



Marts 2015

Bredbånd og produktivitet

Økonometrisk effektmåling

For information on obtaining additional copies, permission to reprint or translate this work, and all other correspondence, please contact:

Senior Economist
Asbjørn Boye Knudsen
+45 2022 7443
DAMVAD

info@damvad.com
damvad.com

Copyright 2014

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	4
1.1	Resultater	4
2	English summary	7
2.1	Results	7
3	Indledning	9
4	Analyse design	11
5	Data og stikprøvebeskrivelse	13
5.1	Virksomhedspopulation	13
5.2	Bredbåndshastighed	14
5.3	Mobilt bredbånd	15
6	Resultater og tolkning	16
6.1	Resultater af OLS-estimation	16
6.2	WLS-estimation	20
6.3	Kausalitet og IV-estimation	21
7	Appendiks A	23
7.1	Ordinary Least Squares (OLS)	23
7.2	Standardfejl	23
7.3	Weighted Least Squares (WLS)	23
7.4	IV med 2SLS	24
8	Appendiks B	26
8.1	Resultater af estimationer med standardfejl	26
9	Appendiks C	31
9.1	Opgørelse af den samfundsøkonomiske værdi	31

1 Sammenfatning

Erhvervsstyrelsen har bedt DAMVAD om at undersøge sammenhængen mellem bredbånd og produktivitet i danske virksomheder og vurdere den samfundsøkonomiske gevinst heraf. Det er første gang, at sammenhængen afdækkes i en økonomisk effektmåling baseret på dansk virksomhedsdata over en længere periode (2004-2012). I international sammenhæng er studiet også interessant, da det bidrager med ny viden om:

- Sammenhængen mellem produktivitet og bredbåndshastighed frem for udbredelse af bredbånd
- Sammenhængen mellem produktivitet og mobilt bredbånd
- Muligheden for at afdække den faktiske effekt af bredbåndshastighed på produktivitet

Internationalt set er der udarbejdet meget få studier af effekten af bredbåndshastighed og af mobilt bredbånd, og de er alle baseret på ældre data.

Formålet med analysen er først og fremmest at afdække *sammenhængen* mellem bredbånd og produktivitet, dvs. hvorvidt virksomheder med højere bredbåndshastigheder og mobilt bredbånd også er mere produktive end lignende virksomheder, der ikke anvender højhastigheds- eller mobilt bredbånd.

Dernæst er formålet at bestemme *effekten*, dvs. årsagsvirkningssammenhængen mellem bredbånd og produktivitet. Det er vigtigt, idet det ikke nødvendigvis er hurtigere bredbåndsforbindelser, der gør virksomheder mere produktive. Det kan også være, at virksomheder, der er mere produktive, har en tendens til at vælge hurtigere bredbåndsforbindelser.

For at belyse disse spørgsmål anvendes statistiske metoder, der tager højde for andre forhold som også kan have betydning for virksomheders pro-

duktivitet og anvendelse af bredbånd. Forud for den statistiske analyse, der afrapporteres i denne rapport, er desuden lavet et større indledende arbejde med kvalitetssikring af data¹ og opstilling af effektkæder på baggrund af eksisterende viden, der sandsynliggør hvordan højere bredbåndshastighed kan resultere i produktivitetsgevinster for virksomheder².

1.1 Resultater

Bredbåndshastighed

Hvad angår bredbåndshastighed viser analysen, at virksomheder i de private byerhverv med højhastighedsbredbånd er 3,9 pct. mere produktive end lignende virksomheder med en mellemhurtig bredbåndsforbindelse. Denne forskel i produktivitet kan ikke tilskrives forskelle i virksomhedernes størrelse, internationale forankring, brug af kapital, medarbejderes uddannelsesniveau, geografiske placering, eller branche tilhørsforhold. Sammenhængen mellem hastighed og produktivitet fremgår for både små og store virksomheder og i hele perioden (stærkest i analysens første år).

Sammenhængen mellem højhastighedsbredbånd og produktivitet på 3,9 pct. kan imidlertid ikke tolkes som den generelle produktivitetseffekt af at indføre højhastighedsbredbånd i danske virksomheder. Det skyldes, at der ikke er taget højde for, at det potentielt er de mest produktive virksomheder, der efterspørger den hurtigste bredbåndsforbindelse – og ikke bredbåndsforbindelsen der gør dem produktive. Merproduktiviteten på 3,9 pct. må derfor forventes at være et overkantsskøn af den faktiske effekt af bredbånd på produktivitet.

¹ Se metodenotatet "VITA-datasættets anvendelighed" (DAMVAD 2014)

² Se baggrundsnotatet "Fra højhastighedsbredbånd til øget produktivitet – kortlægning af effektkæder (DAMVAD 2014)

Merproduktiviteten på 3,9 pct. repræsenterer en samfundsøkonomisk værdi. Virksomheder med en højhastighedsforbindelse skabte således en årlig merværdi på op til 5,6 mia. kr., når man sammenligner med virksomheder med en mellemhurtig bredbåndsforbindelse, der ellers har samme karakteristika og ressourceanvendelse.

Ved hjælp af særlige statistiske teknikker, har DAMVAD testet muligheden for at udlede årsagsammenhængen mellem højhastighedsbredbånd og produktivitet dvs. bestemme hvor stor en del af den højere produktivitet, der skyldes hurtigere bredbåndsforbindelser. Analysen viser imidlertid, at det nuværende datagrundlag ikke kan anvendes til at opnå et pålideligt estimat for den faktiske produktivitetseffekt.

Mobilt bredbånd

Mange af virksomhederne anvender ud over en fast bredbåndsforbindelse også mobilt bredbånd. Det kan give en yderligere effekt, da det øger fleksibiliteten og adgangen til nettet. Datagrundlaget for mobilt bredbånd skelner dog kun i de sidste år mellem forskellige typer af mobiladgang såsom adgang via bærbar PC, via mobiltelefon eller via andre enheder. Det betyder, at variabelen kan være svær at tolke på. Eksempelvis er det muligt, at mobilt bredbånd i de tidlige år primært handler om mobilitet internt på arbejdspladsen, mens det i de senere år måler effekten af at anvende 3G og 4G bredbånd uden for virksomheden.

Med dette forbehold i mente estimeres virksomheder, der anvender mobilt bredbånd – og har ensartet bredbåndshastighed – til at være 4,2 pct. mere produktive end virksomheder uden mobilt bredbånd. Sammenhængen gælder for hele perioden og er stærkest i den sidste del af perioden. Bemærk at merproduktiviteten beregnes som forskellen i produktivitet mellem virksomheder der har

bredbånd og virksomheder der ikke har (udbredelse), mens det for bredbåndshastighed var merproduktiviteten af en hurtigere forbindelse (hastighed).

Heller ikke for mobilt bredbånd er det muligt, at udlede, hvorvidt den højere produktivitet skyldes anvendelsen af mobilt bredbånd. Fordi virksomheder der er mere produktive kan have en tendens til at anvende mobilt bredbånd, må merproduktiviteten på 4,2 pct. derfor også anses som et overkantsskøn.

Ligesom for bredbåndshastighed repræsenterer merproduktiviteten på 4,2 pct. ved mobilt bredbånd en samfundsøkonomisk værdi. Virksomheder med mobilt bredbånd skabte således en årlig merværdi på op til 8,7 mia. kr., når man sammenligner med virksomheder uden mobilt bredbånd, der ellers har samme karakteristika, bredbåndshastighed og ressourceanvendelse.

Konklusion

Det er første gang, at sammenhængen mellem bredbåndshastighed, mobilt bredbånd og produktivitet afdækkes i Danmark blandt virksomheder i private byerhverv med mindst 10 ansatte.

Analysen viser, at der er en klar positiv sammenhæng mellem bredbåndshastighed og produktivitet i danske virksomheder. Virksomheder med højhastigheds bredbånd har således en merproduktivitet på op til 3,9 pct. Tidligere studier har påvist en positiv sammenhæng mellem bredbåndsudbredelse og produktivitet, men internationale studier har ikke kunnet bestemme en entydig sammenhæng mellem hastighed og produktivitet.

Analysen viser ligeledes, at der er en positiv sammenhæng mellem anvendelse af mobilt bredbånd og produktivitet i danske virksomheder. Merproduktiviteten for virksomheder med mobilt bredbånd

ift. virksomheder uden mobilt bredbånd er op til 4,2 pct. Merproduktiviteten ved mobilt bredbånd er altså i samme størrelsesorden som merproduktiviteten ved højhastighedsbredbånd ift. mellemhurtigt bredbånd.

