

Policy Research Reports No. 1

Kostnader av elavbrott för svenska elkunder

**Fredrik Carlsson, Mitesh Kataria, Elina Lampi och Peter
Martinsson**

Department of Economics, March 2019



UNIVERSITY OF GOTHENBURG
SCHOOL OF BUSINESS, ECONOMICS AND LAW



UNIVERSITY OF GOTHENBURG
SCHOOL OF BUSINESS, ECONOMICS AND LAW

Kostnader av elavbrott för svenska elkunder

Fredrik Carlsson, Mitesh Kataria, Elina Lampi, och Peter Martinsson

Institutionen för nationalekonomi med statistik, Göteborgs Universitet

Department of Economics
School of Business, Economics and Law at the University of Gothenburg
Vasagatan 1, PO Box 640, 405 30 Gothenburg, Sweden
+46 31 786 0000
economics.handels.gu.se



Innehållsförteckning

1. Introduktion

2. Den svenska elmarknaden och elavbrott

3. Tidigare studier

4. Att mäta avbrottskostnader

4.1 Att fråga om betalningsviljan för hushåll

4.2 Att fråga om de direkta kostnaderna för andra kundkategorier

5. Genomförande av studien och studiens urval

5.1. Hushåll

5.2. Jordbruk, industri, handels- och tjänstesektorn och offentlig verksamhet

5.3 Urvalet

6. Avbrottskostnadsfunktioner och avbrottskostnader

7. Resultat

7.0 Sammanfattning av resultat för kostnadsparametrar

7.1. Avbrottskostnader för hushåll

7.2. Avbrottskostnader för jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet

7.3 En jämförelse med tidigare studier

8. Slutsatser

1. Introduktion

Hur mycket är olika elkonsumenter beredda att betala för hög leveranssäkerhet och på så sätt undvika elavbrott? Frågan är viktig för att kunna leverera den grad av leveranssäkerhet som elkunder faktiskt efterfrågar där kostnaderna för att öka leveranssäkerheten står i paritet med deras betalningsvilja. Det övergripande syftet med detta projekt är att ta fram underlag till beslutfattare för att fatta välgrundade beslut om den framtida utvecklingen av elförsörjningssystemet, främst investeringar i elnäten som påverkar leveranssäkerheten. Exempelvis kan underlaget användas för kvalitetsreglering av nätföretagen och till att påverka elbolags investeringsbeslut och underhållsstrategier (Energimarknadsinspektionen 2015).

De huvudsakliga kostnaderna som uppstår av ett elavbrott skiljer sig åt mellan olika kundgrupper. För ett hushåll kan ett elavbrott innebära att man exempelvis inte kan laga mat, att det blir kallt eller att man inte kan se på tv eller dator. För kundgrupperna industri, jordbruk, handel och tjänster samt offentlig verksamhet är det däremot bortfall i produktion och service samt kostnader för bl.a. omstart/uppstart, skadestånd till kunder och skador på anläggningen som uppstår i samband med avbrott som är de främsta kostnaderna av elavbrott (se Carlsson och Martinsson, 2006). Enligt en rapport från Svenskt Näringsliv (2014) har Sverige en stor industrisektor som använder mycket energi. Därför behövs det en konkurrenskraftig energiförsörjning. Hittills har det svenska elsystemet gett industrin en stark konkurrensfördel främst genom att erbjuda konkurrenskraftiga elpriser och säker tillgång på el. Dessa är konkurrensfördelar som man ska värna om enligt rapporten från Svenskt Näringsliv (2014). I framtiden är det dock troligt att behovet av energi blir ännu större och utmaningen är att leverera el som dessutom uppfyller högt ställda krav såsom klimatmålet.

Denna studie fokuserar på att skatta kostnader för elavbrott för fem olika kundkategorier: hushåll, jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet. Hushållen deltar i en enkätundersökning där de får uppge sin maximala betalningsvilja för att undvika både aviserade och inte aviserade avbrott av olika längder. Anledningen till att vi frågar om hushållens betalningsvilja i stället för kostnaden av ett avbrott är att kostnaden för hushållen oftast är obehag och krångel de känner av ett avbrott och inte direkta monetära förluster som företagen har på grund av exempelvis produktionsbortfall. Vi likställer hushållens betalningsvilja med deras avbrottskostnader. Även Carlsson och Martinsson (2006) frågade om hushållens betalningsvilja och genom att behålla detta upplägg så blir även jämförelsen enklare. Industri, jordbruk, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet tillfrågas om sina faktiska kostnader i samband med avbrott av olika längd, både aviserade och inte

aviserade, som anläggningarna har. Dessa kundgrupper är informerade om att vi tolkar de avbrottskostnader som de anger som deras faktiska betalningsvilja. I denna rapport fokuserar vi på att skatta avbrottskostnader för avbrottstider som är kortare än 12 timmar. För längre avbrott finns det speciella regler vilket vi kommer återvända till längre fram.

För respektive kundkategori skattar vi avbrottskostnader för olika avbrottslängder. Vi gör det i två olika enheter, dels mätt som *kronor per avbrottslängd*, och dels som en normaliserad kostnad mätt som *kronor per kWh*. Vidare jämför vi avbrottskostnaderna vi får fram i denna undersökning med de tidigare studier som har genomförts, främst den tidigare svenska (Carlsson och Martinsson, 2006), men också studier genomförda i andra länder. Detta för att belysa om, och i så fall hur, avbrottskostnader har förändrats över tiden. Det finns skäl att tro att avbrottskostnaderna kan ha ökat inte minst i ljuset av det ökade beroendet av el, men å andra sidan så har exempelvis batterier förbättrats vilket kan motverka negativa effekter av ett elavbrott.

Slutligen, el har även en direkt koppling till miljömålet ”begränsad klimatpåverkan”. Enligt en rapport från IEA (2013) leder hårdare krav på att minska på belastningen på klimatet till ett ökat behov av miljövänlig el. Elbilar är ett exempel på det. Vidare så betonas elens betydelse när det gäller minskning av klimatpåverkande utsläpp från industrin. Användningen av olja har minskat och användningen av el och biobränsle har ökat. Allt detta betyder att elbehovet troligtvis inte kommer minska utan öka i framtiden, vilket gör tillförlitligheten i elproduktionen till en mycket viktig faktor både när det gäller minskad klimatpåverkan, bibehållen konkurrens bland företagare, och antalet nöjda elkunder bland allmänheten. Resultaten från nya studier om både tillgänglighet och tillförlitlighet i elleverans och avbrottskostnader är alltså viktiga för förståelsen av hur Sveriges elförsörjning skall organiseras och bedrivs för att tillfredsställa dessa olika kundkategorier.

