddekrav for digital video i den nære fremtid – de næste 5 år - kan således med rimelighed baseres på en kombination af MPEG 4 (H.264/AVC) og HEVC, men i 2020-perspektiv må beregninger baseres på H265/HEVC, som med stor sandsynlighed vil blive den dominerende videokodningsstandard.

### Kapacitetskravene for video

En vigtig parameter er den tv-kvalitet, som bliver efterspurgt og som afhænger af den tekniske kvalitet, som produktions- og modtageudstyret kan levere. Tv-skærme har gennemgået en udvikling fra traditionelle analoge tv-skærme til skærme, der kan vise Ultra HDTV (UHDTV). I digital sammenhæng udtrykker man skærmmkvaliteten i antal pixels. Med given kodning kræver en stigning i antal pixels imidlertid ikke en tilsvarende stigning i båndbrede, da relationen mellem nabo-pixels (det forhold at mange pixels i flader har 'samme indhold') medfører, at der kan opnås mere effektiv kodning i høje skærmmkvaliteter, hvor andelen med 'samme indhold' stiger.

I denne rapport antager vi, at den tv-kvalitet der efterspørges i fremtiden i stadig højere grad er High Definition TV (HDTV) og videreudviklingerne af dette samt 3D tv. Men det er vigtigt at huske, at i et 2020-perspektiv vil Standard Definition TV (SDTV) stadigvæk være i anvendelse som et eller flere af de tv-apparater, som er i brug i danske husstande, hvorfor vi ser på kapacitetskrav for forskellige generationer af tv-kvaliteter.

Analogt tv: I dag er udbuddet af analogt tv stoppet i alle infrastrukturer på nær i kabel tv, hvor der stadig bliver udbudt analoge tv-tjenester. Analoge tv-apparater kan bruges i bredbåndssammenhæng, men der kræves en konverterboks, og analoge tv apparater på vej ud af danskernes stuer.

SDTV: I dag er SDTV det dominerende format for udbud af digital tv. SDTV er digitalt tv, som i kvalitet kan sammenlignes med traditionel analog tv-kvalitet. SDTV i Europa svarer til PAL-kvalitet altså 576i<sup>9</sup> med 25 frames per second (fps). Ved brug af MPEG 4 kodning er der et båndbreddekrav på 2,2 Mbps.

HDTV: Der udbydes i dag primært HDTV-tjenester med 720p<sup>10</sup> eller 1080i. Med 60 fps og ved brug af MPEG4 kodning er der et kapacitetskrav på 8 Mbps (Harstead et al 2012)

<sup>9</sup> I for interlaced: Interlaced er en arv fra analog tv, hvor man sender (og tv apparatet viser) hver anden line (først ulige og så lige linjer) hver gang den tegner billedet.

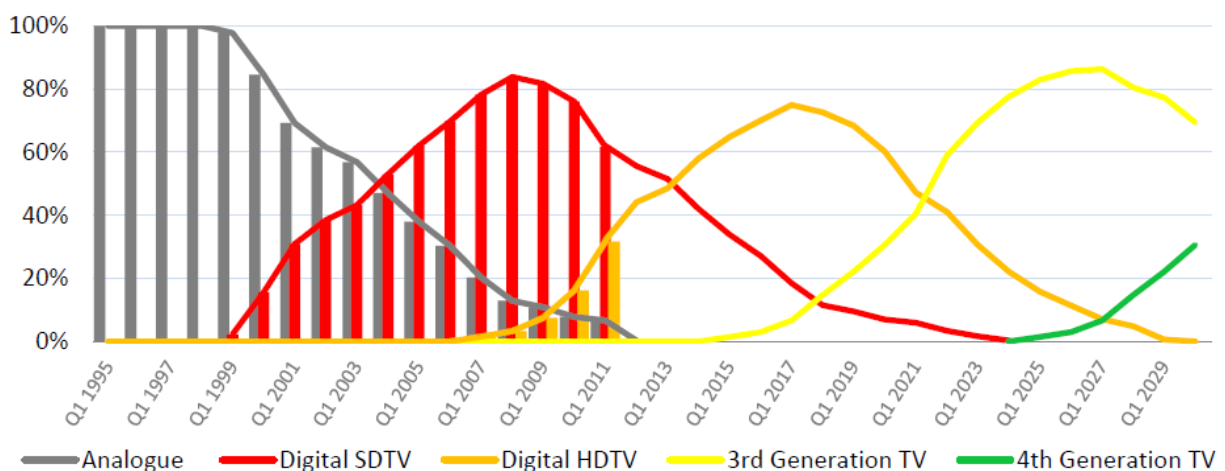
HDTV-1080p: Den fremtidige generation af HDTV understøtter et skærmformat på 1080p. Tv-skærme til rimelige priser, bliver nu udbudt i denne kvalitet. HDTV-1080 med MPEG 4 kodning fylder 15 Mbps (Harstead et al 2012)

UHDTV: Ultra HDTV betegner skærme med ekstremt høj teknisk kvalitet på niveau med biografkvalitet. Disse, som også bliver kaldt 4KX2K skærme, er tilgængelige på markedet, men til meget høje priser. (et eksempel fra Toshiba er P56QHD til ca 250.000 kr). Båndbrede krav til UHDTV er 30 Mbps (Harstead et al 2012)

3D TV: Enkelte udbydere inkluderer 3D i deres tv-pakker, og skærmene samt video-film/spil er på markedet. I hvilken grad 3D bliver den dominerende teknologi, er der næppe belæg for at udtale sig fast om. Mht kapacitetskrav for 3D tjenester er der brug for 40% mere båndbrede end de tilsvarende 2D kvaliteter.

((McCann K. et al 2012)) ser på udviklingen i anvendelsen af forskellige tekniske tv-kvaliteter fra analogt tv (som de betegner 0. generation) til HDTV-1080p (som de betegner 3 generation). Data i nedenstående figur er baseret på det engelske marked.

**Figur 4.2.** Tendens i anvendelsen af tekniske tv-kvaliteter



Kilde: McCann K. et al (2012)

Her betegner 4. generation en version af UHDTV kvalitet.