2 English summary

On behalf of The Danish Business Authority, DAMVAD has examined the relationship between broadband and productivity in Danish firms. It is the first time this question has been examined using an econometric impact analysis based on data for Danish firms covering an extended period of time. Internationally, few studies concern the impact of broadband speed and mobile broadband, and all are based on older data. The study contributes to new knowledge about:

- The relationship between firm productivity and broadband speed (rather than broadband penetration).
- The relationship between firm productivity and mobile broadband
- The possibility of isolating the causal impact of broadband speed on firm productivity

The purpose of this analysis is to examine the relationship between broadband speed and firm productivity, i.e. whether the companies with faster broadband connection and mobile broadband are more productive than companies with similar characteristics but without high-speed broadband or mobile broadband. A further purpose is to determine **the causal relationship** between broadband and firm productivity as there may be a tendency for more productive firms to choose faster broadband connections, a relationship ideally controlled for.

To shed light on these questions DAMVAD employs statistical techniques that make it possible to control for other relevant factors, which may influence both firm productivity and the use of broadband. Preliminary work to ensure data quality and develop effect chains to analyze how the use of faster broadband connections may result in

productivity gains is reported in separate background notes (available in Danish only)³

2.1 Results

Broadband speed

We find that firms with high-speed broadband are 3.9 percent more productive than firms with only medium-high speed broadband, controlling for firm size, internationalization, capital intensity, education level of employees, geographic location and industry. The correlation between broadband speed and productivity appears for both small and large firms and in the entire period.

The correlation between high-speed broadband and productivity of 3.9 pct. cannot, however, be interpreted as the overall impact on productivity when Danish firms adopt high-speed broadband. This is due to the possibility that highly productive firms may demand faster broadband connections. The productivity effect of 3.9 percent may therefore overestimate the actual impact of broadband speed on firm productivity.

The productivity effect of 3.9 percent represents an economic value to society. The effect of high-speed broadband connections thus accounts for DKK 5.6 bn. of annual value added in firms in private service and manufacturing industries.

DAMVAD has further tested the possibility of isolating the causal effect of broadband speed on firm productivity. However, the available data is insufficient to reliably employ the statistical methods needed for the estimation.

³ See the background notes "VITA-datasættets anvendelighed" (DAMVAD 2014) and "Fra højhastighedsbredbånd til øget produktivitet – kortlægning af effektkæder" (DAMVAD 2014)

Mobile broadband

Many Danish firms use mobile broadband besides their regular broadband connection. This may have an additional effect on firm productivity as the mobility increases the flexibility and accessibility. Only in the most recent years does data distinguish between different types of mobile access, such as access with laptops, mobile phones or other units. This makes the data and the variables difficult to interpret. However, using a binary variable for mobile broadband adoption, we estimate that firms using mobile broadband are 4.2 pct. more productive than firms without mobile broadband, but the same regular broadband speed. As with broadband speed, it is, however, not possible to isolate the causal effect.

The effect of 4.2 pct., accounts for DKK 8.7 bn. of annual value added in firms in private service and manufacturing industries.

3 Indledning

Erhvervsstyrelsen har bedt DAMVAD om at undersøge sammenhængen mellem bredbåndshastighed, mobilt bredbånd og produktivitet i danske virksomheder. Det er første gang, at sammenhængen afdækkes baseret på mikrodata på virksomhedsniveau fra Danmarks Statistik for perioden 2004-2012. I en international sammenhæng er studiet også interessant, da der er udarbejdet meget få studier af effekten af bredbåndshastighed eller mobilt bredbånd, og de er alle baseret på ældre data.

Det formodes generelt, at adgang til internettet øger en virksomheds produktivitet, og at jo større kapacitet forbindelsen har, jo mere øges produktiviteten. En virksomhed med adgang til nettet kan fx reducere sine rejseomkostninger ved brug af videomøder og højhastighedsbredbånd reducerer proces tiden ved at hente data ned og lægge data op på nettet. Højhastighedsbredbånd muliggør derudover helt nye typer services som fx cloud computing.

Adgangen til mobilt bredbånd tænkes at påvirke produktiviteten ud over den almindelige effekt af øget bredbåndsudbredelse. Det skyldes, at det inden for mange erhverv er en fordel at kunne arbejde på farten og at et stigende antal løsninger afhænger af mobile bredbåndsforsbindelser.

En gennemgang af litteraturen på området viser, at der er en velunderbygget produktivitetseffekt af *udbredelsen* af bredbånd (Produktivitetskommissionen, Analyserapport 5). Få analyser har imidlertid belyst produktivitetseffekter af højere *bredbåndshastighed* eller *mobilt bredbånd*. I det følgende opsummeres evidensen på området⁴.

⁴ For en mere detaljeret litteraturgennemgang henvises til baggrundsnottet "Fra højhastighedsbredbånd til øget produktivitet – kortlægning af effektkæder (DAMVAD 2014)

Produktivitetseffekter af højere bredbåndshastighed

Der findes kun få studier, der analyserer sammenhængen mellem bredbåndshastighed og produktivitet på såvel mikro- som makrodata. Flere af disse fokuserer på fx overgangen fra traditionelt modem/ISDN til ADSL o.l., se *Haller og Lyons (2012)* og *Bertschek m.fl. (2011)*. I litteraturen findes ingen entydig konklusion på hvad produktivitetseffekten af bredbåndshastighed er. *Haller og Lyons (2012)* finder ingen signifikant sammenhæng mellem højere internethastighed og virksomhedsproduktivitet for et panel af ca. 2.000 irske industrivirksomheder i perioden 2002-2009. *Grimes m.fl. (2012)* finder positiv produktivitetssammenhæng på 7-10 pct. ved abonnement på bredbåndsforsbindelse (udbredelse), men finder ingen produktivitetseffekter ved højere bredbåndshastighed for 6.000 new zealandske virksomheder. *Bertschek m.fl. (2011)* finder heller ingen statistisk signifikant sammenhæng mellem bredbåndshastighed og produktivitet for ca. 1.000 tyske service og industrivirksomheder i 2002.

På baggrund af mikrodata studier, er der ingen klar evidens for sammenhængen mellem produktivitet og højere bredbåndshastighed. Omvendt findes der evidens for en positiv sammenhæng i studier baseret på aggregeret makrodata fx finder *Rohman and Bohlin (2012)* en statistisk signifikant sammenhæng mellem bredbåndshastighed og vækst i OECD. Deres resultater indebærer, at en fordobling af bredbåndskapaciteten bidrager med en økonomisk vækst på 0,3 procentpoint sammenholdt med startåret.

Mobilt bredbånd

Der findes meget få studier, der analyserer sammenhængen mellem produktivitet og mobilt bred-

bånd (Se Produktivitetskommissionen, analyse-rapport 5 for en lignende konklusion).

Det eneste identificerede studie, der direkte estimerer effekten af mobilt bredbånd på produktivitet, er en analyse fra 2011 af Thompson m.fl. På baggrund af aggregeret data fra 43 lande, finder forfatterne evidens for at mobilt bredbånd bidrager til vækst.

4 Analysedesign

Virksomheder med hurtigere bredbåndsforbindelser er typisk også mere produktive. Sigtet med denne analyse er at isolere effekten af hurtigere bredbånd på produktiviteten. For at få et retvisende estimat af denne effekt, er det nødvendigt at kontrollere for alle de andre forhold, som har betydning for virksomhedernes produktivitet. Til formålet opstilles en statistisk model.

Udgangspunktet er en lineær model, som kan estimeres med OLS. For virksomhed i af type j anvendes følgende regressionsligning:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitet}_{ij} = & \alpha_j + \delta_1 \text{HøjHastighed}_{ij} \\ & + \delta_2 \text{LavHastighed}_{ij} + \delta_3 \text{Mobil}_{ij} \\ & + \beta_1 \text{Kapitalintensitet}_{ij} \\ & + \beta_2 \text{Eksportintensitet}_{ij} \\ & + \beta_3 \text{EksportIndikator}_{ij} \\ & + \beta_4 \text{AndelLVU}_{ij} \\ & + \beta_5 \text{AndelKVUMVU}_{ij} \\ & + \beta_6 \text{AndelFaglærte}_{ij} \\ & + \beta_7 \text{AntalAnsatte}_{ij} + \epsilon_{ij} \end{aligned}$$

Den afhængige variabel er arbejdskraftproduktiviteten i virksomhederne. De interessante parametre er δ_1 og δ_2 , som angiver estimatet af effekten af at have henholdsvis høj og lav bredbåndshastighed, sammenlignet med at have en bredbåndshastighed i mellemklassen⁵. Hvis højere bredbåndshastighed er fordrende for produktiviteten må man forvente et positivt estimat for den høje kategori og et negativt estimat for den lave kategori. δ_3 angiver estimatet af effekten af at have mobilt bredbånd og også denne forventes at være positiv, hvis mobilt bredbånd giver en produktivetsgevinst.