Rapporten är uppdelad på följande sätt. I avsnitt 2 presenterar vi elmarknaden i Sverige och de regleringar som är viktiga för den här studien. I avsnitt 3 går vi igenom tidigare avbrottskostnadsstudier och i avsnitt 4 går vi igenom de undersökningsmetoder som vi använder för att mäta avbrottskostnader. Avsnitt 5 beskriver hur vi genomförde studien samt urvalet och i avsnitt 6 beskriver vi i detalj hur normaliserade avbrottskostnadsparameterar beräknas. I avsnitt 7 redovisas resultaten och slutligen i avsnitt 8 presenteras de viktigaste resultaten och slutsatserna.

Forskningsprojektet är finansierat av Energimyndigheten, och till projektet har en referensgrupp knutits. Vi har under åren fått värdefull information och återkoppling från särskilt Elin Grahn och Carl-Johan Wallnerström på Energimarknadsinspektionen. Vidare har

följande personer gett oss kommentarer, läst utkast på rapport och enkäter: Lina Bertling (KTH), Kenny Granath (Mälarenergi), Anton Nordström (Vattenfall), Gerd Kjölle (SINTEF), Jenny Paulinder (Göteborg Energi), Yalin Huang (Energimarknadsinspektionen), Torbjörn Severinsson (Vattenfall), Anders Petterson (Energiföretagen), Olle Hansson (Ellevio) och Erik Lejerskog (Ellevio).

2. Den svenska elmarknaden och elavbrott

El är en vara som är svår att lagra och därför är balansen mellan produktion och förbrukning viktig. Den svenska elmarknaden består av två olika aktörer: Nätföretag som har ansvar för att elen transporteras, och elhandelsföretagen som säljer el till konsumenterna. Konsumenterna har således två olika elavtal, det första med elnätsföretaget som äger elnätet där man bor, och det andra avtalet med företaget som man köper elen av. Svenska kraftnät är en statlig myndighet som drivs i form av ett statligt affärsverk och som förvaltar, driver och utvecklar det svenska stamnätet där elen transporteras från de stora kraftverken till de regionala elnäten. Svenska kraftnät ansvarar också för att det alltid är balans mellan förbrukning och produktion, dvs. att produktionen tillsammans med importen är lika med användningen och exporten av el i hela Sverige. De ska också ansvara för driftsäkerheten i det svenska elnätet (SFS 1994:1806). De regionala och lokala elnäten ägs av elnätsföretagen (ca 170 i Sverige) som ansvarar för transporten av el till kunderna från stamnätet (Energimarknadsinspektionen, 2015). Elnätsföretagen har ensamrätt inom sina geografiska områden och därmed en marknadsmakt. Ensamrätten motiveras med att det anses vara både samhällsekonomiskt och miljömässigt olämpligt att bygga parallella elnät över hela landet. Den andra gruppen av aktörer på elmarknaden, de dryga hundra elhandelsföretagen som finns idag i Sverige, köper el från den nordiska elbörsen Nord Pool och säljer sedan elen till sina abonnenter. Elhandelsföretag verkar i konkurrens och erbjuder olika typer av elavtal för att locka till sig kunder.

Nätföretagen tar ut en nättariff för distributionen av el. Enligt ellagen så skall nättariffen vara skälig i förhållande till de prestationer som nätföretaget har utfört. Eftersom det saknas konkurrens har Energimarknadsinspektionen som uppgift att granska skäligheten i nätavgiften som elnätsföretagen tar ut av kunderna. Under ett antal år användes den så kallade nätnyttomodellen för att bedöma skäligheten i nättarifferna (Wallnerström och Bertling, 2008). Men sedan ett riksdagsbeslut år 2009, ser regleringen annorlunda ut. Numera ska elnätstariffernas skälighet granskas på förhand genom en förhandsreglering (Wallnerström

och Bertling, 2010). Den innebär att Energimarknadsinspektionen beslutar om en intäktsram för elnätsföretagen. Intäkterna ska täcka skäligena kostnader och ge en rimlig avkastning. Denna avkastning justeras med avseende på kvalitén i nätverksamheten. Justeringen görs bland annat med avseende på avbrott av olika typer, och för att göra en justering är det nödvändigt att ta fram en skattning av avbrottskostnad. Genom att justera intäktsramen med avdrag eller tillägg internaliseras en del av kundernas avbrottskostnader i nätföretaget. Nivån på tillägg och avdrag på intäktsramen bestäms av skillnaden i avbrottskostnad mellan normnivån och den faktiska leveranssäkerheten. Normnivån baseras på nätföretagets prestation över tiden. Nätföretagen får positiva ekonomiska konsekvenser om leveranssäkerheten är bättre än normnivån och de får negativa ekonomiska konsekvenser om leveranssäkerheten är sämre än normnivån. Detta innebär att leveranskvaliteten regleras med ekonomiska incitament. Målet är att närma sig optimal leveranssäkerhet där samhällets totala kostnader för leveranssäkerhet inte överstiger avbrottskostnaderna. Energiinspektionen har även instrument för att påverka fördelningen av den ekonomiska nyttan av förbättrad respektive försämrade leveransskvalitet mellan elkunder och nätföretagen (Energimarknadsinspektionen, 2015).

Sveriges riksdag skärpte regelverket kring elavbrott och från och med första januari 2011 är det förbjudet med ett elavbrott som varar mer än 24 timmar (SFS 1997:857). Lagen kräver också en avbrottsersättning till drabbade abonnenter efter 12 timmars avbrott. Om orsaken till avbrottet (t.ex. en storm) och längden på avbrottet anses ligga utanför nätbolagets kontrollansvar betalas en lägre ersättning (exempelvis pga. jämkning) eller ingen ersättning alls.

Det finns dessutom regler om hur många elavbrott elnätsföretag får ha per år. För en lågspänningskund, vilket de allra flesta kunder i Sverige är, anses överföringen av el inte vara av god kvalitet om kunden har över 11 avbrott som är längre än 3 minuter och som inte är aviserade, under ett år (Energimarknadsinspektionen, 2013). Elnätsföretagen har ansvar att uppfylla kraven som finns i regelverket och Energimarknadsinspektionen ansvarar för kontrollen av att företagen inte bryter mot regelverket.

3. Tidigare studier

Tidigare studier av avbrottskostnader har utförts både i Sverige och i andra länder. Studiernas huvudsyfte varierar, men vanligtvis handlar det om att ge underlag till myndigheter att fastställa parametrar i en regleringsmodell och till att bestämma elföretags kompensation till sina kunder vid avbrott, vilket påverkar nätföretagens benägenhet att utföra underhåll och förbättringar av elnäten. Det finns även ett vetenskapligt intresse av just studier om elavbrott.