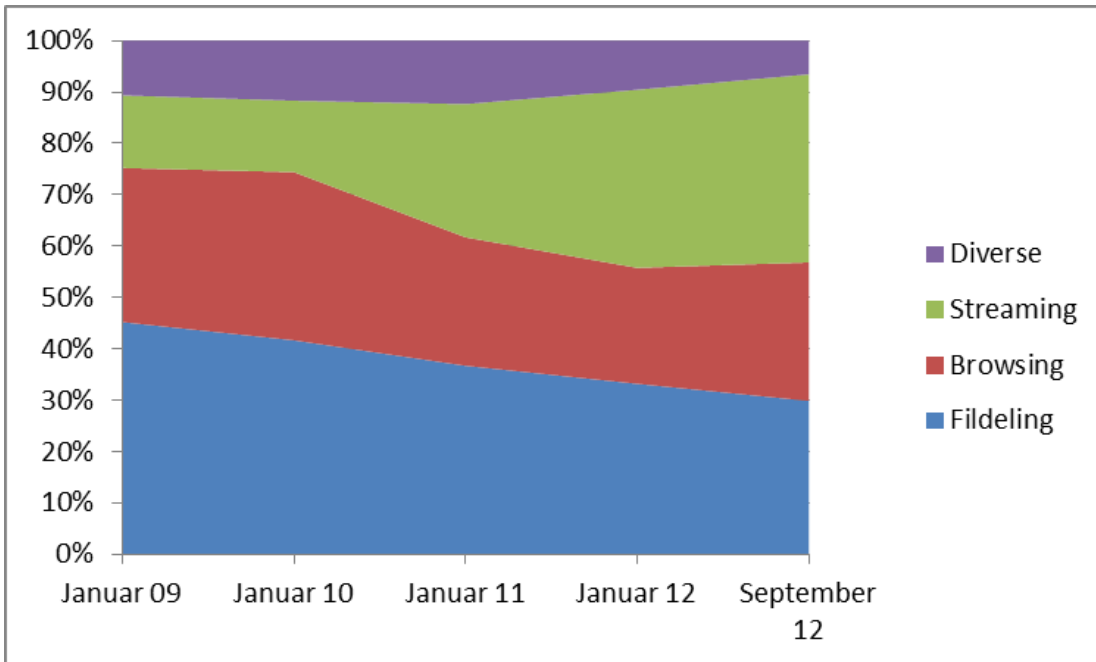
Der forventes fremover på ethvert tidspunkt at være 3 forskellige tv-kvaliteter i brug. I 2020-perspektiv vil tv-markedet være domineret af HDTV 720 (Digital HDTV i figur 4.2) og HDTV 1080 (3rd generation HDTV). Denne fremskrivning er konservativ i forhold til andre fremskrivninger som for eksempel i (Harstead et al 2012)

<sup>10</sup> P for progressive: I Progressive scan sender man linjerne i rammen løbende og de bliver vist løbende på tv-skærmen. Progressive scan giver et klarere billede.

### Udvikling i streaming tjenester over tid

En interessant tendens, der kan observeres i sidste par år er et fald i fildelingsapplikationer og til gengæld en stigning i streaming applikationer. Dette ses bl.a. ud fra TDC data som vises i figur 4.3.

**Figur 4.3.** Streaming versus fildeling i TDC net

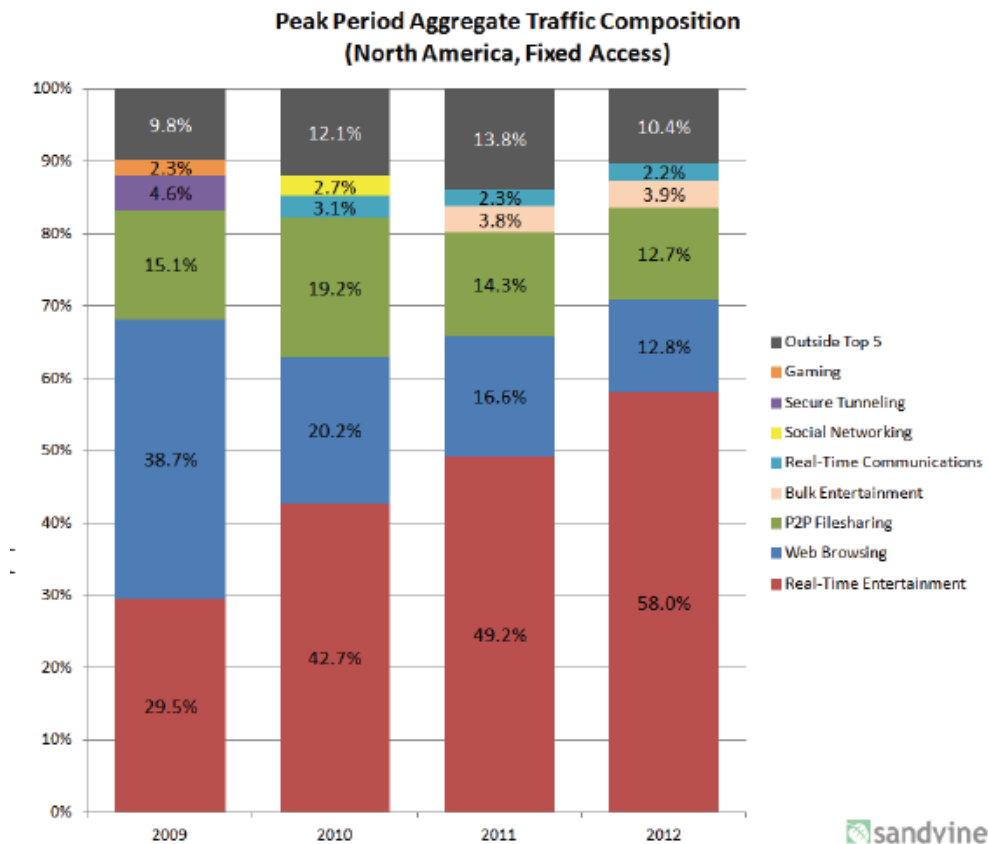


Kilde: TDC

Den primære årsag til dette må være udviklingen af bredbånd og især mobilt bredbånd, og det faktum at man betaler flat rate, hvilket betyder at streaming er gratis når man først har betalt sit abonnement.

Figur 4.4 viser samme tendens i Nord Amerika.

Figur 4.4. Streaming versus fildeling i Nord Amerika



Kilde: Sandvine (2011)

Dog er mængden af streaming i nettet (real time entertainment på figuren) meget højere i Nord Amerika end i Danmark, da de har haft længere historie med OTT tjenester, desuden er den amerikanske måling foretaget i peak-perioden, mens TDC-tallene er samlet forbrug i en periode..

## Download

Tjenester der kræver, at filer bliver downloadet før man kan bruge dem kan typisk være en kategori af tjenester, som har høje kapacitet krav. Hvor høje, afhænger af størrelsen af de filer, der skal hentes. Store filer kan også downloades over langsomme forbindelser, men det kræver længere tid. Dette kan imidlertid have forskellige indvirkninger på den måde service bliver oplevet.

Hvis tjenesten anvendes i ikke-sand tid, vil det typisk opleves som irriterende, når download tager for lang tid. Lad os som eksempel se på download af en video i HDTV 720p format. Hvis denne video er på 2 timer fylder den ca. 7200 MByte og hentning over en bredbåndsforbindelse på 10 Mbps vil tage 1,6 timer. Det kan i nogle situationer være irriterende/ afgørende, men når filmen først er hentet, kan den ses uden, at kvaliteten er anderledes end ved en hurtigere bredbåndsforbindelse.