⁵ Definitionen af bredbåndshastighed følger udviklingen, således at det, der svarer til en hurtig forbindelse i 2004 vil være en mellemhurtig forbindelse nogle år senere. Konstruktionen af variabelen beskrives nærmere i kapitel 5.

Kontrolvariable

Karakteristika, som er kendt for at være bestemmende for virksomhedernes produktivetsniveau, inkluderes i modellen for at isolere effekten af bredbåndshastighed og mobilt bredbånd alene. Modellen inkluderer derfor variable for følgende forhold:

- *Kapitalintensitet.* Mængden af kapital til rådighed for medarbejderne har betydning for produktiviteten idet investeringer i nyt og bedre produktionsapparat øger medarbejdernes produktivitet.
- *Eksport og eksportintensitet.* Jo mere konkurrenceudsat en virksomhed er, desto mere produktiv er den typisk. Særligt konkurrence fra udlandet tvinger virksomhederne til at blive mere produktive for at klare sig i den internationale konkurrence. Der er inkluderet kontrol for om virksomheden eksporterer eller ej og eksportintensiteten måler i hvor høj grad virksomheden er konkurrenceudsat.
- *Uddannelsesniveaue.* Medarbejdernes uddannelsesniveau har stor betydning for produktivetsniveauet. Særligt er virksomheder med højt uddannelsesniveau kendt for også at være højproduktive.
- *Størrelsen.* Virksomhedens størrelse har betydning for produktiviteten fx fordi store virksomheder kan høste stordriftsfordele. Et mål for størrelsen er antallet af ansatte.

Desuden inkluderer modellen en række fixed effects, som ikke fremgår ovenfor. Fixed effects er estimater for den gennemsnitlige effekt for en specifik gruppe af virksomheder. Estimatet fungerer som benchmark for virksomheder i samme gruppe således, at virksomhedens produktivitet vurderes i forhold til andre virksomheder, som opererer under lignende forhold. På denne måde er det muligt at kontrollere for forhold, som er svære at kvantificere.

re, men som typisk er ens for virksomheder, som opererer under ens forhold. Modellen inkluderer derfor fixed effects for:

- *Branche*. Der er grundlæggende forskelle i den produktion, som finder sted i forskellige brancher. Nogle produkter indeholder meget viden og er derfor meget værdifulde.
- *Geografi*. Produktionsfaktorerne kan være billigere i visse områder, ligesom afsætningsmulighederne kan variere geografisk, og dermed have indflydelse på produktiviteten.
- *Tid*. Produktiviteten er konjunkturafhængig. Derfor er det vigtigt at sammenligne virksomhederne på samme tidspunkt.

Alternative estimationsteknikker

Virksomhederne, som indgår i analysen, udgør en stikprøve af den samlede virksomhedspopulation. Da stikprøven ikke er tilfældig er der en risiko for, at de virksomheder som har særligt stort udbytte af højhastighedsbredbånd enten er over- eller underrepræsenteret i stikprøven. OLS-estimatet af effekten kan derfor være enten for højt eller for lavt. Stikprøven er dog udtrukket ud fra kendte kriterier, som senere beskrevet, og det er derfor muligt at opregne stikprøven til den fulde population. Derfor anvendes Weighted Least Squares (WLS) – estimation til at estimere effekten for den samlede population.

Der er imidlertid en række problemer ved anvendelsen af WLS, hvilket er nærmere omtalt i appendiks. Det er derfor ikke givet at estimererne er mere retvisende end OLS-estimererne.

Endogenitet

OLS-estimererne angiver effekten af bredbåndshastighed, eller mobilt bredbånd, såfremt det entydigt er tilfældet at øget bredbåndshastighed medfører øget produktivitet. Det er imidlertid også muligt at virksomhederne vælger en høj bredbåndshastighed, eller adgang til mobilt bredbånd, netop fordi de i forvejen er meget produktive. Når dynamikken går begge veje, er effekten af bredbåndshastighed, eller mobilt bredbånd, simultant bestemt. Det indebærer at OLS-estimererne er for store fordi den høje produktivitet alene tilskrives bredbåndshastighed og mobilt bredbånd.

Det er teoretisk muligt at korrigere for ovennævnte endogenitet ved at anvende et såkaldt instrument. Det kan imidlertid være svært at finde gode instrumenter, som opfylder kravene om at være forbundet med den faktiske bredbåndshastighed uden at have indflydelse på virksomhedernes produktivitet i øvrigt. Der er en række andre problemer, som knytter sig til brugen af instrumenter, som er nærmere beskrevet i appendiks.

Denne analyse anvender et instrument fra Erhvervsstyrelsens årlige bredbåndskortlægning, der måler tilgængeligheden af forskellige niveauer af bredbåndshastighed (100, 50, 30, 10, 2 Mbit/s) på postnummerniveau. Dette instrument anvendes fordi virksomhedens valg af hastighed må forventes at have en sammenhæng med udbuddet af bredbånd i området.

5 Data og stikprøvebeskrivelse

5.1 Virksomhedspopulation

Analysen af sammenhængen mellem bredbåndshastighed og produktivitet i det danske erhvervsliv bygger på mikrodata på virksomhedsniveau fra perioden 2004-2012. DAMVAD har dataadgang gennem Danmarks Statistiks forskerordning.

Oplysninger om virksomhedernes bredbåndsanvendelse indhentes igennem en årlig spørgeskemaundersøgelse, It-anvendelse i virksomheder (VITA), som gennemføres af Danmarks Statistik (DST)⁶. Populationen i VITA-statistikken består af virksomheder i private byerhverv med mindst 10 ansatte⁷. Hvert år udtrækkes en stikprøve på ca. 4.000 virksomheder stratificeret efter antal fuldtidsansatte og branche. Alle virksomheder med mindst 250 ansatte og 75 pct. af alle virksomheder i hver branche med 100-250 ansatte deltager i undersøgelsen hvert år, mens mindre virksomheder udtrækkes tilfældigt⁸. Hver virksomhed i stikprøven får samtidig tildelt en vægt efter, hvor mange virksomheder den repræsenterer. Således kan stikprøven opregnes til 100 pct. dækning af de undersøgte brancher og størrelsesgrupper.

Virksomhedernes bredbåndsanvendelse samkøres med Danmarks Statistiks firma-, regnskabs- og uddannelsesregistre. Koblingen resulterer i et samlet datasæt med information om virksomhedernes produktivitet, bredbåndsanvendelse og baggrundsvARIABLE som fx branche, størrelse og økonomiske nøgletal. Datasættet indeholder godt 31.500 virksomhedsobservationer i perioden 2004-2012. Godt halvdelen af observationerne er virksomheder med under 50 ansatte, knap 20 pct. har

mellem 50-99 ansatte og ca. 30 pct. har over 100 ansatte jf. tabel 5.1.

Virksomheder med under 10 ansatte er som sagt ikke dækket af analysen. Disse virksomheder udgør mere end 80 pct. af alle virksomheder i Danmark. Virksomheder med mindst 10 ansatte står imidlertid for ca. 72 pct. af beskæftigelsen og ca. 77 af værditilvæksten⁹. Analysen omfatter dermed langt størstedelen af de virksomheder, der driver dansk produktivitetsudvikling.

TABEL 5.1
Virksomheder i analysen fordelt på størrelse

Antal fuldtids-ansatte (årsværk)	Total population	DK erhvervsfordeling
0-9*	0%	82,5%
10-19	7.861 25%	8,9%
20-49	7.806 25%	5,4%
50-99	6.074 19%	1,7%
100+	9.681 31%	1,5%
Total	31.422 100%	100 %

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)
Note: I VITA udtrækkes kun virksomheder med minimum 10 ansatte. Et lille antal virksomheder, vil alligevel have under 10 ansatte pga. ændringer fra udtrækningstidspunktet til opgørelsen af regnskabsstatistikken.

