

Bilag 1: Teknologier på det danske bredbåndsmarked

Teknisk beskrivelse af tilgængelige teknologier

Juli 2026



Indholdsfortegnelse

1	INFRASTRUKTURER TIL LEVERING AF BREDBÅND	1
1.1	ACCESSNET	1
1.2	KOBBERNET	1
1.3	COAX-NET	2
1.4	FIBERNET	4
1.5	TRÅDLØSE FORBINDELSER	5
1.6	FAST TRÅDLØS	6
1.7	MOBILT BREDBÅND	7

UDKAST

1 Infrastrukturer til levering af bredbånd

Bredbåndsforbindelser udbydes i Danmark på en række teknologier henholdsvis; kobber, coax, fiber, fast trådløst og 5G mobilt bredbånd. De forskellige teknologier kan i varierende grad opfylde forbrugernes efterspørgsel efter bredbånd. I de følgende afsnit beskrives teknologiernes egenskaber.

1.1 Accessnet

Når de mulige bredbåndsteknologier skal sammenstilles med forbrugernes efterspørgsel efter bredbånd, er det relevant at skelne mellem accesnettet og den mere centrale infrastruktur, der betegnes som transportnettet eller backbonenettet (herefter backbonenettet).

Accesnettet er den del af nettet, der er tættest på detailkunderne, mens backbonenettet, lidt forsimplet sagt, samler trafikken op fra de mange accesnet og giver detailkunderne mulighed for at tilgå internettet via deres bredbåndsforbindelse. Backbonenettet er baseret på fiber og er identisk uanset hvilken type accesnet, der er tale om.

Det er således i accesnettet, at de forskellige bredbåndsteknologier adskiller sig fra hinanden. Egenskaber og dermed muligheder og begrænsninger varierer alt efter, hvilken acces teknologi der er tale om. En vigtig forskel mellem de forskellige bredbåndsteknologier er de hastigheder og den kvalitet, der er mulighed for at tilvejebringe over accesforbindelsen.

1.2 Kobbernet

Kobbernettet er kendetegnet ved, at jo kortere kobberstrækningen er fra detailkunden til centralen (eller til et fremskudt indkoblingspunkt), desto højere båndbredde kan der tilvejebringes over kobberkablet.

Kobberet er opdelt i en lav- og højfrekvent transmissionsdel. Den lavfrekvente del kan anvendes til (traditionel) kredsløbskoblet taletelefoni, mens den højfrekvente del kan anvendes til datatransmission. Når kobberforbindelsen ud til detailkunden bestykses med det rette udstyr, kan den anvendes til at producere en bredbåndsforbindelse og dertil knyttede tjenester.

Kobbernettets båndbredde er historisk blevet forøget på forskellige måder. Det er blandt andet blevet gjort ved at mindske kobbertråddens længde, ved at flytte det tekniske udstyr tættere på detailkunden. Ligeledes er det blevet gjort ved at anvende VDSL sammen med forskellige teknologier – blandt andet pair bonding, vectoring og VPLUS.

I de fleste tilfælde er up- og downloadhastighederne på kobberforbindelser forskellige, og downloadhastighederne er væsentligt højere end uploadhastighederne. Eksempelvis understøtter en kobberforbindelse med en downloadhastighed på 200 Mbit/s typisk en uploadhastighed på 70 Mbit/s, mens en kobberforbindelse med downloadhastighed på 100 Mbit/s typisk understøtter en uploadhastighed på 24 Mbit/s til 35 Mbit/s.

Figur 1: Fordelingen af mulige hastigheder på kobber i 2025

Downloadhastighed	2025 Antal husstande
Mindst 1000 Mbit/s	-
Mindst 500 Mbit/s, under 1000 Mbit/s	-
Mindst 250 Mbit/s, under 500 Mbit/s	-
Mindst 100 Mbit/s, under 250 Mbit/s	371.551
Mindst 50 Mbit/s, under 100 Mbit/s	436.732
Under 50 Mbit/s	1.372.327

Kilde: Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens beregninger baseret på data fra Digitaliseringsstyrelsen.
 Note: Hastighederne er de teknisk mulige hastigheder og ikke de udbudte hastigheder.