Hvis tjenesten derimod anvendes i sand tid kan en langsom forbindelse medføre, at tjenesten bliver ubrugelig. Lad os se på en lægekonsultationssituation, hvor lægen umiddelbart skal hente et sæt



mammografi-scanninger, som fylder ca. 1 Gbyte. Med en bredbåndshastighed på 10 Mbps skal lægen vente ca. 13 minutter, og dette må typisk anses for at være for lang tid, hvis lægen også skal reflektere over mammografien, idet en standardkonsultation forudsættes at vare 12 minutter i gennemsnit. Et andet eksempel er et online spil-scenarie, hvor man skal hente et modul (for eksempel et nyt skjold) fra serveren; hvis dette modul kommer for sent i forhold til det igangværende spils krav, er kapaciteten ubrugelig til dette formål (man vil f.eks. være død i spil-sammenhæng). Den sidstnævnte type tjenester kræver, at der er høj kapacitet til rådighed i kort tid, mens de ikke nødvendigvis generer meget trafik total set.

## Forskellige applikationers downstream kapacitetskrav

I dette underafsnit angiver vi forskellige estimater for kapacitetskrav for nogle tjenester, som er relevante i de kommende 8 til 10 år:

### TV / streaming video:

I denne rapport's tidshorisont vil behovet på kort sigt være at levere HDTV 720p og på længere sigt HDTV 1080p. Det skal både på kort og længere sigt være muligt at modtage 3D tv i begge kvaliteter:

**Table 4.5.** Tendenser i kapacitetskrav for forskellige videokvaliteter

Format	Kapacitetskrav kortsigt	Kapacitetskrav langsigt
HDTV 720p	8 Mbps	4 Mbps
HDTV 1080p	15 Mbps	8 Mbps
3D TV 720p	11 Mbps	5 Mbps
3D TV 1080p	21 Mbps	10 bps

Disse kapacitetskrav gælder både for tv over managed IP og Over The Top (OTT) tjenester. Dog må det bemærkes, at for VoD er båndbreddebehovet typisk ca. det halve, da man har mulighed for at kode VoD mere effektivt end real-time tv.

I denne analyse har vi ikke regnet med, at UHDTV 4320p slår igennem i private husholdninger inden for notatets tidshorisont. I en anden analyse, som vi har refereret tidligere i rapporten (Harstead et al 2012) inkluderer man både almindelig og 3D versionen af UHDTV 4320p i et 2020-perspektiv. Et sådant forecast stiller selv sagt anderledes høje krav til den nødvendige kapacitet for streaming TV i 2020.

### Telefoni/Video telefoni:

Som tidligere nævnt er kapacitetskravene for almindelig telefoni nærmest ubetydelige i relation til dette notats mål, men videotelefoni kan dog kræve højere kapacitet. I nuværende anvendelser er et estimat på ca. 0,5 Mbps rimeligt for videotelefoni (TDC data). Dog er det vigtigt at bemærke, at hvis man vil bruge høj kvalitets video vil dette krav stige. For eksempel har en applikation som 'High Definition Tele Presence' samme kapacitetskrav som HDTV.

### Internet-tjenester

Mht. andre tjenester, der bruges på Internettet vil vi anføre følgende estimater. Det er vigtigt at bemærke, at samtidig anvendelse af flere af disse tjenester ikke leder til en simpel summering af kapacitetskravene. Dette skyldes, at man statistisk kan beregne, hvornår den enkelte tjeneste stiller krav om hvilken kapacitet, idet dette typisk ikke er eksakt sammenfaldende.

**Table 4.6.** Download kapacitetskrav for forskellige tjenester

Tjeneste	Kapacitetskrav	Kommentar
Browsing	3-10 Mbps	10 Mbps giver den laveste forsinkelse. (FCC 2012)
Musik streaming	1 Mbps	
Musik download	10 Mbps	
E-mail	10 Mbps	
Sociale netværk	10 Mbps	
Cloud drev*	10-100 Mbps	Adgang til dokumenter herunder billeder og video.
Home office*	10-100 Mbps	Arbejde hjemmefra og være i stand til at hente tunge dokumenter
File sharing/download*	10-100 Mbps	Dele dokumenter, billeder, film
Video on Demand*	10-100 Mbps	Mulighed for at downloade video i rimelig tid
Software distribution and update*	10-100 Mbps	Software update kan kræve download af filer fra nogle få Mbytes til flere 100 Mbytes/Gigabyte
E-books download	1-3 Mbps	
Online video game	3 Mbps	
Cloud video game*	10-100 Mbps	Afhængig af hvor meget der foregår på cloud vil der være brug for mere eller mindre kapacitet.
Home surveillance	2 Mbps	
E-learning**	10-100 Mbps	Afhænger af den konkrete implementering
E-health**	10-100 Mbps	Afhænger af den konkrete implementering
AAL applications**	10-100 Mbps	Afhænger af den konkrete implementering
E-shopping	10 Mbps	Med anvendelse af video
Augmented reality applications	20 Mbps	

\* Kapacitetskravet afhænger af hvor meget filerne fylder og hvad en rimelig ventetid er.

\*\* Kapacitetskravet i disse anvendelser afhænger af hvilke tjenester der indgår i dem.

## Symmetri

Da bredbåndsteknologierne og mere specifikt DSL-standardfamilien blev udviklet, var den overordnede forståelse, at brugen af Internet-tjenester er asymmetrisk af natur, dvs. at brugerne overvejende henter data fra nettet frem for at sende data til nettet. Denne forståelse har præget netdesignet; det har virket fint og har generelt opfyldt behovene i henhold til det brugsmønster, der har været gældende for private brugere i de sidste par årtier frem til i dag. Paradigmet blev i første omgang udfordret af P2P-tjenester, der

forudsætter højere upstream-kapacitet og dermed mere symmetrisk kapacitet. Den vigende P2P-aktivitet, der er beskrevet ovenfor, og som var forårsaget af øget streaming, gav mindre symmetri-krav, men nye typer af brugergenereret indhold og cloud tjenester er på vej frem. Disse stiller nogle andre krav til bredbåndsdesignet, som går mod mere symmetriske forbindelser.

I dette afsnit diskuterer vi de tjenester og applikationer, som stiller krav til upstream-kapacitet og estimerer disse krav. Der er to hovedtyper af tjenester, som stiller krav til upstream-kapacitet: 1) kommunikative tjenester og 2) tjenester som har brug for upload af data.

### **Kommunikative Tjenester**

Disse tjenester er to- eller flervejs kommunikationstjenester. Eksempler er traditionel taletelefoni, videotelefoni, interaktivt tv, on line spil, e-læring, e-sundhed mfl.

I kommunikative tjenester er den eventuelle video-komponent den absolut mest kapacitetskrævende både upstream og downstream. Dette gælder videotelefoni, men også diverse e-lærings- og e-sundheds-applikationer. Kravet fra video-komponenten afhænger både af omfang og af den kvalitet, der bliver efterspurgt.