Populationen af virksomheder er særligt godt dækket for industrien, som udgør knap 30 pct. af alle observationer i analysen, hvor industrien i Danmark udgør ca. 10 pct. af alle virksomheder. Bygge og anlægsbranchen er underrepræsenteret og

⁶ For en mere detaljeret præsentation af datagrundlaget henvises til metodenotatet "VITA-datasættets anvendelighed" (DAMVAD 2014)

⁷ Den finansielle sektor dog kun i årene 2005-2010.

⁸ <http://www.dst.dk/da/Statistik/dokumentation/kvalitetsdeklarationer/it-anvendelse-i-virksomheder.aspx>

⁹ Danmarks Statistik og skøn fra http://ec.europa.eu/enterprise/policies/sme/facts-figures-analysis/performance-review/files/countries-sheets/2013/denmark_da.pdf. Bemærk her, at tallene er opgjort som andel af de private byerhverv. Tallene er fra 2012.

udgør 10 pct. af observationerne mod godt 17 pct. i Danmark generelt.

5.2 Bredbåndshastighed

I VITA spørgeskemaundersøgelsen spørges der i de sidste to år af undersøgelsen ind til den faktiske bredbåndshastighed virksomhederne har. I de andre år spørges der kun ind til typen af bredbånd (modem, ISDN, ADSL, anden fast kabel, som fx fiber).

DAMVAD har kategoriseret virksomhedernes forskellige typer af internetforbindelser efter hvor hurtige de formodes at være med udgangspunkt i virksomhedernes netværksforbindelse fra 2004-2010. I 2011-2012 kategoriseres med udgangspunkt i den faktiske hastighed. Bredbåndshastigheden er kategoriseret efter om den er lav, mellem eller høj, jf. tabel 5.2. Da den generelle hastighed på internet har været stigende gennem perioden følger kategorierne den generelle udvikling, således at de justerer sig selv efter den naturlige udvikling i bredbåndshastighed – en hastighed der var høj i 2004 er ikke længere høj i 2012.

Der er blevet udført adskillige robusthedstjek for at sikre at bredbåndshastighedsvariablen afspejler den faktiske hastighed virksomhederne har i et givet år. Fra 2011-2012 har det fx været muligt at teste sammenhængen mellem virksomhedernes netværkstype og deres rapporterede bredbåndshastighed. Testen bekræfter den forventede sammenhæng, navnlig hvad angår de højeste hastighedstyper. Således har 100 pct. af virksomhederne med en netværksforbindelse over 100 Mbit/s bredbånd af typen 'anden fast kabel', fx fiber. Det samme er tilfældet for 62 pct. af virksomhederne med en forbindelse på 30-100 Mbit/s.

De manglende oplysninger om hastigheden på virksomhedernes bredbåndsforbindelse i de første år kan være en kilde til støj. En anden kilde til støj kan være manglende viden hos respondenterne om virksomhedens faktiske forbindelsestype og/eller hastighed. Der er flere virksomheder som har undladt at svare på spørgsmålet om virksomhedernes hastighed end om virksomhedens forbindelsestype. Dette tyder på at respondenternes usikkerhed er større omkring virksomhedens netværkshastighed end omkring virksomhedens type af net-

TABEL 5.2
Bredbåndshastighed 2004-2012

Bredbåndshastighed	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Lav	343 9,60%	270 7,70%	287 8,30%	322 9,00%	399 10,80%	399 10,40%	252 6,90%	75 2,10%	36 1,40%	2.383 7,60%
Mellem	2.200 61,80%	2.343 67,20%	2.162 62,20%	2.161 60,10%	1.872 50,80%	1.652 42,90%	1.642 45,10%	2.002 57,20%	1.142 43,30%	17.176 54,70%
Høj	1.014 28,50%	872 25,00%	1.027 29,50%	1.110 30,90%	1.412 38,30%	1.798 46,70%	1.745 48,00%	1.424 40,70%	1.461 55,40%	11.863 37,80%
Total	3.557 100%	3.485 100%	3.476 100%	3.593 100%	3.683 100%	3.849 100%	3.639 100%	3.501 100%	2.639 100%	31.422 100%

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)
Note: Der er brud i måden der spørges på i VITA mellem 2010 og 2011.

værksforbindelse.

5.3 Mobilt bredbånd

I VITA-undersøgelsen stilles der også spørgsmål omkring anvendelsen af mobilt bredbånd. Spørgsmålene er dog meget overordnede, og kun fra 2010 og frem skelnes mellem forskellige typer mobildækning såsom mobildækning anvendt via bærbar PC, via mobiltelefon eller via andre enheder. Dette betyder, at variablen kan være svær at tolke på. Eksempelvis er det muligt, at mobilt bredbånd i de tidlige år primært handler om mobilitet internt på arbejdspladsen, mens det i de senere år måler effekten af at have adgang til bredbånd på farten, når medarbejderne ikke er fysisk i virksomheden.

Variablen for mobilt bredbånd er derfor defineret som en indikatorvariabel, der angiver hvorvidt virksomheden har én eller anden form for mobilt bredbånd. Andelen af virksomheder med mobilt bredbånd er kraftigt stigende fra 12 pct. i 2004 til 87 pct. i 2012. Set over hele perioden har knap halvdelen af virksomheder angivet at have mobilt bredbånd, jf. tabel 5.3. Der er en positiv sammenhæng mellem mobilt bredbånd og bredbåndshastighed, således har 61 pct. af virksomhederne med højhastighedsbredbånd også købt mobilt bredbånd, mens det kun er 15 pct. af virksomhederne med lav bredbåndshastighed.

TABEL 5.3
Sammenhæng mellem bredbåndshastighed og mobilt bredbånd

Bredbåndshastighed	Mobilt bredbånd		Total
	Nej	Ja	
Lav	1.510	258	1.768
	85%	15%	100%
Mellem	9.719	4.864	14.583
	67%	33%	100%
Høj	3.943	6.287	10.230
	39%	61%	100%
Total	15.172	11.409	26.581
	57%	43%	100%

Kilde: DAMVAD på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)

Note: Der er brud i måden der spørges på i VITA mellem 2007 og 2008.

6 Resultater og tolkning

6.1 Resultater af OLS-estimation

Effekten af forskellige bredbåndshastigheder på produktivitet estimeres først vha. 'Ordinary Least Squares'. Dette giver et estimat af sammenhængen mellem forskellige typer af bredbånd og arbejdskraftproduktivitet blandt virksomheder i private byerhverv med mindst 10 ansatte. Såfremt man er villig til at antage, at virksomhedernes produktivitetsniveau *ikke* har indflydelse på deres valg af

bredbåndsforbindelse, kan disse estimater tolkes som effekten af bredbånd på produktivitet.

I tabel 6.1 fremgår resultaterne af OLS-estimationen af to modeller: **Model 1**, hvor der alene ses på effekten af virksomhedens bredbåndshastighed, og **Model 2**, hvor der også ses på effekten af at anvende mobilt bredbånd.

TABEL 6.1
Resultater af OLS-estimation.

Afhængig variabel: Arbejdskraftproduktivitet (log)	Model 1	Model 2
Bredbåndshastighed		
- Høj	0,043***	0,039***
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)
- Lav	-0,008	-0,004
Mobilt bredbånd	-	0,042***
Kontrolvariable		
- Kapitalintensitet (log)	0,096***	0,097***
- Eksportvirksomhed	0,078***	0,072***
- Eksportintensitet	0,020	0,020
- Andel m. LVU	0,820***	0,821***
- Andel m. KVU/MVU	0,676***	0,695***
- Andel faglærte	0,413***	0,398***
- Størrelse (log årsværk)	0,003	-0,001
Branche fixed effects		
- Industri (reference)	(reference)	(reference)
- Bygge og anlæg	0,049***	0,039**
- Handel og transport mv.	0,017	0,024*
- Information og kommunikation	0,093***	0,075***
- Erhvervsservice	0,075***	0,067***
- Øvrige	-0,105	-0,115
Konstant	11,469***	11,491***
Fixed effects		
- År	ja	ja
- Geografi (kommune)	ja	ja
R ²	0,264	0,266
N	31.422	26.581

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Der er anvendt klyngerobuste standardfejl, der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed, se Appendix B for standardfejl. Log angiver den naturlige logaritme, hvilken betyder at punktestimaterne i tabellen kan fortolkes som den procentvise ændring i arbejdskraftproduktivitet. Det eksakte estimat beregnes ved formelen $(\exp(\beta)-1)*100$, og bør anvendes for større punktestimater.