Som exempel på vetenskapliga avbrottsstudier i olika länder kan följande nämnas: Sverige (Carlsson och Martinsson, 2006, 2007, 2008a, 2008b; Carlsson m.fl., 2011; Svenska Elverksföreningen, 1994), Norge (SINTEF 2003a,b), USA (Moeltner och Layton, 2002), Nederländerna (Baarsma och Hop, 2009), Flamländska regionen i Belgien (Pepermans, 2011), Kanarieöarna (Amador m.fl., 2013), Österrike (Reichl m.fl., 2013), Hong Kong (Woo m.fl. 2014), Australien (Hensher m.fl. 2014), Sydkorea (Kim m.fl., 2015) och Norra Cypern (Ozbaflı och Jenkins, 2015).

Den senaste svenska undersökningen om olika kundkategoriers kostnader i samband med elavbrott och betalningsvilja för att undvika elavbrott genomfördes åren 2003-2004 (Carlsson och Martinsson, 2006). Studien visade att hushållens betalningsvilja ökar under helgerna och vintermånaderna samt att den beror på längden på elavbrott. När det gäller företag visade Carlsson och Martinsson (2006) att det finns en stor skillnad i avbrottskostnader mellan olika branscher och att kostnaderna i många fall är betydande. Vidare så visar jämförelser av kostnadsutvecklingen för elavbrott över tid att den varierar för olika kundkategorier, och oftast inte är en linjär funktion av den generella prisutvecklingen (Carlsson och Martinsson, 2006). En viktig anledning till detta kan vara att hushållens och företagets elberoende ökar i olika takt. Paradoxalt nog behöver detta inte innebära att avbrottskostnaderna ökar eftersom aktörers behov av att skydda sig från avbrott ökar, vilket kan göras t.ex. genom egen reservkapacitet, UPS etc.

Tittar vi på studier om elavbrott i andra länder än Sverige, så ser vi att det finns betalningsvilja bland allmänheten för att öka leveranssäkerheten genom att både minska på antalet avbrott och längden på avbrott (se t.ex. Baarsma och Hop, 2009; Amador m.fl., 2013; Hensher m.fl., 2014). Tidigare studier visar också att erfarenheter av elavbrott har betydande påverkan på betalningsviljan: Amador m.fl., (2013) finner att hushållen på Kanarieöarna som tidigare upplevt större avbrott har dubbelt så hög betalningsvilja att minska på antalet elavbrott än de som inte upplevt det samma. Även Moeltner och Layton (2002) finner att betalningsviljan ökar markant om man upplevt långa avbrott.

Reichl m.fl. (2013) undersökte elavbrott bland andra kategorier än hushåll. De frågade olika typer av företag men också offentliga sektorn och hushåll om deras kostnader vid ett eventuellt elavbrott. Deras resultat visar att alla dessa kundkategorier har signifikanta kostnader av avbrotten. Även Baarsma och Hop (2009) undersökte betalningsviljan för avbrott bland hushåll och företag. Båda grupperna hade signifikant betalningsvilja för att både undvika antalet avbrott och olika långa avbrott. Företagens genomsnittliga betalningsvilja var

dock nästan 12 gånger högre än hushållens vilket kan förklaras med att alternativkostnaden är högre för företagen.

Woo m.fl. (2014) visade i sin undersökning att säker elleverans är viktigt för individer fastän de upplever endast få och korta elavbrott. De fann en överraskande hög betalningsvilja för att undvika avbrott även i en region som Hong Kong med nästan perfekt pålitlighet i eldistribution. Ozbaflı och Jenkins (2015) visade att betalningsviljan för en bättre el service överstiger kostnaderna för att förbättra tillförlitligheten i eldistribution i Norra Cypern, där det finns nästan dagliga elavbrott. Pepermans (2011) fann att respondenterna i Belgien inte är villiga att minska på tillförlitlighet i eldistribution och att 75 procent av deras respondenter föredrar avbrott i lågbelastningstiderna. Slutligen om elavbrott är aviserat respektive inte aviserat har visats sig att vara av betydelse (Baarsma och Hop, 2009 och Kim m.fl., 2015). Kim m.fl. (2015) fann 26 procent högre betalningsvilja för de inte aviserade avbrotten jämfört med aviserade avbrotten.

4. Att mäta avbrottskostnader

Det finns flera metoder för att mäta kostnader av avbrott. För hushåll rekommenderas att med enkätundersökning mäta antingen de direkta kostnaderna av olika avbrott eller betalningsviljan för att undvika olika avbrott (CEER, 2010). För de andra kundkategorierna rekommenderas att mäta, i enkätundersökningar, de direkta kostnaderna av olika avbrott (CEER, 2010). Vi följer dessa rekommendationer. För hushållen så likställer vi deras betalningsvilja med deras avbrottskostnader. Jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentliga sektorn tillfrågas om sina faktiska kostnader i samband med avbrott av olika längd, både aviserade och inte aviserade, som anläggningarna har. I undersökningen informerades kundgrupperna om att vi tolkar de avbrottskostnader som de anger som deras faktiska betalningsvilja.

Det finns ett flertal metoder för att mäta betalningsviljan för en vara eller tjänst. Det mest naturliga, och kanske det vanligaste, är att studera efterfrågan på en faktisk marknad och från en skattad efterfrågekurva mäta betalningsviljan direkt. Men för många varor och tjänster finns det ingen marknad. I fallet med elavbrott kan man inte köpa färre elavbrott på en marknad; även om man i viss utsträckning kan reducera de negativa effekterna av ett avbrott genom att investera i skyddsutrustning. Ett alternativ är då att med hjälp av en konstruerad marknad i en enkät fråga folk om deras betalningsvilja för att undvika ett elavbrott.

4.1 Att fråga om betalningsviljan för hushåll

Metoden att undersöka betalningsviljan genom att fråga folk om deras betalningsvilja benämns på engelska ”stated preference method” och innefattar huvudsakligen två metoder: ”contingent valuation” och ”choice experiment”. Vi har i den här undersökningen använt ”contingent valuation” metoden och kommer därför att fokusera vår beskrivning på den. Med en sådan ansats skapas ett hypotetiskt scenario som beskriver varan eller problemet i fråga och sedan undersöker man (genom att skicka enkäter eller genom att intervjua) respondenters betalningsvilja för en förbättring av varans kvalité eller för deras kompensationskrav för försämringen i varans kvalité. Frågan om betalningsviljan kan ställas på flera sätt, (i) en öppen fråga, där respondenten direkt får ange sin maximala betalningsvilja, (ii) en sluten fråga, där respondenten får svara om de är beredda att betala en viss kostnad genom att säga ja eller nej, eller (iii) betalningskort där respondenter väljer den kostnad som överensstämmer med hens betalningsvilja. Respondenterna uppger alltså sina preferenser till ett hypotetiskt scenario till skillnad från faktiska preferenser som kan studeras genom att studera hur individer beter sig på en existerande marknad.