I online spil, interaktivt-tv og smart home anvendelser afhænger kapacitetskravet af karakteren og de mængder af kommandoer, der bliver sendt – typisk er der ikke tale om store mængde data. Dog kan nogle online spil være ret krævende, men det er typisk svarhastigheden (latency) og ikke kapaciteten, der er afgørende.

### **Upload**

Lige som download-kapacitetskrav afhænger krav til upload af, hvor meget data der skal uploades. Svarende til download-situationen kan man principielt uploade store data mængder over en langsom forbindelse over længere tid. Denne lange tid kan opleves som alt fra at være irriterende til, at servicen bliver ubrugelig.

Som et regneeksempel kan vi se på en person, der vil uploade sine fotos til sin Drop Box. Det antages at dreje sig om 50 billeder på hver 4 Mbyte, dvs. i alt 200 Mbyte, der skal uploades over en dsl forbindelse med 1 Mbps up-stream. Dette vil tage ca. 25 minutter og kan være helt acceptabelt, hvis man planlægger efter det.

Et andet eksempel kan være en læge, som i en konsultation situation vil diskutere nogle højopløselige røntgenbilleder eller høj kvalitet foto af noget hudslæt med en specialist inden behandlingen af patienten fortsættes. Vi antager, at et røntgenbillede fylder 20 Mbyte, og at man vil diskutere 4 billeder, dvs. samlet 80 Mbyte og der er en 1 Mbps up-stream forbindelse til rådighed. Dette vil tage ca. 10 minutter, som kan være acceptabelt eller helt uacceptabelt afhængigt af den givne situation.

Hvis der er reel efterspørgsel efter sådanne applikationer, vil der typisk blive udviklet nye og effektive metoder, der håndterer problemerne mere effektivt. I lægescenariet vil der for eksempel blive udviklet centrale databaser, hvor begge læger har adgang til røntgenbillederne og dermed ikke bruger deres upstream kapacitet.

## Smart devices og deres rolle

Udviklingen af smart phones og tablets som efterhånden hele tiden er online, har medvirket til større brug af cloud tjenester, herunder cloud-drev til lagring af data. Alle disse forhold stiller øgede krav til upstream kapacitet samt til downstream kapacitet, når der f.eks. synkroniseres med andre devices.

## Forskellige applikationers upstream kapacitetskrav

### TV

I tv brugssituationen er det primært i interaktive tv-tjenester, der er brug for upstream kapacitet. Dette er dog ikke betydningsfuldt i forhold til dette notats diskussioner, idet der i dag er tale om at sende simple kommandoer for valg af forskellige programmer mm. Der ses dog scenarier, hvor der uploades brugerproducerede input f.eks. som kommentarer i sportsudsendelser, boligudsendelser mm.

### Telefoni/Video telefoni

Almindelig telefoni har et båndbreddekrav på 100 Kbps upstream, hvad der ikke er signifikant i bredbåndssammenhæng, men også her kan videotelefoni stille meget høje krav til upload. Vi estimerer upload for videotelefoni til at være omkring 0,5 Mbps, men hvis der bliver efterspurgt højkvalitets videokommunikation for eksempel i en situation, hvor man vil bruge sin HDTV terminal, vil der selvsagt kræves lang højre kapacitet.

### Internet-tjenester

I tabel 4.7 opstiller vi kapacitetskravene for nogle Internet-tjenester:

**Tabel 4.7.** Kapacitetskrav for forskellige upstream tjenester

Service	Kapacitetskrav	Kommentar
Musik upload	1-2 Mbps	
E-mail	1-10 Mbps	Afhænger af størrelsen af vedlagte filer
Sociale netværk	1-10 Mbps	Afhænger af niveauet af file sharing og video komponent
Cloud drev	10-100 Mbps	Adgang til upload af dokumenter herunder billeder og video
Home office	10-100 Mbps	Arbejde hjemmefra og være i stand til at uploade/sende tunge dokumenter
File sharing/upload	10-100 Mbps	Dele dokumenter, billeder, film. Kapacitetskrav afhænger af størrelsen af filer
AAL applications	1 Mbps	
Online video game	1-3 Mbps	
Home surveillance	2 Mbps	

<b>E-læring</b>	2-10 Mbps	Høj kvalitet video og upload af relative tunge filer kræver den høje kapacitet
<b>E-sundhed –bruger</b>	2-10 Mbps	Forudsætningen for den høje kapacitetskrav er at der er brug for høj kvalitet video og file upload
<b>E-sundhed –udbyder</b>	10-100 Mbps	Det kan være et mindre lægehus
<b>E-shopping</b>	2-10 Mbps	Det høje kapacitetskrav forudsætter anvendelse af høj kvalitet video komponent

## Scenarier

I dette afsnit diskuterer vi nogle mulige scenarier for bredbåndskapacitetskrav hos danske private husstande og smv'er baseret på analysen i forrige afsnit.

### Residential

#### *Far, mor og to børn - ekstrem*

Scenariet består af en familie med far, mor og to børn. Alle er meget teknikinteresserede, og bruger til en hver tid de nyeste teknologier. I dette scenarie regner vi med, at tre af familiemedlemmerne skal have mulighed for at modtage tre forskellige tv-tjenester i 3D HDTV kvalitet samt mulighed for at det 4. familiemedlem bruger en e-health/home office service. Dette medfører et behov på ca. 40-130 Mbps forbindelse downstream og en 10 Mbps upstream forbindelse.

#### *Far, mor og to børn - Normal*

I dette scenarie antager vi at der anvendes lavere kvalitet tv samt mindre båndbrede til cloud /download tjenester.

Scenariet består af en familie med far, mor og to børn. I dette scenarie regner vi med, at tre af familiemedlemmerne skal have mulighed for at modtage tre forskellige tv-tjenester, men i forskellige kvaliteter (en HDTV 720p og en HDTV 1080p og en 3D HDTV 1080p) samt mulighed for at det 4. familiemedlem bruger en cloud game service. Dette medfører et behov på ca. 30-70 Mbps forbindelse downstream og en 10 Mbps upstream

#### *Ældre ægtepar*

Her kan et høj-kapacitetskrævende scenarie være, at en af dem bruger e-læring samtidig med at den anden ser tv på HDTV kvalitet. Dette medfører et behov på 20 – 100 Mbps downstream og 10 Mbps upstream

### **SMV'er**

Som tidligere nævnt overstiger de fleste SMV'ers kapacitetskrav ikke det ekstreme privat-scenarie. Dog vil mange SMV'er have brug for mere upstream kapacitet i kraft af de servere de har stående. I det følgende ser vi på behovene for 3 forskellige SMV typer med varierende kapacitetsbehov.

#### ***E-læring udbyder:***

En e-læring udbyder som giver en klasseundervisning til en klasse på 20 studerende i en kvalitet, der svarer til High Definition Tele Presence, og hvor store dokumenter umiddelbart kan transporteres frem og tilbage efter behov, bør have minimum en 100 Mbps symmetrisk forbindelse.