Model 1

Af model 1 fremgår, at virksomheder med **højhastighedsbredbånd** er 4,3 pct. mere produktive end virksomheder med en mellemhurtig bredbåndsforbindelse, når der kontrolleres for øvrige faktorer, som vurderes at være afgørende for en virksomheds arbejdskraftproduktivitet. Sammenhængen er statistisk signifikant.

Omvendt er der ingen statistisk signifikant forskel på virksomheder med hhv. mellemhurtig og **lav bredbåndshastighed**. Dette kan hænge sammen med, at antallet af virksomheder med lav bredbåndshastighed er forholdsvis lille (under 10 pct. over perioden). Punkttestimatet har dog det forventede fortegn: virksomheder med lav bredbåndshastighed estimeres at have knap 1 pct. lavere arbejdskraftproduktivitet, end virksomheder med mellemhurtig forbindelse.

Model 2

Af model 2 fremgår også den estimerede produktivitetseffekt af at anvende mobilt bredbånd. Det estimeres, at virksomheder med mobilt bredbånd – og samme bredbåndshastighed – er ca. 4,2 pct. mere produktive end virksomheder uden mobilt bredbånd. Samtidig er den estimerede effekt af højhastighedsbredbånd en anelse lavere, ca. 3,9 pct., når der kontrolleres for effekten af mobilt bredbånd. Det mindre fald i estimatet for bredbånd skyldes, at der er en positiv sammenhæng mellem om virksomhederne har hurtig bredbåndshastighed og om de har mobilt bredbånd, jf. afsnit 5.3.

Vi har også udvidet model 2 med interaktionsled mellem bredbåndshastighed og mobilt bredbånd for at teste om der er synergieffekter af både at have hurtigt bredbånd og adgang til mobilt bredbånd. Interaktionen er hverken statistisk eller økonomisk signifikant, og dermed er der ikke nogen ekstra gevinst ved at have begge dele ud over gevinsterne hver for sig.

Robusthed

I de sidste to år bliver virksomhederne spurgt til deres faktiske bredbåndshastighed. Det ses, at sammenhængen mellem bredbåndshastighed og produktivitet er positiv, jf. tabel 6.2. Som et robusthedstjek er estimatet for højhastigheds-kategorien for hele perioden sammenholdt med de faktiske bredbåndshastigheder i 2011 og 2012. Det ses at estimatet for højhastighedsgruppen er i samme størrelsesorden som for 30+ Mbit/s i 2011 og 2012, jf. tabel 6.2.

TABEL 6.2
Robusthed af variabeldefinition (Model 2)

Anvendt variabel for bredbåndshastighed 2004-2012	Faktisk bredbåndshastighed (download) 2011-2012
Høj	0,039***
Mellem	(ref.)
Lav	-0,004
N	26.581

Faktisk bredbåndshastighed (download) 2011-2012	Estimeret effekt
>100 Mbit/s	0,042*
30-100 Mbit/s	0,038*
10-30 Mbit/s	0,037*
2-10 Mbit/s	(ref.)
<2 Mbit/s	0,028
N	4.795

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)
Note: Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log). De tre højeste hastighedskategorier (10- >100) er signifikant forskellige fra de to laveste hastighedskategorier på et 0,05-niveau.

Den mobile bredbåndsvariabel ændrer karakter over tid, hvorfor de estimerede produktivitetseffekter af at anvende bredbånd kan forventes at ændre sig i perioden 2004-2012. Denne forventning bekræftes, når modellen estimeres for hhv. perioden 2004-2007 og 2008-2012. Den estimerede effekt stiger med ca. 1 procentpoint mellem de to perioder. Det indikerer at mobilt bredbånd kan være blevet mere betydningsfuldt efter udbredelsen af 3G og 4G mobilt bredbånd i de senere år. Det ses dog af konfidensintervallerne, at forskellen ikke er statistisk signifikant.

TABEL 6.3**Ændringer af estimat over tid (Model 2)**

	2004-2012	2004-2007	2008-2012
Højhastighed	0,039 [0,025 -0,053]	0,046 [0,026-0,066]	0,032 [0,014-0,051]
Mobilt bredbånd	0,042 [0,028-0,057]	0,037 [0,015 -0,056]	0,046 [0,027 -0,067]
N	26.581	14.076	12.505

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)

Note: Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log).

Kontrolvariable

De fleste inkluderede kontrolvariable er statistisk signifikante i begge modeller og bekræfter de ventede positive effekter af bl.a. højtuddannede medarbejdere, eksportaktiviteter m.v.

Eksempelvis associeres en stigning i andelen af medarbejdere med længere videregående uddannelser på ét procentpoint med en produktivitetsstigning på 1,27 pct.¹⁰ mens en stigning fra fx nul til én procent med kort eller mellemlang uddannelse alt andet lige associeres med en produktivitetsstigning på 0,96 pct. Idet en stor andel virksomheder slet ikke har nogen ansatte med videregående uddannelse, skal disse produktivitetseffekter tolkes med forsigtighed for virksomheder der i forvejen har flere medarbejdere med lang videregående uddannelse.

Størrelsesvariablen er ikke signifikant. Dette er et almindeligt empirisk resultat, når den afhængige variabel, arbejdskraftsproduktivitet, måles per årsværk.

¹⁰ Tallet 1,27 pct. opnås ved at indsætte punkttestimatet i følgende formel: $\exp(\beta) - 1$. Formlen bør anvendes ved større punkttestimater.

Brancheforskelle

De estimerede produktivetsforskelle på tværs af brancher kan være interessante i sig selv. Eksempelvis estimeres en IKT-virksomhed med højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd at have en arbejdskraftsproduktivitet på $9,3 + 4,2 + 3,9 = 17,3$ pct. mere end en industrivirksomhed med mellemhastighedsbredbånd og uden mobilt bredbånd (referencegruppen).¹¹

Forskel på virksomhedsstørrelser

Det er også interessant at se på, hvorvidt den estimerede effekt er forskellig for større og mindre virksomheder. I tabel 6.4 er Model 2 estimeret for virksomheder med hhv. 10-19 ansatte, 20-49 ansatte, 50-99 ansatte og over 100 ansatte.

Det lavere antal observationer indebærer større statistisk usikkerhed om estimaterne. Det er imidlertid stadig interessant at sammenligne punkt-estimerne på tværs af størrelsesgrupperne. Resultaterne indikerer, at resultaterne er relativt stabile for forskellige virksomhedsstørrelser. Der er dog en tendens til, at virksomheder, med færre end 100 ansatte, alt andet lige har større gavn af højere bredbåndshastigheder og mobilt bredbånd end de største virksomheder.

Samfundsøkonomisk gevinst

Erhvervsstyrelsen har bedt DAMVAD om at omsætte den estimerede merproduktivitet af hhv. højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd til den samfundsøkonomiske værdi.

¹¹ Det skal understreges, at selve skiftet fra mellem til høj bredbåndshastighed i modellen antages at have den samme effekt i samtlige brancher.

Virksomheder med en højhastighedsforbindelse skabte således en årlig merværdi på op til 5,6 mia. kr., når man sammenligner med virksomheder med en mellemhurtig bredbåndsforbindelse, der ellers har samme karakteristika og ressourceanvendelse, se appendiks C for beregninger.

Årsagen til at den beregnede samfundsøkonomiske værdi af mobilt bredbånd er højere end værdien af højhastighedsbredbånd er, at over en tredjedel af virksomhederne har mobilt bredbånd i perioden, mens det er under en fjerdedel, der har højhastigheds bredbånd.

Ligesom for bredbåndshastighed repræsenterer merproduktiviteten på 4,2 pct. ved mobilt bredbånd en samfundsøkonomisk værdi. Virksomheder med mobilt bredbånd skabte således en årlig merværdi på op til 8,7 mia. kr., når man sammenligner med virksomheder uden mobilt bredbånd, der ellers har samme karakteristika, bredbåndshastighed og ressourceanvendelse.