Litteraturen kring hur man utformar den här typen av enkätundersökningar är omfattande. Det finns ett antal potentiella problem som främst rör frågor om hur respondenter fattar beslut och hur de hanterar information (Carlsson m.fl., 2012; Czajkowski m.fl., 2014). En viktig fråga som diskuterats flitigt i litteraturen är också den eventuella skillnaden mellan beteende i en enkät och hur man hade agerat om frågan varit på en faktisk marknad, och skillnaden benämns som hypotetisk bias (Cummings och Taylor 1999; Carlsson och Martinsson, 2001). Att frågeställningen är hypotetisk anses vara den stora svagheten i metoden vi kommer använda: det är möjligt att respondenterna inte anger deras sanna betalningsvilja eftersom betalningen inte händer på riktigt utan är hypotetisk. Samtidigt är enkätstudier unika i att de kan mäta värden på idag icke existerande varor samt mäta totala värden av en vara, dvs. inte bara rena brukarvärden. Att kunna använda sig av hypotetiska marknader har alltså stora fördelar, och ibland är dessa metoder även de enda möjliga att använda för att värdera varor där idag ingen marknad existerar.

Slutligen, ett annat problem med de flesta enkätstudier är att om man frågar efter en betalningsvilja, medan respondenterna anser att de har rätt till kompensation, som i fallet vid ett elavbrott, så kan respondenterna protestera mot studien och lämna missvisande protestbud på noll kronor. För en mer detaljerad genomgång av metoden rekommenderas exempelvis Brännlund och Kriström (1998), Bateman m.fl. (2002) och Mitchell och Carson (1989).

Vi kommer nu att fokusera på att beskriva hur metoden kan användas för att mäta kostnaden av elavbrott. Ett elavbrott i ett hushåll ger främst upphov till en rad obekväma effekter, exempelvis att inte kunna laga mat, att det blir kallt eller att man inte kan se på tv eller använda sin dator/i-Pad. Värdet av dessa negativa effekter kan mätas genom att studera betalningsviljan hos individerna för att minska antalet elavbrott. Tillämpad på elavbrott innebär "contingent valuation"-metoden att man i ett scenario t.ex. beskriver en minskning av antal inte aviserade avbrott med en avbrottslängd på 4 timmar. Sedan frågar man respondenterna om deras betalningsvilja betingat ("contingent") på att uppnå den beskrivna förminskningen. Fördelen med en "contingent valuation"-studie är att den inkluderar inte bara de faktiska kostnaderna som hushållen drabbas av i samband med ett elavbrott men också andra värden såsom upplevelsen av att exempelvis frysa och inte kunna laga mat. Eftersom metoden använder hypotetiska scenarier är det också möjligt att fråga alla individers betalningsvilja, även de som inte har upplevt elavbrott. Denna metod användes till exempel i 1994 års svenska elavbrottsstudie (Svenska Elverksföreningen, 1994) och i studien av Carlsson och Martinsson (2006).

4.2 Att fråga om de direkta kostnaderna för andra kundkategorier

För, jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet undersöktes som tidigare nämnts den uppskattade kostnaden för olika avbrott i stället för betalningsviljan. Att fråga om de direkta kostnaderna innebär inte nödvändigtvis att man frågar om kostnader som har uppstått vid faktiska avbrott. Istället kan man fråga om uppskattade kostnader vid tänkta avbrott, vilket är utformningen av frågan i vår undersökning. Precis som i fallet med hushållen så undersöktes avbrottskostnaden för jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentliga sektorn för avbrott av olika längd, både aviserade och inte aviserade, som anläggningarna har eller tänkas ha.

5. Genomförande av studien och studiens urval

Hushåll brukar för det mesta behandlas som en separat kundgrupp i den här typen av undersökningar. Detta av två anledningar: (i) för hushåll är vanligtvis den största negativa effekten av avbrott obelägenheten av avbrottet i sig, och inte direkt monetära kostnader, och (ii) för hushåll är det mer självklart vem som är beslutsfattaren. För hushållen använder vi contingent valuation metoden där avbrottskostnader likställts med deras betalningsvilja för att undvika elavbrott. För jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag samt offentlig

verksamhet användes också en enkätstudie, men företagen tillfrågades endast om deras faktiska avbrottskostnader för olika avbrottslängder. För hushåll var avbrotten som undersöktes i studien både aviserade och inte aviserade för en januarikväll klockan 18.00.¹ Vi har valt januari månad eftersom det är maxeffekt som vi normaliserar på. För industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet frågade vi om kostnaderna av ett tänkt avbrott som sker med start en torsdag i januari klockan 10, medan för jordbrukare vid den tidpunkt som skulle medföra största kostnaden. Vi definierade aviserad och inte aviserade avbrott på följande sätt i studien:

Det finns två typer av elavbrott:

1. *Aviserade avbrott*: Ett avbrott som kunden fått meddelande om i god tid i förväg. Man får veta när avbrottet kommer att ske och hur lång tid det kommer att pågå.
2. *Inte aviserade avbrott*: Ett avbrott som kommer överraskande och som kunden inte fått förvarnande meddelande om. Man vet inte heller hur länge avbrottet kommer att pågå.

Innan de slutgiltiga enkäterna skickades till de olika kundkategorierna genomförde vi en fokusgruppsundersökning (där deltagare fick ge kommentarer på hushållsenkäten) och en pilotstudie av hushållsundersökningen. Ett representativt urval av 122 individer över 18 år ingick i pilotstudien. För industriföretag gjorde vi en pilotundersökning med 100 industriföretag.²

5.1. Hushåll

Hushållsenkäten bestod av fyra delar. I första delen ingick frågor om respondentens bostad, elanvändning samt om bostaden hade någon utrustning för att klara av elavbrott. I del 2 gav vi information om ersättningar som finns idag vid ett elavbrott samt om vad som händer hemma med elektronisk utrustning, värme och vatten vid olika avbrottslängder. Vi definierade också vad som menas med aviserade och inte aviserade avbrott och frågade om hur många avbrott

¹ I 1994 års studie fann man att avbrott mellan klockan 16-20 medför störst obehag (Svenska Elverksföreningen, 1994, bilaga 5 s.10), och vi har ingen anledning att tro att detta har ändrats. Vi valde kl. 18.00 som startpunkt eftersom kl. 16.00 skulle innebära att ett flertal hushållsmedlemmar fortfarande inte har kommit hem från arbetet.