Kobbernettet dækker 68,7 pct. af husstandene i Danmark i 2025. Figur 1 viser fordelingen af mulige hastigheder for kobberforbindelser. Det fremgår, at alene 17,0 pct. af kobberforbindelser kan tilvejebringe over 100 Mbit/s downloadhastighed. Dermed er langt størstedelen af kobbernettet alene i stand til at tilvejebringe hastigheder under 100 Mbit/s.

TDC har påbegyndt nedlukningen af kobbernettet, og forventer at være færdige inden udgangen af 2030. De første 10 centraler forventes lukket i løbet af januar 2025.¹

1.3 Coax-net

Coax-net er opbygget i en træstruktur, hvor samtlige forbindelser, der er tilsluttet samme "ø", deles om den tilgængelige kapacitet.

Coax-nettene blev oprindeligt bygget med coax-kabler, men som følge af fiberkabernes længere rækkevidde og højere kapacitet anvendes disse i stigende grad længere ude i nettet. Der findes derfor både coax-net, hvor hele accesnettet består af coax-kabler, hybridnet, hvor coax-kablerne i den centrale del af accesnettet er erstattet af fiber-kabler, samt coax-net, hvor der udelukkende anvendes fiber-kabler i accesnettet, men hvor det tekniske udstyr er DOCSIS-udstyr.

Alle typer af signaler (tv, bredbånd m.v.) transporteres i coax-nettet på forskellige kanaler i det tilgængelige frekvensspektrum. Det er coax-nettejereren, der afgør, hvor stor en del af frekvensspektrummet (antal kanaler) der allokeres til henholdsvis up- og downloadtrafik for bredbåndstjenester samt til tv-kanaler. Antallet af reserverede bredbåndskanaler bestemmer den samlede tilgængelige up- og downloadkapacitet i nettet. Der er dog tekniske begrænsninger for, hvilke dele af spektrum (antal kanaler), der kan anvendes til uploadkapacitet, og coax-nettene er derfor i dag typisk struktureret således, at de giver mulighed for betydeligt højere downloadhastigheder end uploadhastigheder og dermed asymmetriske

¹ Kobber Nedlukning | Skift til Fremtidens Teknologier med Sikkerhed (tdc.dk)

hastigheder. Eksempelvis understøtter en coax-baseret bredbåndsforbindelse med en downloadhastighed på 1 Gbit/s typisk en uploadhastighed på 500 Mbit/s.

I de seneste år har coax-nettet fået tilføjet opgraderinger, DOCSIS 3.1, der har betydet en forøget kapacitet i nettet, hvilket bevirker til en general øget hastighed. Ved DOCSIS 3.1 samt nye lanceringer af CPE/routere, vil det være muligt at kunne tilbyde downloadhastighederne, der overstiger 1 Gbit/s til detailmarkedet.

Figur 2 viser fordelingen af mulige hastigheder for coax-forbindelser. Det fremgår, at 87,5 pct. af alle coax-forbindelser kan tilvejebringe en hastighed på mindst 1 Gbit/s i 2025, mens 7,7 pct. af forbindelserne kan tilvejebringe hastigheder i spændet fra 250 Mbit/s til 500 Mbit/s.

Figur 2: Fordelingen af mulige hastigheder på coax i 2025

Downloadhastighed	2025 Antal husstande
Mindst 1000 Mbit/s	1.637.434
Mindst 500 Mbit/s, under 1000 Mbit/s	88.096
Mindst 250 Mbit/s, under 500 Mbit/s	144.358
Mindst 100 Mbit/s, under 250 Mbit/s	472
Mindst 50 Mbit/s, under 100 Mbit/s	-
Under 50 Mbit/s	1

Kilde: Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens beregninger baseret på data fra Digitaliseringsstyrelsen.

Note: Hastighederne er de teknisk mulige hastigheder og ikke de udbudte hastigheder.

TDC har løbende foretaget opgraderinger i coax-nettet, og efter Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens forståelse planlægger TDC stadig at opgradere i teknologien, i de områder hvor TDC ikke har egen fiberinfrastruktur tilgængelig, for at kunne efterleve den fremtidige efterspørgsel. I områder, hvor TDC også råder over egen fiberinfrastruktur, har TDC annonceret, at de fremadrettet kun vil fokusere på at udvikle fiberinfrastrukturen og således migrere coax-kunder over på fiber via fiber-aktiveringskampagner.