TABEL 6.4
OLS-estimer for forskellige virksomhedsstørrelser (Model 2)

Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log)	10-19 ansatte	20-49 ansatte	50-99 ansatte	100+ ansatte
Bredbåndshastighed				
- Høj	0,032	0,034*	0,042**	0,030**
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)	(reference)	(reference)
- Lav	0,001	-0,004	-0,055	0,018
Mobilt bredbånd	0,042*	0,037**	0,037*	0,029*
Kontrolvariable				
- Kapitalintensitet (log)	0,091***	0,094***	0,089***	0,100***
- Eksportvirksomhed	0,112***	0,070***	0,034	0,053**
- Eksportintensitet	0,059	0,046	0,023	-0,022
- Andel med lang videregående uddannelse	0,592***	0,662***	1,021***	1,210***
- Andel m. kort eller mellemlang videregående udd.	0,625***	0,718***	0,732***	0,687***
- Andel faglærte	0,301***	0,362***	0,536***	0,517***
- Størrelse (log)	0,005*	-0,061**	-0,018	-0,004
Fixed effects				
- År	ja	ja	ja	ja
- Branche	ja	ja	ja	ja
- Geografi	ja	ja	ja	ja
R ²	0,240	0,245	0,250	0,340
N	5.182	6.431	5.254	8.717

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Der er anvendt klyngerobuste standardfejl, der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed, se Appendiks B for standardfejl. Bemærk at virksomheder, der er endt med færre end 10 ansatte efter udtrækning til VITA-undersøgelsen, er udeladt i estimationen for gruppen 10-19 ansatte.

6.2 WLS-estimation

Som nævnt i kapitel 4 og 5, er visse brancher og størrelsesgrupper i den anvendte stikprøve overrepræsenteret ift. den faktiske virksomhedspopulation, mens andre, fx mindre virksomheder, er underrepræsenteret. Dette kan have betydning for den estimerede effekt vha. OLS.

Eksempelvis indikerer foregående afsnit, at udbyttet af højhastighedsbredbånd er højere for virksomheder med færre end 20 ansatte. Hvis virksomheder, der har et lavere udbytte af bredbånd samlet set er overrepræsenteret i stikprøven, vil det betyde at OLS-estimatet i afsnit 6.1 er for lavt.

Weighted Least Squares (WLS) –estimation gør det muligt at opregne stikprøven til den samlede virksomhedspopulation vha. vægte, der tager højde for sandsynligheden for at en given virksomhed er blevet udtrukket i stikprøven. Dermed tages højde for særligt overrepræsenterede brancher og størrelsesgrupper. Disse estimer vil være mere retvisende, såfremt effekten af størrelse og branche, *ikke* varierer på tværs af de øvrige karakteristika inkluderet i modellen.

Tabel 6.5 viser den estimerede effekt med hhv. WLS- og OLS-estimatorerne. Det fremgår her, at de estimerede effekter af hhv. et skift fra mellemhastighed- til højhastighedsbredbånd eller af at anskaffe mobilt bredbånd er stort set identisk for

TABEL 6.5
WLS-estimer vs. OLS-estimer (Model 2)

Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log)	OLS	WLS
Bredbåndshastighed		
- Høj	0,039***	0,038***
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)
- Lav	-0,004	0,006
Mobilt bredbånd	0,042***	0,042***
Kontrolvariable		
- Kapitalintensitet (log)	0,097***	0,092***
- Eksportvirksomhed	0,072***	0,085***
- Eksportintensitet	0,020	0,055**
- Andel med lang videregående uddannelse	0,821***	0,676***
- Andel m. kort eller mellemlang videregående udd.	0,695***	0,650***
- Andel faglærte	0,398***	0,303***
- Størrelse (log)	-0,001	0,001
Fixed effects		
- År	ja	ja
- Branche	ja	ja
- Geografi	ja	ja
R ²	0,266	0,241
N	26.581	26.580
N (opregnet)	-	104.029

Kilde: DAMVAD 2014 på baggrund af Danmarks Statistik (VITA)

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. . Der er anvendt klyngerobuste standardfejl, der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed, se Appendix B for standardfejl.

de to estimatorer. Samtidig er de estimerede effekter for de øvrige kontrolvariable relativt stabile.

Samlet set giver resultaterne dermed øget sikkerhed omkring den estimerede sammenhæng mellem højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd i populationen - navnlig danske virksomheder i de private byerhverv med mindst 10 ansatte.

6.3 Kausalitet og IV-estimation

OLS- og WLS-estimererne angiver effekten af bredbåndshastighed, eller mobilt bredbånd, såfremt det entydigt er tilfældet at øget bredbåndshastighed medfører øget produktivitet. Det er imidlertid også muligt at virksomhederne vælger en høj bredbåndshastighed, eller adgang til mobilt bredbånd, netop fordi de i forvejen er meget produktive. Dette vil indebære, at OLS-estimererne er for høje fordi hele den højere produktivitet tilskrives bredbåndshastighed og mobilt bredbånd.

Ved at anvende et såkaldt instrument i estimationen (IV-estimation), er det muligt at isolere den kausale effekt af bredbånd på produktivitet i sådanne tilfælde. Et instrument er en variabel, der er forbundet med bredbåndshastighed uden at have nogen sammenhæng med produktivitet i øvrigt.

Mens det ikke har været muligt, at identificere et relevant instrument for mobilt bredbånd, har DAMVAD anvendt *tilgængeligheden* af forskellige niveauer af bredbåndshastighed (100, 50, 30, 10, 2 Mbit/s download og upload) på postnummerniveau som instrument for bredbåndshastighed. Disse data er tilgængelige fra Erhvervsstyrelsens årlige bredbåndskortlægning for årene 2010-2012. Instrumentet anvendes fordi virksomhedens valg af hastighed må forventes at have en sammenhæng med udbuddet af bredbånd i området. Omvendt er det ikke sikkert, at der er en sammenhæng mellem

udbud af bredbånd og virksomheders produktivitet, når øvrige faktorer som geografi m.v. kontrolleres for. Hvis udrulningen af bredbånd hovedsageligt er markedsdrevet, dvs. produktive virksomheder efterspørger udrulning af højere hastigheder kan det være et problem for instrumentets validitet.

Bredbåndsudbud har desuden vist sig at være et brugbart instrument i en række tidligere analyser af sammenhængen mellem bredbånd*udbredelse* og produktivitet.

Det er imidlertid vigtigt at teste, hvorvidt sammenhængen mellem bredbåndsdækningen (instrumentet) og bredbåndshastighed i virksomhederne i det pågældende område er tilstrækkelig stærk. Er det ikke tilfældet, kan det give store standardfejl og resultere i misvisende estimater, selv i de tilfælde, hvor instrumentet er validt.

Tabel 6.6 viser den såkaldte Cragg-Donald test for svage instrumenter, samt Kleibergen-Paap versionen af denne, som også er gyldig for paneldatasæt, med gentagne virksomhedsobservationer. Testværdierne bør være mindst 15 med antallet af endogene variable og instrumenter i denne analyse.

TABEL 6.6
Tests af instrument

Weak identification test	Testværdi
Keibergen-Paap rk Wald statistic	0,411
Cragg-Donald Wald F statistic	0,556

Kilde: DAMVAD 2014

Note: Bemærk, at anvendelse af Cragg-Donald's Wald F statistic forudsætter uafhængige observationer, som ikke kan forventes at være opfyldt i den anvendte stikprøve (gentagne virksomhedsobservationer). Den er imidlertid nyttig da den kan sammenlignes direkte med de kritiske værdier i Stock og Yogo (2005).

Testene indikerer, at sammenhængen mellem bredbåndsdækning og bredbåndshastighed i virksomheder er for svag, til at kunne forvente pålidel-

lige estimater. Dette er tilfældet når samtlige down- og uploadhastigheder anvendes til at instrumentere bredbåndshastighed, såvel som ved anvendelse af udvalgte dækningsgrader fx 100 Mbit/s download. Det er også tilfældet, når der alene ses på de perioder hvor information om faktisk dækningsgrad er tilgængelig. Bredbåndsdækningen kan derfor *ikke* anvendes til at opnå et pålideligt estimat på den kausale produktivitetseffekt af bredbånd.

Der er en række potentielle forklaringer, på den manglende sammenhæng mellem bredbåndsdækning og bredbåndshastighed i virksomheder. For det første må den manglende information om faktisk dækningsgrad i årene 2004-2009 formodes, at bidrage til betydelig støj. For det andet er det muligt, at information om dækning på postnummerniveau er for grovmasket, til at kunne fange de lokale dækningsforhold.

Resultaterne af IV-regressionen kan dermed ikke tolkes som retvisende kausale produktivitetseffekter af bredbåndshastighed, og de estimerede punktestimater kan afvige betydeligt fra de faktiske effekter i populationen¹². Disse fremgår derfor alene til orientering i appendiks B, tabel 8.4. Det fremgår af bilaget, at de estimerede effekter af højhastighedsbredbånd, baseret på IV-estimationen, er væsentlig reduceret sammenholdt med OLS-estimatet. Dette er i overensstemmelse med forventningen, navnlig at OLS-estimerne potentielt overvurderer effekten af bredbånd fordi mere produktive virksomheder vælger højere bredbåndshastigheder.