#### ***Landbrugsvirksomhed***

En avanceret landmand vil typisk installere forskelligt overvågningsudstyr og sensorer for at være i stand til at holde styr på sit landbrug og sine kreaturer. Han har måske ikke brug for høj kapacitet downstream, men skal have en solid upstream kapacitet for at kunne sende store samlede informationsmængder.

#### ***Byggevirksomhed - Arkitekt***

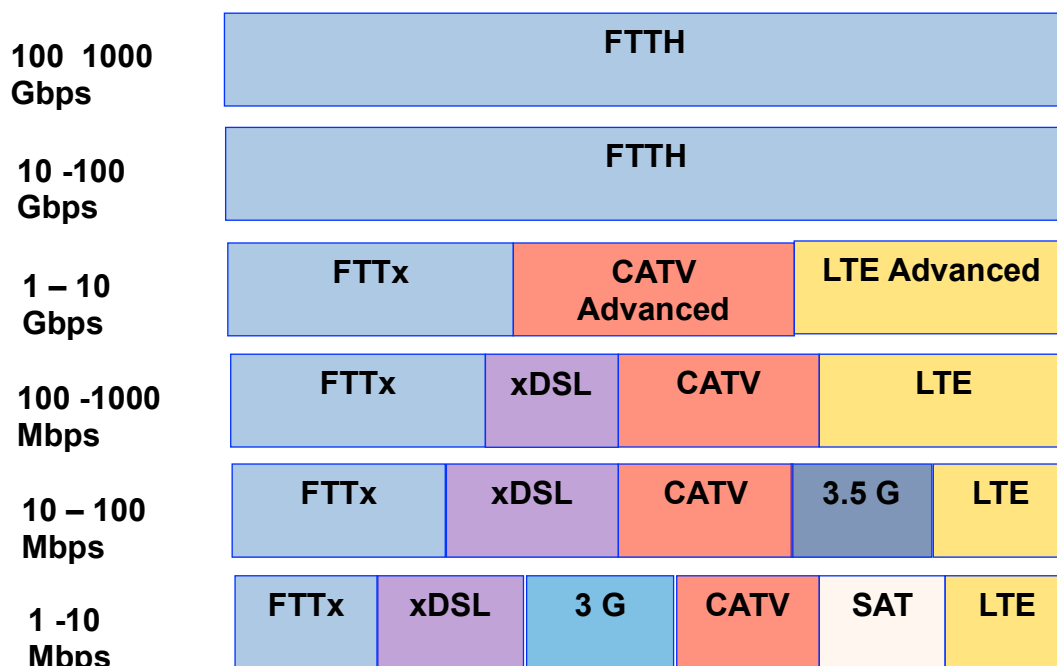
Moderne arkitekter vil udveksle mange rigtig tunge dokumenter, herunder 3D modeller af bygninger mm. Her vil selv en kapacitet på 100 Mbps symmetrisk være i underkanten af, hvad der er brug for.

## 5. Bredbåndsteknologier

Figur 5.1 giver en oversigt over de teknologier der anvendes i Access nettet. Det er vigtigt at

bemærke at oversigten er baseret på teknologiniveauet i dag/ den nærmeste fremtid. For eksempel er de teknologier, der kommer efter LTE advanced, altså 5. generation mobile ikke inkluderet.

Figur 5.1. Oversigt over bredbåndsteknologier



Note: Det er dog utænkeligt, at kapaciteter over 10 Gbps indgår i access-nettet for private husholdninger inden 2020.

Forkortelserne i figuren står for:

- FTTx: Fiber To The x, altså at fiber bruges i Access-nettet hele vejen til hjemmet eller til et sted tæt ved hjemmet. FTTx dækker for eksempel følgende arkitekturer: Fiber to the Home (FTTH), Fiber to the Neighborhood (FTTN), Fiber to the Curb (FTTC), Fiber to the Basement (FTTB)
- xDSL: Dette betegner DSL standard familien, som muliggør bredbånd over telefoninettet.
- CATV: Betegner de standarder der leverer bredbånd over kabel-tv. Der er ikke noget, der hedder CATV Advanced er ikke en gængs betegnelse. Her dækker det nye udviklinger, der kommer i fremtiden efter DOCSIS 3 standarden (jf. afsnit nedenfor).
- 3G, 3.5G, LTE og LTE Advanced: Betegner forskellige mobile bredbånd standarder
- SAT: betegner levering af bredbånd over satellit som er uinteressant i dette notat

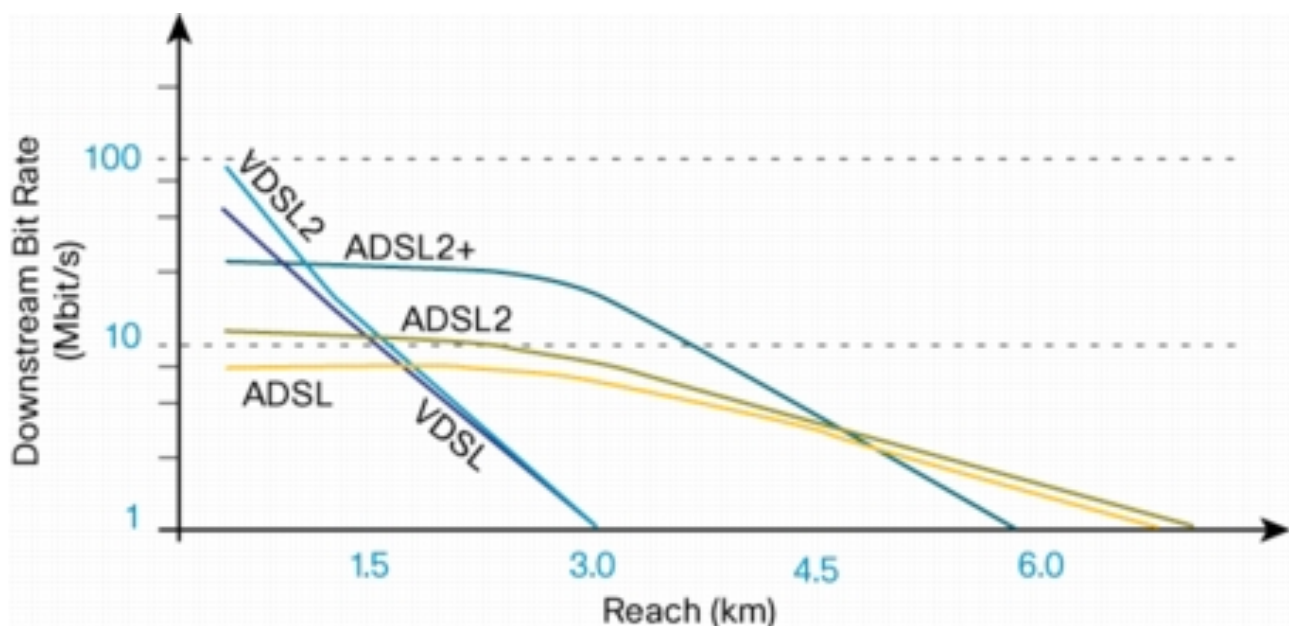
I det følgende giver vi en summarisk beskrivelse af de væsentlige standarder og teknologier, der anvendes i access-nettet til levering af bredbånd.