² Enkäten för handels- och tjänstesektorn, jordbrukssektorn och offentliga sektorn är nästan identiska med industrienkäten så det inte behövdes separata pilotstudier för dessa sektorer.

respondenten kommer ihåg att ha haft under det senaste året. Del 3 började med information om de kommande frågorna om betalningsviljan med följande text:

”Vi kommer nu att ställa några frågor om ditt hushålls vilja att undvika elavbrott. Tänk dig att det finns en tjänst med ett reservverk som kan användas vid ett elavbrott. Detta elverk täcker ditt hushålls behov av el under hela avbrottet. Tjänsten kostar pengar men ditt hushåll betalar endast till nätägaren om ett avbrott sker. Om ditt hushåll inte betalar något får ni inte tillgång till reservverket vid ett elavbrott. Tänk dig att ett elavbrott sker i januari med start klockan 18.00. För varje fråga ber vi dig ange hur mycket ditt hushåll *som mest* kan tänka sig att betala för att undvika detta elavbrott genom att ansluta sig till tjänsten om reservverk. Vi ber dig att tänka på att ökade kostnader minskar era möjligheter att använda pengar till annat. Det finns inga rätta eller fel svar.”

Vi vet från tidigare undersökningar att det är viktigt att påpeka för respondenterna att de som svarar gör det noggrant och så sanningsenligt som möjligt. Detta gjorde vi med en s.k. ”cheap-talk” text (Cummings och Taylor, 1999). Nedan presenteras cheap-talk texten som vi inkluderade i undersökningen:

”Erfarenheter från liknande tidigare studier visar att en del tenderar att ange en annan betalningsvilja i enkäter än vad de i verkligheten visar sig vilja betala. En del anger en lägre summa. Vi tror detta bland annat beror på att man vill uttrycka en åsikt om att man har rätt till att få el levererad utan avbrott. Andra anger en högre summa. Vi tror att detta bland annat beror på att man vill uttrycka en åsikt om att elbolagen ska ta elavbrott på stort allvar. Vi ber dig att svara enligt vad du skulle betala i verkligheten för tjänsten med reservverk eftersom då får vi veta vad du faktiskt tycker. Om du anger en lägre betalningsvilja än din faktiska så kanske inte tjänsten kommer att bli tillgänglig för dig och om du anger en högre betalningsvilja än din faktiska så kommer kanske tjänsten att erbjudas för det belopp du har angivit.”

Det är också viktigt att göra respondenterna medvetna om att deras svar faktiskt kan ha en verklig påverkan, så kallad konsekvensialism (Vossler m.fl., 2009). Därför innehöll enkäten följande information:

”Resultaten av denna studie kan komma att påverka utformningen av det framtida elnätet och nivån på elnätsavgifterna och görs på uppdrag av Energimyndigheten.”

Efter informationstexten följde fyra betalningsviljafrågor om *aviserade* elavbrott för olika avbrottslängder. Efter dem kom fyra frågor om betalningsviljan för olika långa *inte aviserade* avbrott. Inför varje fråga var det också möjligt att klicka fram den tabell som visades i del 2, det vill säga tabellen med information om vad som händer hemma vid olika långa avbrott. Slutligen i del 4 fanns det frågor om individens socio-ekonomiska bakgrund, såsom frågor om utbildning, ålder, inkomst etc.

I studien användes så kallade ”betalningskort” (*payment cards*) för att ta reda på individernas maximala betalningsvilja³ för aviserade och inte aviserade elavbrott på de fyra olika avbrottslängderna, nämligen för 3 minuter, respektive 1, 4 och 12 timmar. För varje avbrottslängd fanns det 27 olika s.k. bud att välja mellan, där det lägsta alltid var noll och det högsta var ”mer än” vad vi förväntade oss som det högsta budet. Vi använde en exponentiell skala, där nästa bud bestäms som en given proportion av föregående bud och detta resulterar i att intervallen mellan buden ökar i en ökande takt (Rowe m.fl. 1996). Buden testades i pilotstudien så att vi kunde säkerställa att de inte var för höga eller för låga.

Ett exempel på det betalningskort som användes för aviserade elavbrott på 3 minuter visas nedan i Figur 1.

Hur mycket skulle ditt hushåll *som allra mest* kunna tänka sig att betala för att undvika ett *aviserat* elavbrott som börjar klockan 18 en kväll i januari? Du vet i god tid i förväg när avbrottet kommer att ske och att det kommer att vara i 3 minuter.

För att svara, klicka på det belopp i kronor nedan som är närmast det som du *som allra mest* kan tänka dig att betala för att undvika ett aviserat elavbrott på 3 minuter.

0	5	6	7	8	9	11	13	15
17	20	23	27	32	37	43	50	58
68	80	90	110	130	150	170	200	>200

Figur 1. Betalningskort för aviserade elavbrott på 3 minuter.

5.2. Jordbruk, industri, handels- och tjänstesektorn och offentlig verksamhet

Avbrottskostnader för jordbruk, industri, handels- och tjänstesektorn och offentlig verksamhet undersöktes genom att fråga respondenter i respektive grupp om deras avbrottskostnader. Alla grupperna fick besvara frågor kring både aviserade och inte aviserade elavbrott. För båda typerna av avbrott var avbrottslängderna 3 minuter, 1 timme, 4 timmar och 12 timmar.

Frågorna i enkäten gällde hypotetiska avbrott som alla utvalda företag skulle uppge sina kostnader för, och således var det inte bara företag som haft avbrott som skulle besvara frågorna. Precis som för undersökningen till hushåll kan det finnas problem med att ställa frågor om kostnader för hypotetiska avbrott. Många har kanske inte haft avbrott på länge, och

³ Det är viktigt att fråga efter ”maximal betalningsvilja. Om man bara frågar efter vad en respondent är villig att betala så får man i teorin ett svar som ligger i intervallet noll och maximal betalningsvilja, men utan att veta om det representerar dennes maximala betalningsvilja.

även om man haft det kan det vara svårt att specificera vad kostnaderna är. Det kan också vara svårt att korrekt komma ihåg händelser bakåt i tiden vilket kan leda till att respondenterna rapporterar fel värden bara för att de inte längre kommer ihåg hur det egentligen var eller upplevdes. Om så, kan detta negativt påverka kvaliteten av självrapporterad data.⁴ Vi tycker det är viktigt att vara medveten om osäkerheten i uppgifterna. Detta medför att resultaten skall tolkas med försiktighet.⁵

Enkäterna för industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet var i stort sett identiska, vilket underlättar jämförelsen mellan sektorerna. För alla dessa kategorier frågade vi om kostnaderna av ett tänkt avbrott som sker med start en torsdag i januari klockan 10. Motiveringen för januari är samma som för hushållen nämligen att det är maxeffekt som vi normaliserar på. Enkäten för jordbrukssektorn skiljde sig dock från de andra på två punkter: För jordbruk frågade vi först vilken månad, veckodag och tidpunkt på dygnet när ett elavbrott skulle medföra störst kostnad för deras jordbruk. Sedan frågade vi inte om kostnaden för ett avbrott klockan 10 i januari, utan vi bad dem istället att ange kostnaden för den tidpunkt de anser att ett avbrott skulle medföra störst kostnad för deras jordbruk. Enkäterna för industri, handels- och tjänstesektor, offentliga sektorn samt jordbruk var också betydligt kortare än hushållsenkäten. Detta var nödvändigt för att i överhuvudtaget få svar⁶