¹² Idet det ikke har været muligt, at identificere et validt instrument for mobil bredbånd, er denne variabel ekskluderet af modellen. Resultaterne af OLS-estimationen peger på, at dette vil indebære en potentielt bias, idet en relevant variabel er ekskluderet fra modellen.

7 Appendiks A

7.1 Ordinary Least Squares (OLS)

OLS-estimation er udgangspunktet for denne analyse. OLS er en simpel metode som producerer parameterestimer, der er lette at tolke. Datagrundlaget består af et panel, hvor virksomhederne følges over tid. I grundmodellen i afsnit 6.1 tages der imidlertid ikke direkte højde for tidsdimensionen i data, og modellen estimeres på alle observationer, som var det et samlet tværsnitsdatasæt.

7.2 Standardfejl

For at kunne anvende almindelige OLS-standardfejl kræver det at observationerne i datasættet er uafhængige af hinanden og at usikkerheden omkring estimerne er konstant – homoskedastiske. Paneldatasæt er ofte præget af heteroskedasticitet – dvs. usikkerheden omkring estimerne er ikke konstant, men afhænger af andre faktorer. Det kan fx være at usikkerheden omkring effekten af hurtigere bredbånd er større for mindre virksomheder end for større virksomheder. Samtidig betyder gentagne observationer på de samme virksomheder over tid, at antagelsen om uafhængighed mellem observationer kan være problematisk. Hvis en virksomhed har en høj produktivitet i 2008 er der fx større sandsynlighed for, at virksomheden har en høj produktivitet i 2010. Ved at tage højde for disse 'clusters' på virksomhedsniveau tillader man, at der er korrelation mellem observationerne inden for hvert cluster (virksomhed), men at hver cluster hver især er uafhængige. Derfor anvendes cluster-robuste standardfejl som udgangspunkt i analysen. Clustering lader desuden ikke til at være et problem i analysen idet OLS-estimatoren er baseret på den identificerende antagelse, at fejleddet ikke er korreleret med de forklarende variable. Hvis antagelsen er opfyldt, siger man, at de forklarende variable er eksogene. Hvis ikke det er tilfældet, har man pro-

blemer med endogenitet, og estimerne for de forklarende variable vil være inkonsistente og biased. Årsager til endogenitet kan helt overordnet skyldes forkert funktionel form af modellen, udeladte variable som er korreleret med en eller flere forklarende variable, målefejl i de forklarende variable, simultanitet eller selektion.

De følgende afsnit adresserer selektion og simultanitet da disse vurderes at være potentielle problematiske forhold ved OLS-estimationen. Der har ikke været indikationer af at evt. målefejl ikke skulle være tilfældige og modellens variable svarer desuden til udvalget, som anvendes i andre lignende empiriske analyser.

7.3 Weighted Least Squares (WLS)

Virksomhederne, som indgår i analysen, udgør en stikprøve af den samlede virksomhedspopulation. Da stikprøven ikke er tilfældig er der en risiko for, at de virksomheder som har særligt stort udbytte af højhastighedsbredbånd enten er over- eller underrepræsenteret i stikprøven. OLS-estimatet af effekten kan derfor være enten for højt eller for lavt. Stikprøven er dog udtrukket ud fra kendte kriterier, som senere beskrevet, og det er derfor muligt at opregne stikprøven til den fulde population. Derfor anvendes Weighted Least Squares (WLS) – estimation til at estimere effekten for den samlede population.

Det er imidlertid ikke garanteret at vægtning af observationerne vil være mere korrekt end blot at anvende OLS. Et eksempel til illustration er virksomhedsstørrelsen, som er bestemmende for hvor stor effekten af højhastighedsbredbånd er. Men hvis effekten af størrelse varierer på tværs af andre karakteristika kan det være problematisk at bruge vægtene. Hvis sådanne forhold gør sig gældende er det ikke entydigt hvorvidt OLS eller WLS

giver det bedste estimat. I denne analyse er det uklart hvorvidt det udgør et reelt problem. Man bør derfor vurdere OLS- og WLS-estimererne for at danne sig et samlet overblik over effekten af bredbåndshastighed og mobilt bredbånd. En nærmere diskussion af hvornår de vægtede estimater bør anvendes kan findes i *Solon et. al (2013)*.

7.4 IV med 2SLS

OLS-estimererne angiver effekten af bredbåndshastighed, eller mobilt bredbånd, såfremt det entydigt er tilfældet at øget bredbåndshastighed medfører øget produktivitet. Det er imidlertid også muligt at virkshederne vælger en høj bredbåndshastighed, eller adgang til mobilt bredbånd, netop fordi de i forvejen er meget produktive. Når dynamikken går begge veje, er effekten af bredbåndshastighed, eller mobilt bredbånd, simultant bestemt. Det indebærer at OLS-estimererne er inkonsistente og biased.

En potentiel løsning på endogenitetsproblemet er IV-estimation. Ideen bag IV-estimation er at anvende såkaldte instrumenter for de endogene forklarende variable. I analysen udgøres de endogene variable af:

- Indikatorvariablen for bredbåndshastighed i kategorien høj.
- Indikatorvariablen for bredbåndshastighed i kategorien lav.
- Indikatorvariablen for mobilt bredbånd.

Hver endogen variabel kræver et instrument for at korrigere for endogeniteten. Betragt en vektor bestående af de eksogene forklarende variable, x_{1i} , med tilhørende parametervektor, β_1 , og x_{2i} er en vektor bestående af de endogene forklarende variable med tilhørende parametervektor, β_2 . For at instrumenterne, givet ved vektoren z_{2i} , kan anvendes som instrumenter for de endogene variable,

skal følgende to betingelser være opfyldt:

$$E[\epsilon_i z_{2i}] = 0$$

$$E[z_{2i} x'_{2i}] \neq 0$$

Instrumenterne skal være ukorrelerede med fejlleddet og dermed ukorrelerede med de uobserverbare faktorer, som opfanges i fejlleddet i modellen. Da vil instrumenterne være *valide* instrumenter. Denne antagelse kan ikke direkte testes, og det skal derfor sandsynliggøres ved hjælp af teoretiske argumenter, at den holder. Der gøres rede for de anvendte instrumenter i kapitel 4.

Desuden skal instrumenterne være korrelerede med de endogene forklarende variable. Hvis instrumenterne kun er svagt korrelerede med de endogene variable, opstår der imidlertid en række problemer. Svage instrumenter kan give store standardfejl og resultere i inkonsistente estimater, selv i de tilfælde hvor instrumentet er validt. Om instrumenterne er stærke nok afhænger af antallet af endogene variable, antallet af instrumenter og instrumenternes individuelle styrke. Den korrekte måde at teste hvorvidt instrumenterne er stærke nok, ved anvendelse af flere instrumenter, er Cragg-Donald, eller likelihood-ratio-versionen af denne, Kleibergen-Paap. Disse svarer til first-stage F-testen i tilfældet med én endogen variabel. Se Stock og Yogo (2005) for en mere detaljeret diskussion.

IV-estimationen anvender estimationsmetoden 'Two Stage Least Squares' (2SLS). I første trin renser man de endogene variable for endogenitet ved at regressere dem på instrumenterne. De eksogene variable i modellen fungerer som instrument for sig selv. Således beholder man kun den eksogene del af variationen i variablene. I andet trin estimerer man baseline-modellen med OLS, hvor de endogene variable byttes ud med de ren-

se de variable fra første trin. Fortolkningen af modellens estimater er den samme som for OLS.

8 Appendiks B

8.1 Resultater af estimationer med standardfejl

På de følgende sider fremgår resultaterne i kapitel 5 med estimerede standardfejl.