## xDSL

DSL standard-familien har været meget vigtigt i introduktion og udvikling af bredbånd i Danmark. DSL har den ulempe, at den er baseret på kobbernettet, som har begrænset kapacitet. Dog har teknologiudviklingen muliggjort levering af stadig højere kapacitet gennem kobbernettet. Den første standard var ADSL som leverer ca. 8 til 10 Mbps downstream og ca. 640 kbps upstream, og den nyeste som er i anvendelse i mange husstande, er ADSL2+ med 24 Mbps downstream og 1,2 Mbps upstream.

Det er vigtigt at bemærke, at disse kapaciteter falder med afstand mellem centralen og husstanden. Figur 5.2 illustrerer dette, og som det ses, er de ovennævnte kapaciteter kun opnåelige hvis man bor tæt ved centralen.

**Figur 5.2.** Kapacitet som funktion af afstand



Kilde: Cisco

En anden standard i DSL-familien som kan levere langt højere kapacitet er VDSL og dens videre udviklinger. Der er dog en vigtig forskel mellem ADSL og VDSL, idet VDSL slet ikke kan håndtere de afstande, der typisk er mellem husstande og centralen. VDSL- bredbåndsudstyr skal typisk installeres meget tættere på brugerne (fra få 100 meter op til ca. 1 km) i gadekabinetter og lignende, som medfører, at man skal etablere en fiberinfrastruktur ud til gadekabinetter. I VDSL opereres der med kapaciteter på 52 Mbps downstream og 2 til 11 Mbps upstream; i senere udviklinger af VDSL2 kan der leveres downstream på over 100 Mbps og upstream og ca. 40 Mbps downstream.

Tabel 5.1 opsummerer ovenstående beskrivelse.



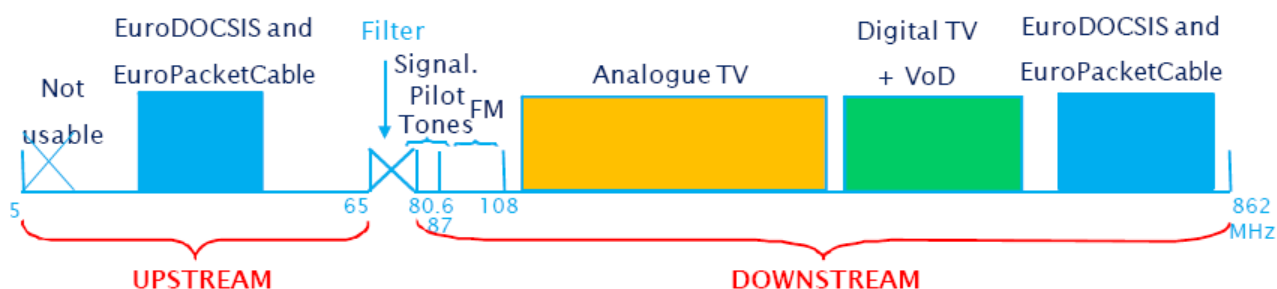
**Tabel 5.1:** xDSL downstream og upstream kapaciteter

Teknologi	Maximum Downstream	Maximum Upstream
ADSL	8 til 10 Mbps	640 Kbps
ADSL2	12 Mbps	1.2 Mbps
ADSL2+	24 Mbps	1.2 Mbps
VDSL	52 Mbps	2 to 11 Mbps
VDSL2	100 Mbps Plus	40 Mbps

### Kabel-tv

Kabel tv er en anden infrastruktur, som er meget udbredt i Danmark, og bredbånd over kabel-tv har også haft stort betydning for bredbåndsudbredelse i Danmark. Tekniske forhold indebærer, at den kapacitet, der er til rådighed i et kabeltv-system er langt højere end kobberbaserede DSL-systemer. Dog må det noteres, at kabel-tv er et delt medium, og den kapacitet, teknologien giver, deles mellem flere husstande.

**Figur 5.3.** Typisk kabel-tv spektrum



Figur 5.3 viser et typisk eksempel på, hvordan kapaciteten i kabel-tv anvendes. Heraf ses også, at så snart man stopper analogtransmission af tv-kanaler, bliver der mere plads til bredbånd.

Den standard, der anvendes til at levere bredbånd over kabel, hedder DOCSIS, og standarden er grundlæggende udviklet således, at man i downstream retning sender bredbånd i stedet for tv i nogle af de frekvensbånd, som oprindeligt blev brugt til at sende tv-kanaler (8 MHz i Europa/Danmark og 6 MHz i USA). Da udstyr med den amerikanske DOCSIS standard var hurtigere på markedet, er der dog mange danske

kable-tv-udbydere, der anvender den amerikanske version. I upstream retning har man defineret en struktur, hvor der kan anvendes forskellige båndbreder for bredbånd (fra 200 KHz til 640 MHz).

I DOCSIS 1 og 2 kan man kun arbejde med en tv-kanal, og dette giver en kapacitet på ca. 50 Mbps downstream og ca. 10Mbps upstream

I DOCSIS 3, som er i anvendelse i forskellige kabel-tv-systemer, kan man bruge frekvenser svarende til 8 tv-kanaler downstream og 4 kanaler upstream samtidig, som medfører, at man kan levere over 300 Mbps downstream og ca. 120 Mbps upstream

## Fiber

Fiber er den infrastruktur, som kan levere højest kapacitet. Fiber anvendes i stor stil i core-nettet og i betydeligt omfang i access-nettet. I dag er der ca. 850.000 'homes passed' i Danmark.

I modsætning til DSL og kabel-tv er fiber infrastruktur stort set ikke-eksisterende, men skal etableres, og som bekendt kræver det høje omkostninger at etablere en ny infrastruktur, herunder fiber.

Fiber indgår i andre access-infrastrukturer som for eksempel VDSL, men hvis vi skal se på rene fiber-løsninger, skelnes der mellem to arkitekturer: Passive Optical Network (PON) og Point to Point.

I PON systemer deler flere husstande en strækning af fiber-infrastrukturen i access-nettet (fra centralen til et bestemt punkt i nærheden af husstandene), som reducerer omkostningerne ved at etablere PON-systemer. På den anden side medfører dette, at husstandene deler den kapacitet, der er til rådighed i infrastrukturen.

I Point-to-Point etableres der en fiber linje hele vejen fra centralen til den enkelte husstand.