Enkäterna bestod av två delar. I första delen frågades erfarenheter av elavbrott, om anläggningen hade vidtagit några skyddsåtgärder eller införskaffat utrustning i syfte att minska konsekvenserna av ett externt elavbrott och om så är fallet, varför och på vilket sätt. Dessutom ställdes en fråga om vilka de vanligaste typerna av kostnader (både direkta och indirekta) som de skulle drabbas av om ett elavbrott uppstod. Del 2 fanns i två olika versioner: En version för dem som inte hade skaffat sig någon skyddsutrustning mot elavbrott och en annan för de anläggningarna som svarade att de hade någon slags skyddsutrustning. Alla, oavsett om anläggningen hade skyddsutrustning eller ej, fick uppskatta de direkta kostnaderna av externa elavbrott. Respondenterna påmindes om möjliga direkta kostnader av elavbrott. Exempel på direkta kostnader är utebliven produktion, materialspill, skador på materiell och apparater och ökade lönekostnader. Även de som inte hade haft något externt avbrott det senaste året fick uppskatta kostnaderna. Vi informerade också att den kostnad som de angav för ett visst avbrott tolkas i denna undersökning som att deras företag/verksamhet

⁴ Detta fel kallas för ”recall bias” på engelska (Se t.ex. Hassan, 2005 and Song, 2007).

⁵ Ett alternativ hade varit att endast fråga om kostnader för faktiska avbrott. Men vi skulle då tappa en stor del av urvalet eftersom många inte haft avbrott det senaste året.

⁶ Vår pilotundersökning bland företagen visade att många företag inte var villiga att svara, ofta pga. att de inte hade haft elavbrott på senare tid. Enkäten upplevdes också för lång och krävande med detaljfrågor om företagets elkonsumention.

skulle vara villig att betala åtminstone den summan för att undvika det avbrottet på anläggningen. Efter att vi definierat aviserade och inte aviserade avbrott, följde själva kostnadsfrågorna. Se figur 2 nedanför som visar ett exempel på en kostnadsfråga som ställdes för industri, handels- och tjänstesektor och för offentliga verksamhet.

Vi ber dig att uppskatta kostnaderna för ett externt orsakat elavbrott som är *aviserat* respektive *inte aviserat* och som sker med start en torsdag i januari klockan 10. Vi vill att du anger anläggningens *faktiska kostnader* för ett antal olika avbrottslängder.

Ett aviserat och inte aviserat elavbrott orsakar följande kostnader för oss:

Längden på avbrottet	Aviserat	Inte aviserat
3 minuter 10.00 – 10.03	kr	kr
1 timme 10.00 – 11.00	kr	kr
4 timmar 10.00 – 14.00	Kr	Kr
12 timmar 10.00 – 22.00	Kr	Kr

Figur 2. Ett exempel på en kostnadsfråga

De respondenter som svarade att anläggningen hade skaffat skyddsutrustning fick svara på två olika kostnadsfrågor. Först anläggningens *faktiska kostnader* för ett antal olika avbrottslängder efter de skyddsåtgärder de vidtagit mot elavbrott (men utan investeringskostnaderna för skyddsåtgärdena), vilka motsvarar de kostnader som de skulle få om ett elavbrott inträffar. Sedan fick de en ny kostnadsfråga om vad kostnaderna skulle vara för dem utan de vidtagna skyddsåtgärdena.

5.3 Urvalet

Hushållsenkäten skickades ut till ett slumpmässigt urval av telefonrekryterade webpanelmedlemmar. Jordbrukare, industri-, handels- och tjänsteföretag och offentliga verksamheter kontaktades först via telefon för att rekrytera en person som kunde svara på tekniska frågor om elförbrukning och kostnaderna vid eventuellt elavbrott på anläggningen. Även med den kortare versionen av enkäten i samband med telefonintervjun var det dock fortsatt svårt att få svar från de andra sektorerna än hushållssektorn. Därför bestämde vi att använda av oss intervjuer via ett undersökningsföretag för övriga kundkategorier. Företaget vi anlidade ringde upp respondenterna och sedan fyllde respondenterna i enkäten i telefon

tillsammans med intervjuaren från företaget. Att vi använde oss utav intervjuer gjorde det också möjligt att förklara eventuella oklarheter i enkäten. Detta ökar därmed trovärdigheten i svaren, men det var givetvis också mer kostsamt att genomföra studien på detta sätt. I Appendix 1 beskrivs urvalsprinciperna och urvalsmetoden i detalj. För industriföretag, handels- och tjänsteföretag och för offentlig verksamhet så ombads respondenterna att enbart svara för den anläggningsadress som angavs i enkäten. Detta gjorde vi för att öka tillförlitligheten i svaren eftersom det är svårt, om inte omöjligt, för en person att ha total överblick över en hel koncern. Undersökningen genomfördes under hösten 2017 och början av 2018. Resultaten bygger på 1500 svar från hushåll, 750 svar från industri, 500 svar från offentlig verksamhet, 400 svar från tjänstesektorn och 300 svar från jordbrukare.

6. Avbrottskostnadsfunktioner och avbrottskostnader

Vi kommer att skatta avbrottskostnadsfunktioner för de olika kundkategorierna hushåll, jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet med regressionsmodeller. Det gör det möjligt att prediktera avbrottskostnader för andra avbrottslängder än de som vi har frågat om i enkätundersökningen. Dessutom kan vi på ett enkelt sätt undersöka kundgruppsvariationer i avbrottskostnader.

Den beroende variabeln i regressionsmodellen är den normaliserade avbrottskostnaden. För att normalisera så dividerar vi avbrottskostnaden i kronor med maxeffekten, och mäter då avbrottskostnaden i kronor per kW. Normalisering gör det möjligt att jämföra betalningsviljan mellan kundgrupper i samma enhet eftersom 1 timma utan el kan innebära olika konsekvenser för någon som använder mycket el jämfört med någon som använder mindre el. Behovet av normalisering är framför allt viktigt för att resultaten från denna studie skall kunna användas som beslutsunderlag av myndigheter för olika typer av regleringar.