Norlys, som også ejer coax-net, har i forbindelse med Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens markedsafgørelse² over for selskabet erklæret, at selskabet vil lukke det coax-net, som Norlys har fuldt ejerskab over i selskabets SMP-område³. Norlys ejer imidlertid stadig coax-net uden for selskabets SMP-område, ligesom Norlys i øvrigt drifter coax-net for en række foreninger.

² Erhvervsstyrelsens markedsafgørelser af 17. december 2021 på engrosmarkedet for netadgang til højkapacitetsinfrastruktur (M3HC) over for Norlys.

³ Delmarkedet Midt- og Syddjylland

1.4 Fibernet

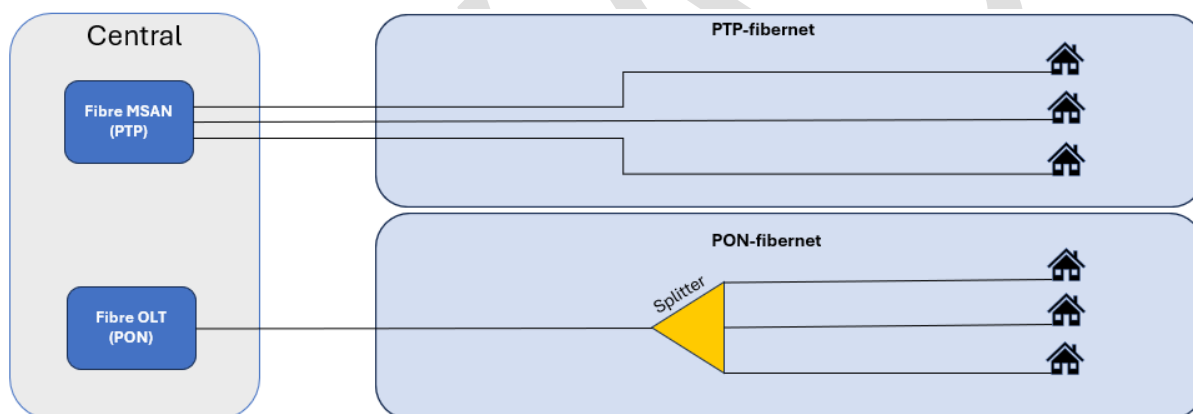
Fiber er i dag den primære teknologi på bredbåndsmarkedet. Netejerne ruller fortsat fiber ud for at kunne tilbyde højkapacitets-bredbånd til private og erhvervsvirksomheder.

Fibernettet består af mikroskopiske glastråde, der kan transportere data via lysimpulser. Det betyder, at fibernettet kan transportere datatrafik til op mod lysets hastighed.

Fiberteknologien er modsat de andre fastnetsteknologier (coax og kobber) primært hastighedsbegrænset af det udstyr som en fiberforbindelse er bestykket med, henholdsvis transmissions- og endeudstyr. Teoretisk set kan fibernettet på lang sigt potentielt tilvejebringe symmetriske up- og downloadhastigheder på op til 1000 Tbit/s, aktuelt er den teoretisk maksimale hastighed 100 Gbit/s. De højeste hastigheder der tilbydes i dag, er på op til 2,5 Gbit/s.

Accessnettet i et fibernet kan enten bygges op som et punkt-til-punkt-net (PTP) eller som et punkt-til-multipunkt-net (PON). De to typer af netopbygning er vist i figur 3 nedenfor.

Figur 3: Illustration af PON-og PTP fibernet



Kilde: Erhvervsstyrelsen

I et PTP-fibernet har hver detailkunde en dedikeret fiberforbindelse fra husstanden til en optisk linjeterminal (OLT), som er placeret i en central.

Modsat PTP-nettet anvender PON-nettet optiske splittere i gadeskabe, der forgrener fiberen ud til de enkelte detailkunder. Fra gadeskabet, hvor splitteren er placeret og tilbage i nettet er der fællesudnyttelse af en fiberforbindelse pr. splitter. Fiberstrækningen fra OLT'en og frem til gadeskabet deles således af flere detailkunder, og der anvendes derfor langt færre fibre til at forbinde hver enkelte detailkunde. De nuværende optiske splittere kan typisk servicere hhv. 16, 32, 64 og 128 detailkunder, hvor ratioen 1:32 er det mest almindelige. Gadeskabet kan dog indeholde mere end én passiv splitter og dermed gøre det muligt at dække et større antal detailkunder.