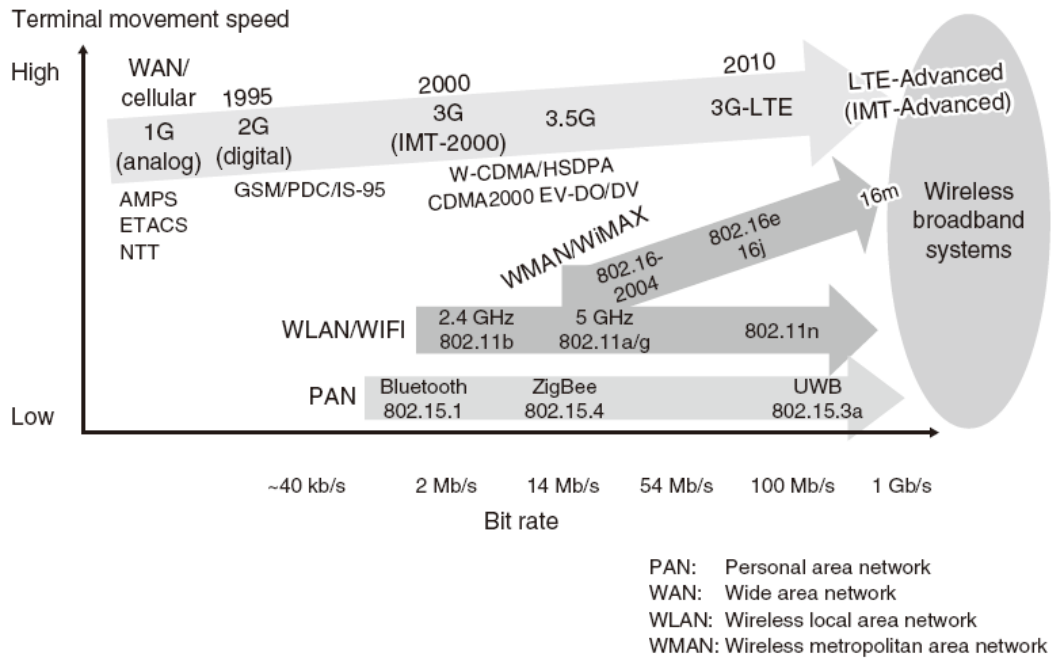
Som nævnt tidligere er kapaciteten i fiber meget høj. Dog er det vigtigt at bemærke, at selv når man har etableret fiber-infrastrukturen stiger omkostningerne for termineringsudstyr med kapaciteten, således at omkostningerne for at bringe en bestemt kapacitet i anvendelse er højere jo højere kapaciteten er.

## Mobilt bredbånd

De standarder, der leverer mobilt bredbånd, starter med 3G og slutter i øjeblikket med LTE Advanced.

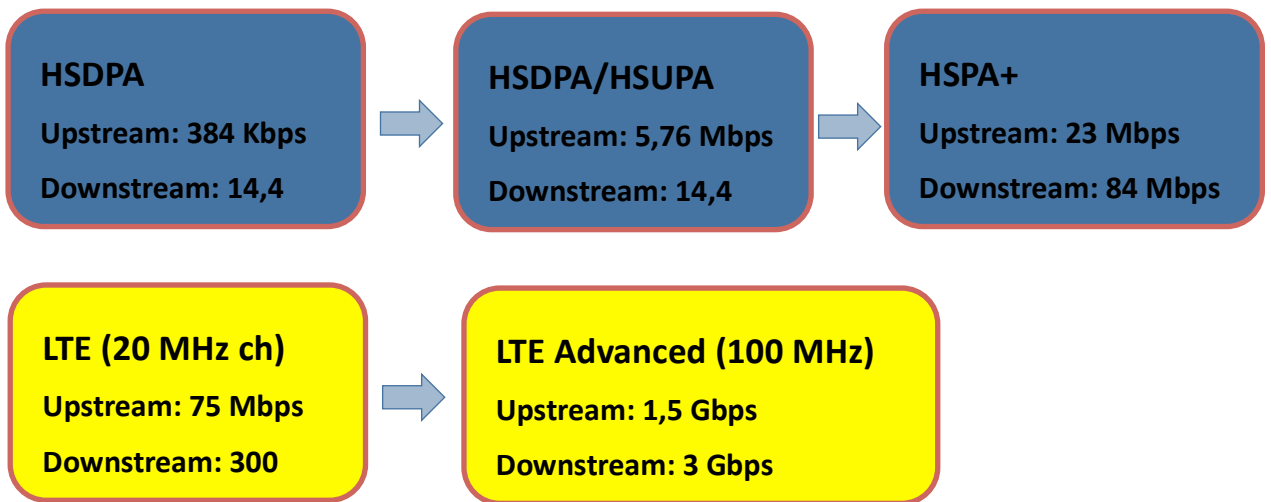
Figur 5.4 giver en god illustration af udviklingen:

**Figur 5.4.** Udviklingen i mobilt bredbånd



Figur 5.5 giver et oversigt over kapaciteterne fra 3,5 G (HSPDA) til LTE Advanced:

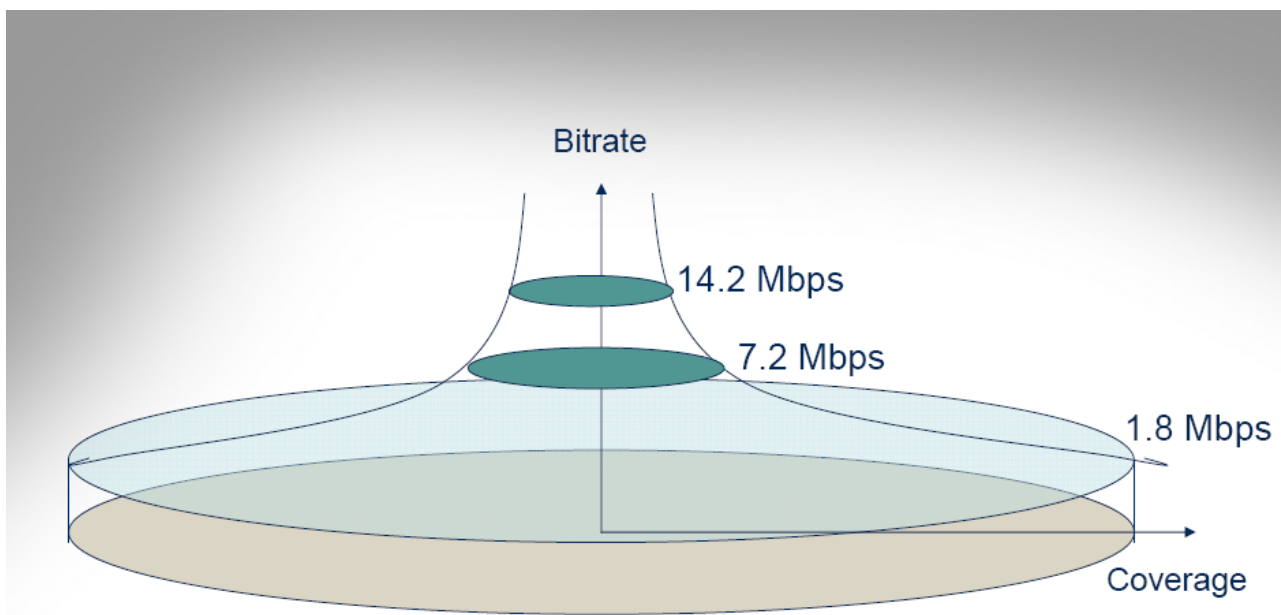
**Figur 5.5.** Upstream og Downstream kapaciteter 3,5 G til LTE



Kilde: delvis baseret på UMTS 2008

Også i mobilt bredbånd er det en vigtig parameter, at kapaciteten falder med afstanden. Dette er illustreret i figur 5.6 for et HSPDA system.