För att kunna normalisera avbrottskostnaden för hushåll behöver vi information om hushållens årsförbrukning. Normalisering görs på maxeffekten $p_{max,i} = \frac{w_i}{t_i}$ uttryckt i kW där w_i är den årliga elförbrukningen i kWh och t_i är nyttjandetiden som i Sverige antas vara 1900 timmar/år. Det är den nyttjandetid som bland annat användes i nätnyttomodellen och även i den tidigare avbrottsundersökningen Carlsson och Martinsson (2006) och genom att bibehålla samma nyttjandetid blir jämförelsen mellan studierna enklare. Den kan dock ge missvisande förhållande vid låg eller hög förbrukning men givet att vi inte har mer information tillgänglig utgår vi från antagandet att abonnenterna har maxeffekt eller ingen effekt alls och att sannolikheten för maximal effekt för lågspänningsabbonenterna är 22 procent. (Eftersom ett

år motsvarar 8760 timmar medför detta att utnyttningstiden uppgår till 1900 h (Larsson, 2004). För de övriga kundkategorierna så kommer vi att normalisera på maxeffekt utifrån information om säkringsstorlek.⁷ För de som angav säkringsstorlek beräknas maxeffekten från säkringsstorleken, för de som inte svarade på frågan om säkringsstorlek så använder vi en regressionsmodell för att prediktera maxeffekt; se beskrivning av detta i resultatdelen av rapporten.

Fördelningen av normaliserad avbrottskostnad kommer inte att vara normalfördelad, utan består av en stor koncentration vid låga kostnader och sedan en relativt tjock högersvans. I den ekonometriska analysen kommer vi därför att basera analysen på logariterade avbrottskostnaden, vilket reducerar eventuella problem med extremvärden. Vidare kommer extremvärden ha en stor påverkan på slutliga resultaten. Av den anledningen väljer vi att för vissa kundkategorier fokusera på ett centralmått bestående av trimmade medelvärden. Det innebär att vi helt enkelt tar bort de högsta observerade avbrottskostnaderna. Vi kommer att tillämpa en konservativ trimning där vi tar bort 2,5 procent av de högsta värdena för alla kundkategorier förutom hushåll. Detta på grund av problemet med extrema värden bedömdes vara större för dessa grupper. För hushåll görs ingen trimning i huvudanalysen men vi gör en känslighetsanalys för att visa vad som händer om vi även här skulle trimma genom att ta bort 2,5 procent av de högsta värdena (visas i tabell A5 i Appendix 4). För kategorierna jordbruk, industri, tjänste- och handelsföretag samt offentlig verksamhet genomför vi även en känslighetsanalys där vi tar bort 1 procent av de högsta kostnaderna (resultaten visas i Appendix 4).

Eftersom den beroende variabeln i regressionsmodellen inte kan vara negativ bör man inte tillämpa minsta kvadrat-metoden för att skatta regressionssambandet. Minsta kvadrat-metoden är känd för att underskatta värdet på parametrarna vid denna typ av data. Istället bör man använda till exempel en Tobit-modell, som tar hänsyn till att täthetsfunktionen för avbrottskostnader inte är kontinuerlig; i vårt specifika fall har vi många observationer med noll i avbrottskostnad. Likelihoodfunktionen för en linjär modell kan generellt skivas som en funktion bestående av fördelningsfunktionen (F) och täthetsfunktionen (f) som dessutom för Tobit-modellen antas vara standard-normal.

$$L = \prod_0 1 - F\left(\frac{x_i'\beta}{\sigma}\right) \prod_1 \sigma^{-1} f\left(\frac{y_i - x_i'\beta}{\sigma}\right).$$

Den första termen i likelihoodfunktionen representerar de observerade nollorna medan den andra termen representerar positiva värden för den beroende variabeln. Man behöver dock

⁷ Max effekten, P, i kW för en säkringsstorlek på X ampere beräknas som $P = 0.4X\sqrt{3}$.

inte anta att sambandet mellan avbrottskostnader och avbrottslängd är linjärt. Vi antar istället ett icke-linjärt samband genom att skatta en logaritmisk betalningsviljefunktion, där alla kontinuerliga variabler är logaritmerade. Detta är ett vanligt antagande när man skattar avbrottskostnadsfunktioner (Moeltner och Layton, 2002). Dels gör det möjligt att tolka resultaten som elasticiteter, men det är även viktigt eftersom Tobit-modellen är känslig för avvikelser från normalitet och heteroskedasticitet. En logaritmering av de beroende och oberoende variablerna brukar vara standardmetoden för att reducera dessa avvikelser.⁸ För att prediktera avbrottskostnader för olika avbrottslängder efter att modellen är skattad behöver vi transformera tillbaka den skattade regressionsfunktionen genom att ta antilogaritmen av funktionen. Men detta är inte tillräckligt eftersom den inte tar hänsyn till residualtermen i regressionen och det kommer därför resultera i en s.k. log-transformation bias (Goldberger, 1968). Man kan hantera detta på flera sätt, se t.ex. Stynes m.fl. (1986). Vi kommer att tillämpa samma metodik som Moeltner och Layton (2002) och Woo och Train (1998) för att hantera detta. Vi kalibrerar då modellprediktionerna, $(E(\ln(y)|\hat{\beta}x) = \ln(\hat{y}))$, för avbrottslängderna 3 minuter, 1 timme, 4 timmar och 12 timmar⁹ med stickprovsmedelvärdena, $\bar{Y} = \sum_i y_i/n$, för avbrottskostnader för de olika avbrottslängder. Detta resulterar i att vi då får fram en skalfaktor enligt

$$t = \frac{\bar{Y}}{\exp(\ln(\hat{y}))}.$$

Denna skalfaktor används sedan för att skala om modellprediktionerna att stämma överens med stickprovsmedelvärdet vid avbrottslängderna 3 minuter, 1 timme, 4 timmar och 12 timmar enligt följande formel

$$E(Y|\hat{\beta}x) = \hat{Y} = t \cdot \exp(\ln(\hat{y})).$$

En skalfaktor högre än 1 innebär att modellprediktionen för en viss avbrottslängd är lägre än det skattade stickprovsmedelvärdet och vice versa. Skalfaktorn används med andra ord för att ”knuffa” modellprediktionerna så att dessa överensstämmer med stickprovsmedelvärdet. För att prediktera avbrottskostnader för avbrottslängder vi inte frågat om måste vi dels få fram modellprediktioner och dels skalfaktorer för avbrottslängder för de fyra olika avbrottslängder som vi har inkluderat i vår studie. Eftersom vi inte kan observera stickprovsmedelvärdet \bar{Y} för dessa avbrott får vi fram skalfaktorn genom enkel linjär interpolation av skalfaktorn för de

⁸ Det fanns ett antal observationer med noll i avbrottskostnad. För att kunna logaritmera den beroende variabeln och använda den i den ekonometrisk analysen tog vi kostnaden plus ett, d.v.s. den beroende variabeln blir då $\ln(\text{kostnad} + 1)$.