Et PON-net har således typisk lavere driftsomkostninger end et PTP-net. Dertil er PTP-nettet typisk dyrere at anlægge, da der skal føres separate fiberkabler til hver detailkunde på strækningen mellem centralen og husstanden.

Tidligere blev størstedelen af fibernetten bygget op som PTP-net, mens netejerne i dag primært udbygger med PON-net til privatkunder. PTP-net udrulles stadig, men er særligt henvendt til erhvervskunder, som har høje specifikke krav til deres fiberforbindelse. Da PON-net er billigere at anlægge og drifte end en PTP-net, er PTP-net tilmed gennem tiden blevet konverteret til PON-net.

Fibernettet dækker 86,2 pct. af husstandene i Danmark i 2025. Figur 4 viser fordelingen af mulige downloadhastigheder på fiber. Det fremgår, at 99,9 pct. af fiberforbindelserne kan tilvejebringe en mulig downloadhastighed på mindst 1 Gbit/s.

Figur 4: Fordelingen af mulige hastigheder på fiber i 2025

Downloadhastighed	2025 Antal husstande
Mindst 1000 Mbit/s	2.929.340
Mindst 500 Mbit/s, under 1000 Mbit/s	-
Mindst 250 Mbit/s, under 500 Mbit/s	-
Mindst 100 Mbit/s, under 250 Mbit/s	757
Mindst 50 Mbit/s, under 100 Mbit/s	-
Under 50 Mbit/s	1

Kilde: Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens beregninger baseret på data fra Digitaliseringsstyrelsen.
 Note: Hastighederne er de teknisk mulige hastigheder og ikke de udbudte hastigheder.

Opgraderingen af fibernettet i form af XGS-PON-teknologien er allerede påbegyndt og har til formål at øge hastigheden i fibernettet. Ved etableringen af XGS-PON udskiftes linjekort på telecentralerne i access-delen, samt kundeudstyret hos de enkelte husstande. Portene i de nye XGS-PON linjekort kan håndtere større mængder data, hvorved den tilgængelige kapacitet for detailkunderne bliver udvidet. På detailmarkedet er det i dag i udvalgte områder allerede muligt at tilvejebringe hastigheder op til 2,5 Gbit/s.

1.5 Trådløse forbindelser

Udover kablede teknologier i accessnettene (kobber, coax og fiber) er det også muligt at benytte forskellige trådløse teknologier til at etablere bredbåndsforbindelser.

Det er som udgangspunkt alene accesnettet, der består af trådløs teknologi, dvs. strækningen fra detailkunden til basestationen, som udgør det første fordelingspunkt. Den videre transport af data fra basestationen – dvs. i backbonenet – foregår som for de øvrige access-teknologier typisk i en fiberbaseret infrastruktur.

Trådløse net er baseret på det frekvensspektrum, der er til rådighed for netejeren. Frekvensspektrummet udgør den infrastruktur, som et teleselskab skal have adgang til for at etablere en trådløs bredbåndsforbindelse til detailkunden.

Båndbredden på en trådløs forbindelse er begrænset af det tilgængelige frekvensspektrum. En opgradering af båndbredden vil derfor i visse tilfælde kræve, at der er ledigt frekvensspektrum til rådighed. Båndbredden er endvidere begrænset af vejrforhold, hvorvidt detailkunden er i bevægelse, samt om signalet forstyrres af landskab eller bygninger. Afstanden til den enkelte basestation har samtidig en helt central rolle for, hvilken hastighed den enkelte detailkunde kan opnå.

1.6 Fast trådløs

I et fast trådløst net sendes signalet trådløst fra udstyret i en basestation til udstyr placeret på et fast sted hos detailkunden. Det er vigtigt for signalet, at der er "line of sight" mellem basestationen og detailkunden. Dog gælder det, at desto lavere frekvenser, der benyttes, desto mindre betydning har kravet om "line-of-sight".

Opbygningen i et fast trådløst net betyder, at netejere kan tilbyde garanterede hastigheder til den enkelte detailkunde, idet der er tale om en dedikeret forbindelse, hvor detailkunden altid vil have adgang til forbindelsens fulde tilgængelige båndbredde. Det gør det muligt for netejere at tilrettelægge hver forbindelse ud til detailkunden ud fra dennes efterspørgsel.