**Figur 5.6.** kapacitet som funktion af dækning (afstand) i mobil bredbånd



Kilde: Ericsson

Desuden er 'mobil' også et delt medium. Så de kapaciteter, som man få leveret til den enkelte bruger, kan være langt fra de kapaciteter, som man opnår, hvis man opholder sig i nærheden af en mobilmast, og man er den eneste, der er på nettet, i mastens celle.

## 6. Konklusion

Formålet med notatet er at fremlægge og diskutere materiale, som kan belyse behovet for bredbåndskapacitet i access-nettene frem til 2020. Som udgangspunkt er der set på den aktuelle bredbåndskapacitet i Danmark og enkelte andre lande. Med hensyn til udbredelse af bredbånd står Danmark særdeles pænt i internationale statistikker (aktuelt nr. 3 i OECD's bredbåndsstatistik), men med hensyn til efterspurgt båndbredde ligger Danmark noget tilbage. Ikke fordi det ikke er muligt at få større kapacitet leveret. 65 % af husholdninger og virksomheder i Danmark har i 2012 adgang til en bredbåndsforbindelse på mindst 100 Mbps. Men der var kun 0,7 % af bredbåndsabonnenterne, der faktisk abonnerede på en forbindelse på 100 Mbps eller mere.

I notatet har vi gennemgået båndbreddekrav for en lang række forskellige serviceydelser og anvendelser og opstillet scenarier på baggrund af disse med henblik på at indkredse den sandsynlige behovsudvikling. Scenarierne for private husholdninger peger mod et downstream behov på 40-130 Mbps og et upstream behovet på 10 Mbps. For SMV'ers vedkommende er hovedkonklusionen, at deres båndbreddekrav i de fleste tilfælde ikke adskiller sig væsentligt fra en husholdning med stort kapacitetsbehov, men med store variationer mellem forskellige virksomhedsområder.

De kapacitetsbehov, vi har kunnet identificere i dette notat, er således ikke substantielt forskellige fra de behov, som er estimeret i de rapporter og videnskabelige papirer, som er refereret i notatets afsnit 2. Downstream-behovet vil i 2020 ligge på op til ca. 100 Mbps, mens upstream-behovet vil være ca. 10 Mbps.

Hvor mange husholdninger/ SMV'er, der placerer sig i den øvre ende af behovsskalaen afgøres imidlertid ikke alene af behovs-/ efterspørgselssiden. Vi har i notatet foretaget en 'alt andet lige' analyse. Den udvikling, vi faktisk vil se, vil være påvirket af pris-/ omkostningsudviklingen og politikudviklingen på området. Da der er en gensidig påvirkning mellem efterspørgslen af tjenester og applikationer og udbuddet af net-infrastruktur kan ændringer i disse forhold sætte en dynamisk udvikling i gang. Efterspørgslen af tjenester og applikationer påvirker udbuddet af kapacitet, og stigende kapacitet i nettene vil påvirke udviklingen af båndbreddekrævende anvendelser.

## Referencer

Akamai (2012) *The state of the Internet, 2nd quarter, 2012 report*, Akamai.

Arthur D. Little (2011) *Socioeconomic effects of broadband speed*, December 2011, Research project, Stockholm.

Dansk Energi (2009) *Vision 2015 – 100 megabit til alle*, Dansk Energi.

Erhvervsstyrelsen (2012 a) *Telestatistik – første halvår 2012*, Erhvervsstyrelsen.

Erhvervsstyrelsen (2012 b) *Engrosmarkedet for bredbåndstilslutninger (marked 5)*, Erhvervsstyrelsen.

Erhvervsstyrelsen (2012 c) *Bredbåndskortlægning 2012*, Erhvervsstyrelsen.

Erhvervsstyrelsen, *Bredbåndsmåleren*, <http://borger.itst.dk/verktøjer/bredbaandsmaaleren>.

Erhvervs- og Vækstministeriet (2012) *Bredbåndskortlægning 2011*, Erhvervs og Vækstministeriet.

European Commission (2010) *A digital agenda for Europe*, Brussels, 26.8.2010, COM(2010) 245 final/2.

FCC (2011) *Measuring broadband America – A report on consumer wireline broadband performance in the U.S.*, FCC.

Fischer W. (2012), *Digital Video and Audio Broadcasting Technology – A practical engineering guide, Third Edition*, Springer 2012

Gartner (2009), *Vurdering af fremtidens behov for bredbånd*, 30. oktober 2009, rapport udarbejdet for IT & Telestyrelsen og Hastighedskomiteen.

Harrop, Warren & Armitage, Greenville (2006) *Quantifying the broadband access bandwidth demands of typical home users*, Australian Telecommunication Networks & Applications Conference (ANTAC), Australien, December 2006.

Harstead, Ed & Sharpe, Randy (2012) *Future Fiber-To-The-Home bandwidth demands favor Time Division Multiplexing Passive Optical Networks*, *IEEE Communications Magazine*, November 2012, s. 218-223.

ITIF (2009) *The need for speed: The importance of next-generation broadband networks*, The Information Technology & Innovation Foundation.

ITST (2009) *Infrastruktur*, Bilagssamling til 'Danmark som højhastighedssamfund', IT & Telestyrelsen.

ITST (2010) *Danmark som højhastighedssamfund*, IT & Telestyrelsen.

McCann K. (2006), "HDTV in Europe: Theory and Practice," *EBU Journal*, No. 18, June 2006, pp. 7.

McCann K. and Mattei A. (2012), *Technical Evolution of the DTT Platform, An independent report by ZetaCast, commissioned by Ofcom*, 28 January 2012, Zetacast

OECD *OECD broadband portal*,  
<http://www.oecd.org/internet/broadbandandtelecom/oecdbroadbandportal.htm>.

Sandvine (2011), *Global Internet Phenomena Report*, Fall 2011

Telegeography (2012) *Global bandwidth research service*, Telegeography.

UMTS (2008), *Towards Global Mobile Broadband Standardising the future of mobile communications with LTE (Long Term Evolution)*, A White Paper from the UMTS Forum, February 2008

Ventura (2008) *Study to assess broadband bandwidth usage and key trends in Europe* - Produced independently by Ventura Team LLP for the Fibre to the Home Council Europe, Ventura.