TABEL 8.1
Resultater af OLS-estimation

Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log)	Model 1	Model 2
Bredbåndshastighed		
- Høj	0,043*** (0,007)	0,039*** (0,007)
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)
- Lav	-0,008 (0,009)	-0,003 (0,009)
- Mobilt bredbånd		0,042*** (0,007)
Kontrolvariable		
- Kapitalintensitet (log)	0,096*** (0,004)	0,097*** (0,004)
- Eksportvirksomhed	0,078*** (0,008)	0,072*** (0,009)
- Eksportintensitet	0,020 (0,015)	0,020 (0,017)
- Andel med lang videregående uddannelse	0,820*** (0,045)	0,821*** (0,048)
- Andel m. kort eller mellemlang videregående udd.	0,676*** (0,034)	0,695*** (0,037)
- Andel faglærte	0,413*** (0,021)	0,398*** (0,023)
- Størrelse (log)	0,003 (0,003)	-0,001 (0,004)
Konstant	11,469*** (0,049)	11,491*** (0,053)
Fixed effects		
- År	ja	ja
- Branche	ja	ja
- Geografi	ja	ja
R ²	0,264	0,266
N	31.422	26.581

Kilde: DAMVAD 2014

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Der anvendes klyngerobuste standardfejl (i parentes), der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed.

TABEL 8.2

OLS-resultater på forskellig virksomhedsstørrelse (Model 2)

Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log)	10-19 an-satte	20-49 an-satte	50-99 an-satte	100+ an-satte
Bredbåndshastighed				
- Høj	0,032 (0,018)	0,034* (0,015)	0,042** (0,015)	0,030** (0,011)
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)	(reference)	(reference)
- Lav	0,001 (0,015)	-0,004 (0,016)	-0,055 (0,034)	0,018 (0,033)
- Mobilt bredbånd	0,042* (0,016)	0,037** (0,014)	0,037* (0,018)	0,029* (0,013)
Kontrolvariable				
- Kapitalintensitet (log)	0,081*** (0,006)	0,094*** (0,007)	0,089*** (0,011)	0,100*** (0,007)
- Eksportvirksomhed	0,112*** (0,016)	0,070*** (0,015)	0,034 (0,022)	0,053** (0,018)
- Eksportintensitet	0,059 (0,040)	0,046 (0,032)	0,023 (0,031)	0,022 (0,029)
- Andel med lang videregående uddannelse	0,592*** (0,080)	0,662*** (0,079)	1,021*** (0,108)	1,210*** (0,134)
- Andel m. kort eller mellemlang videregående udd.	0,625*** (0,064)	0,718*** (0,054)	0,732*** (0,093)	0,687*** (0,101)
- Andel faglærte	0,301*** (0,035)	0,362*** (0,040)	0,536*** (0,055)	0,517*** (0,058)
- Størrelse (log)	0,005 (0,030)	-0,061** (0,021)	-0,018 (0,034)	-0,004 (0,010)
Konstant	11,638*** (0,116)	11,764*** (0,115)	11,569*** (0,190)	11,507*** (0,109)
Fixed effects	ja	ja	ja	ja
- År	ja	ja	ja	ja
- Branche	ja	ja	ja	ja
- Geografi	ja	ja	ja	ja
R ²	0,240	0,245	0,250	0,340
N	5.182	6,431	5,254	8,717

Kilde: DAMVAD 2014

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Der anvendes klyngerobuste standardfejl (i parentes), der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed.

TABEL 8.3

WLS-estimer vs. OLS-estimer (Model 2)

Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log)	OLS	WLS
Bredbåndshastighed		
- Høj	0,039*** (0,007)	0,038*** (0,009)
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)
- Lav	-0,003 (0,009)	-0,006 (0,011)
- Mobilt bredbånd	0,042*** (0,007)	0,042*** (0,009)
Kontrolvariable		
- Kapitalintensitet (log)	0,097*** (0,004)	0,092*** (0,004)
- Eksportvirksomhed	0,072*** (0,009)	0,085*** (0,009)
- Eksportintensitet	0,020 (0,017)	0,055 (0,020)
- Andel med lang videregående uddannelse	0,821*** (0,048)	0,676*** (0,053)
- Andel m. kort eller mellemlang videregående udd.	0,695*** (0,037)	0,650*** (0,038)
- Andel faglærte	0,398*** (0,023)	0,303*** (0,024)
- Størrelse (log)	-0,001 (0,004)	0,001 (0,004)
Konstant	11,469***	11,469***
Fixed effects		
- År	ja	ja
- Branche	ja	ja
- Geografi	ja	ja
R ² (Korrigeret R ² for IV)	0,266	0,241
N	26.581	26.580
N (opregnet)	-	104.029

Kilde: DAMVAD 2014

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Der anvendes klyngerobuste standardfejl (i parentes), der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed.

TABEL 8.4

IV-estimer vs. OLS-estimer (Model 1)

Afhængig variabel: Arbejdskraftsproduktivitet (log)	OLS	IV
Bredbåndshastighed		
- Høj	0,043*** (0,007)	0,008 (0,592)
- Mellem (reference)	(reference)	(reference)
- Lav	-0,008 (0,009)	-1,252 (0,778)
Kontrolvariable		
- Kapitalintensitet (log)	0,096*** (0,004)	0,092*** (0,013)
- Eksportvirksomhed	0,078*** (0,008)	0,057** (0,020)
- Eksportintensitet	0,020 (0,015)	0,010 (0,043)
- Andel med lang videregående uddannelse	0,820*** (0,045)	0,783*** (0,193)
- Andel m. kort eller mellemlang videregående udd.	0,676*** (0,034)	0,487 (0,303)
- Andel faglærte	0,413*** (0,021)	0,350*** (0,090)
- Størrelse (log)	0,003 (0,003)	-0,032 (0,081)
Konstant	11,469*** (0,049)	11,859*** (0,470)
Fixed effects		
- År	ja	ja
- Branche	ja	ja
- Geografi	ja	ja
R ² (Korrigeret R ² for IV)	0,264	-0,171
N	31.422	30.554

Kilde: DAMVAD 2014

Note: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001. Der anvendes klyngerobuste standardfejl (i parentes), der tager højde for afhængighed mellem gentagne observationer på den samme virksomhed.

9 Appendiks C

9.1 Opgørelse af den samfundsøkonomiske værdi

Merproduktiviteten blandt virksomheder med hhv. højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd repræsenterer en samfundsøkonomisk værdi, der kan opgøres som disse virksomheders merbidrag til BNP, målt ved virksomhedernes værditilvækst.

Danmarks Statistik opgør den samlede værditilvækst i de private byerhverv. Dernæst isoleres den del som kan tilskrives virksomhederne med hhv. højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd. Det er gjort ved at opregne stikprøven til den fulde population af virksomheder i sektoren og opgøre, hvor mange som har højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd henholdsvis. På denne baggrund er det muligt at anvende de estimerede overkantsskøn for effekten af hhv. højhastighedsbredbånd og mobilt bredbånd på produktivitet for at opnå et overkantsskøn for den samfundsøkonomiske gevinst

heraf.

Dette er vist i tabel 9.1, hvor det fremgår, at virksomheder med en højhastighedsforbindelse skabte en årlig merværdi på op til 5,6 mia. kr., når man sammenligner med virksomheder med en mellemhurtig bredbåndsforbindelse, der ellers har samme karakteristika og ressourceanvendelse. Ligeledes skabte virksomheder med mobilt bredbånd en årlig merværdi på op til 8,7 mia. kr., når man sammenligner med virksomheder uden mobilt bredbånd, der ellers har samme karakteristika, bredbåndshastighed og ressourceanvendelse.

Da estimerterne er overkantsskøn, som diskuteret i afsnit 6.1, må de beregnede BNP-effekter ligeledes betragtes som overkantsskøn.

TABEL 9.1
Overkantsskøn for samfundsøkonomiske effekter

Højhastighedsbredbånd	
Værditilvækst i sektoren (mio. kr.)	593.113
Værditilvækst i virksomheder med høj bredbåndshastighed (mio. kr.)	143.440
Estimeret andel som skyldes bredbåndshastigheden	3,9%
Samfundsøkonomisk værdi (mio. kr.)	5.594

Mobilt bredbånd	
Værditilvækst i sektoren (mio. kr.)	593.113
Værditilvækst i virksomheder med mobilt bredbånd (mio. kr.)	206.508
Estimeret andel som skyldes mobilt bredbånd	4,2%
Samfundsøkonomisk værdi (mio. kr.)	8.673

Kilde: DAMVAD, Danmarks Statistik

Note: Værditilvæksten tager udgangspunkt i den senest tilgængelige opgørelse af sektoren fra 2012. Den samfundsøkonomiske værdi fås ved at gange række 2 med række 3 i begge tabeller.



DVAAD
COPENHAGEN . OSLO . STOCKHOLM

Badstuestræde 20
DK-1209 Copenhagen K

Grensen 13
N-0159 Oslo

Waterfront Building
Klarabergsviadukten 63,
SE-101 23 Stockholm