Faste trådløse forbindelser kan fx anvendes til specielle løsninger, typisk rettet mod erhvervsmarkedet, med henblik på at forbinde knapt så tilgængelige punkter, herunder til fx at forbinde vindmøller. Derudover anvendes faste trådløse forbindelser til egentlige bredbåndsløsninger rettet mod privatkundemarkedet, fx i områder hvor en kablet forbindelse kun kan tilvejebringes med begrænset båndbredde.

I Danmark er der omkring 221.700 husstande, som er dækket med fast trådløst net i 2024. Figur 5 nedenfor viser fordelingen af mulige hastigheder for fast trådløse forbindelser. Det fremgår, at 99,1 pct. af forbindelserne kan tilvejebringe teknisk mulige downloadhastigheder på under 250 Mbit/s.

I teorien understøtter fast trådløst bredbånd symmetriske up- og downloadhastigheder. I praksis varierer uploadhastighederne alt efter, hvilke downloadhastigheder der er på forbindelserne, og hvem der udbyder dem.

Figur 5: Fordelingen af mulige hastigheder på fast trådløs i 2025

Downloadhastighed	2025 Antal husstande
Mindst 1000 Mbit/s	20
Mindst 500 Mbit/s, under 1000 Mbit/s	1.187
Mindst 250 Mbit/s, under 500 Mbit/s	764
Mindst 100 Mbit/s, under 250 Mbit/s	184.200
Mindst 50 Mbit/s, under 100 Mbit/s	5.912
Under 50 Mbit/s	35.028

Kilde: Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens beregninger baseret på data fra Digitaliseringsstyrelsen.
 Note: Hastighederne er de teknisk mulige hastigheder og ikke de udbudte hastigheder.

Konkurrence- og Forbrugerstyrelsen er ikke bekendt med at der foretages opgradering af fast trådløs teknologi i Danmark.

1.7 Mobilt bredbånd

I et mobilnet sendes signalet trådløst fra udstyret i en basestation til routeren som er placeret hos brugeren. Den fulde tilgængelige kapacitet deles mellem de brugere, der aktuelt befinder sig – og benytter forbindelsen – i den enkelte basestations dækningsområde. Da antallet af brugere, herunder også forbrugernes mobiltelefoner, der benyttes i basestationens dækningsområde, varierer over tid, vil den hastighed, som den enkelte bruger oplever, tilsvarende variere.

Accessnettene er blevet bygget med henblik på trådløs mobilkommunikation og sikre bred dækning samtidig med tilpasningen til den stigende efterspørgsel efter højhastighedsinternet og mere krævende mobilapplikationer. Trådløse netværk har gennemgået flere generationer af teknologi, som f.eks. 3G og 4G, hvilket har ført til forbedringer i kapacitet, hastighed og funktionalitet.

5G er den seneste generation af mobilteknologi og er designet til at tilvejebringe betydeligt mere kapacitet end 4G-netværket. Flere frekvensbånd er blevet tilgængelige, og de danske mobil-netejere har alle har erhvervet sig rettigheder til anvendelse af flere frekvensområder herunder 700 MHz, 3,5 GHz samt 26 GHz.⁴

Højere frekvenser giver mulighed for at bære mere data, idet der er bedre plads til brede radiokanaler i de høje frekvensbånd. Hvor 4G er begrænset til en maksimal radiokanalstørrelse på 20 MHz, tillader 5G-standarderne anvendelsen af radiokanaler på 100 MHz på 3.5 GHz frekvensbåndet, og op til 400 MHz ved anvendelsen af frekvensbånd over 24 GHz. Dette vil sammen med brugen af netværksfunktionaliteter som fx carrier aggregation, der kombinerer flere frekvensbånd, øge den samlede mulighed for data-transmission.

⁴ [Auktioner og udbud](#)

Valget af frekvensbånd spiller en central rolle i udformningen af trådløse netværk og påvirker direkte, hvor mange basestationer der er nødvendige for at opfylde de ønskede kapacitetskrav. Lavere frekvenser har normalt længere rækkevidde og bedre gennemtrængningsevne, hvilket gør dem velegnede til at dække større områder og trænge igennem bygninger. Højere frekvenser giver større kapacitet, men har kortere rækkevidde og gennemtrængningsevne, hvilket især er gældende på millimeterfrekvenserne over 24GHz.

Dette indebærer bl.a., at et teleselskab ikke kan tilvejebringe en garanteret hastighed til hver enkelt bruger, men derimod estimere hastigheden i det specifikke geografiske område, baseret på teleselskabets egen infrastruktur samt forskellige trådløse variabler.

Før selskaberne kan anvende alle 5G's funktioner indebærer det, at både accesnettet og corenetværket er opgraderet til 5G-standarden. De danske teleselskaber har siden 2018 løbende integreret teknologien i den eksisterende 4G-infrastruktur, hvilket gør det muligt at trinvist introducere nye 5G-tjenester, såsom forbedret dækning og højere båndbredde. Denne udrulningsform er også kaldet *Non-Standalone (NSA)*.

Standalone (SA) er betegnelsen for et selvstændigt 5G-netværk, uden afhængigheder af tidligere generationer af netværksinfrastruktur. Opgraderingen til 5G-SA vil bl.a. muliggøre, at forskellige netværksfunktioner bliver implementeret som softwareapplikationer. En central funktion i 5G-SA, der udnytter en softwarebaseret netværksarkitektur, er Network Slicing. Funktionen giver teleselskaberne en forbedret styring af netværket ved at tillade opdeling af det fysiske 5G-netværk i flere uafhængige virtuelle netværk til forskellige formål. Hvert slice kan dermed konfigureres til formål som f.eks. krav til dedikeret kapacitet, ekstra høj opetid, lav forsinkelse, høje båndbredder eller kombinationer af anvendelsesscenarier. Dette tillader også, at virksomheder fx kan få deres eget lokale 5G-netværk.

I Danmark har netejernes tilgang til udrulning af 5G været baseret på en NSA-tilgang. I efteråret 2023 var TDC-Net første netværksoperatør der implementerede 5G SA, mens de resterende 5G-netejere, HI3G, Telenor og Norlys efterfølgende har opgraderet deres infrastruktur til 5G-Standalone.

Denne opgradering til 5G-SA repræsenterer både en teknologisk opgradering og en nødvendig infrastrukturforandring. Det skal dog bemærkes, at opgraderingen ikke nødvendigvis giver en øjeblikkelig forbedring af brugeroplevelsen. For at kunne udnytte de avancerede tjenester fuldt ud, kræves det, at udviklere skaber applikationer der udnytter 5G's potentiale samt at både enheder og det lokale miljø er optimeret til 5G-SA.

Baseret på IMT-2020-krav er 5G designet til at tilvejebringe teoretiske datahastigheder på op til 20 Gbps download og 10 Gbps upload. Til sammenligning har 4G (LTE-Cat 16) en teoretisk maksimalhastighed på 1 Gbps download og 150 Mbps upload.

De faktiske hastigheder for 5G i Danmark, baseret på telebranchens dækningskort ved udendørsdækning, forventes at kunne tilvejebringe op til 1 Gbps i download og ca. 100 Mbps i upload ved anvendelse af 3.5GHz frekvensen. Styrelsen er opmærksom på den øgede kapacitet, som millimeterfrekvenser over

24GHz kan tilvejebringe, men vurderer, at denne kapacitet indenfor den næste årrække alene vil blive implementeret og anvendt på steder som fx. stationer eller travle gågader, hvor der er behov for en øget kapacitet (Mbit/kvm²).

Figur 6 viser mulige teoretiske hastigheder på mobilt bredbånd ved udendørs brug. Det fremgår, at 64,8 pct. af 5G forbindelserne kan tilvejebringe teknisk mulige downloadhastigheder på over 500 Mbit/s i 2025.

Figur 6: Fordelingen af mulige hastigheder på mobilt bredbånd i 2025

Downloadhastighed	2025
	<i>Antal husstande</i>
Mindst 1000 Mbit/s	1.294.784
Mindst 500 Mbit/s, under 1000 Mbit/s	759.743
Mindst 250 Mbit/s, under 500 Mbit/s	-
Mindst 100 Mbit/s, under 250 Mbit/s	1.054.180
Mindst 50 Mbit/s, under 100 Mbit/s	57.632
Under 50 Mbit/s	5.570

Kilde: Konkurrence- og Forbrugerstyrelsens beregninger baseret på data fra Digitaliseringsstyrelsen.

Note: Hastighederne er de teknisk mulige hastigheder og ikke de udbudte hastigheder. Hastighederne for mobil er angivet som den bedste tekniske mulige hastighed (udendørs), som en husstand kan opnå fra et af de tre mobilnet; TDC, TT-netværket og HI3G.