⁹ Modellprediktionerna, $E(y|\hat{\beta}x) = \hat{y}$, fås i sin tur fram genom att använda Tobit modellens skattade koefficienter i ekvationen: $\hat{y} = F\left(\frac{x\beta}{\sigma}\right)x\beta + \sigma f\left(\frac{x\beta}{\sigma}\right)$ (se Wooldridge, 2010).

värden på t som vi faktiskt känner till genom följande formel: $t = t_0 + d \cdot (t_1 - t_0)$ och där $0 \leq d \leq 1$ och anger procentuella avståndet mellan avbrottslängderna t_1 och t_0 som vi intresserar oss för. Vad vi sålunda gör är att vi skattar ett samband mellan avbrottslängd och avbrottskostnad från regressionsmodellen. Sedan justerar vi det sambandet med de stickprovsmedelvärden för avbrottskostnaderna som vi har från de avbrottslängder vi frågat i enkäten om. Mellan dessa fyra punkter (3, 60, 240 och 720 minuter) är lutningen för avbrottskostnaden en funktion av den skattade lutningskoefficienten. Det bör noteras att modellen predikterar ett konkavt samband mellan avbrottslängd och avbrottskostnad eftersom vi har antagit denna funktionella form. Men, om skalfaktorn ökar med avbrottslängd så kan vi erhålla ett konvext samband mellan de två avbrottslängder som skalfaktorn är baserad på.

Ett viktigt syfte med undersökningen är att ta fram fyra så kallade kostnadsparametrar för varje kundkategori. Två för aviserade och två för ej aviserade avbrott. De två parametrarna är dels en fast kostnad av ett avbrott, mätt i kronor/kW, och dels en rörlig avbrottskostnad för ett avbrott med normal längd. Normal avbrottslängd definieras som CAIDI, och beräknas som total avbrottstid dividerat med antal avbrott. Detta mått beräknas för varje kundkategori. Genomsnittlig avbrottskostnad, mätt i kronor/kWh, är lutningen på avbrottskostnadsfunktionen i det intervall där CAIDI befinner sig. Den fasta kostnaden kommer vi att mäta som avbrottskostnaden för ett avbrott på 3 minuter. Vi följer beskrivningen i Energimarknadsinspektionen (2015) och skriver kostnaden per kW avbruten effekt som $K_{P,oav,kundtyp}$ och $K_{P,avi,kundtyp}$, och kostnaden per kWh icke levererad energi som $K_{E,oav,kundtyp}$ och $K_{E,avi,kundtyp}$, för ej aviserade och aviserade avbrott.

7. Resultat

Presentationen av resultaten delas upp på de fem kundkategorierna: hushåll, jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet. Grunddata består av avbrottskostnader vid olika avbrottslängder. Utifrån dessa tar vi fram normaliserade avbrottskostnader, vilket i sin tur gör det möjligt att skatta kostnadsparametrar som behövs som underlag till regleringen.

7.0 Sammanfattning av resultat för kostnadsparametrar

En viktig del av undersökningen är att ta fram underlag för regleringen. Av den anledningen börjar vi med att redovisa en sammanfattning av de skattade kostnadsparametrarna för de olika kundgrupperna, inklusive gränspunkterna. Gränspunkterna är helt enkelt ett viktad värde av de olika kundgruppernas kostnadsparametrar, där vikterna beror på kundgruppernas

energiförbrukning i lokalnäten år 2017. De värden vi presenterar är baserade på huvudresultaten från ekonometriska modellerna (som presenteras i avsnitt 7.1-7.3) och avbrottsstatistik de senaste fem åren.

Tabell 0. Sammanfattande resultat om kostnadsparametrar för alla kundkategorierna

	Aviserat		Ej aviserat	
	Fast, effekt kr/kW	Rörlig, energi kr/kWh	Fast, effekt kr/kW	Rörlig, energi kr/kWh
Hushåll	1,85	4,98	1,95	5,84
Jordbruk	1,72	14,10	9,78	34,35
Industri	20,71	76,00	70,75	159,96
Handels- och tjänsteföretag	5,94	79,31	17,78	175,06
Offentlig verksamhet	0,92	43,70	7,65	96,97
Genomsnitt (gränspunkter)	7,08	45,16	22,18	96,01

7.1. Avbrottskostnader för hushåll

Undersökningen resulterade i 1547 svar som används i nedanstående analyser.¹⁰ I tabell 1 sammanfattas de viktigaste socio-ekonomiska egenskaperna hos respondenterna. I Appendix 2 undersöker vi representativitet av vårt urval genom att jämföra några nyckelvariabler från vårt urval med nationell statistik från SCB. Som visas i tabellen i Appendix 2 så har vi en överrepresentation av andelen individer som bor i småhus, d.v.s. villa och radhus, (57 procent i vårt urval jämfört med 45 procent enligt SCB) och därför en mindre underrepresentation av dem som bor i lägenhet (43 procent i vårt urval jämfört 48 procent enligt SCB). När det gäller övriga variabler så gör vi bedömningen att avvikelserna mellan stickprovsmedelvärden och populationsmedelvärden är tillräckligt små för att anses opproblematiske. Vi kommer att återkomma till frågan om urvalets representativitet i slutet av det här avsnittet.

¹⁰ Innan vi genomförde vår studie så genomförde vi fokusgruppstudier samt en pilotundersökning till 122 hushåll. Totalt skickades 5852 inbjudningar till undersökningen ut och totalt inkom 2064 svar av vilka en fjärdedel var bara partiellt besvarade. Detta motsvarar en svarsfrekvens av användbara svar på 26,4% (1547/5852).

Tabell 1. Beskrivande statistik om respondenterna i hushållsundersökningen.

Variabel	Beskrivning	Medelvärde	Standard av.
Villa	= 1 om boende i villa	0,45	0,50
Radhus	= 1 om boende i radhus	0,12	0,32
Lägenhet	= 1 om boende i lägenhet	0,43	0,50
Eluppvärmning	= 1 om eluppvärmning	0,23	0,42
Storlek i kvm	Bostadens storlek	113,7	61,9
Storstad	= 1 om boende i storstad	0,38	0,48
Stad	= 1 om boende i stad	0,49	0,50
Landsbygd	= 1 om boende på landsbygd	0,11	0,32
Södra Sverige	= 1 om boende i södra Sverige	0,26	0,44
Mellansverige	= 1 om boende i Mellansverige	0,62	0,49
Norra Sverige	= 1 i om boende i Norra Sverige	0,13	0,33
Man	= 1 om man	0,50	0,50
Universitetsutbildning	= 1 om universitetsutbildning	0,42	0,49
Gymnasium	= 1 om gymnasium	0,49	0,50
Grundskola	= 1 om grundskola	0,09	0,29

Not: Södra Sverige inkluderar följande län: Skåne, Blekinge, Jönköping, Halland, Kronoberg, Gotland. Norra Sverige inkluderar följande län: Gävleborg, Västernorrland, Jämtland, Västerbotten, Norrbotten

I enkäten tillfrågades hushållen om sin beräknade årsförbrukning av el i kWh. Vi informerade också om att denna information finns i elräkningen. För att undvika missförstånd och ogenomtänkta svar, och för att underlätta för respondenterna, så fick de svara genom att ange inom vilket intervall årsförbrukningen låg. För att beräkna årsförbrukningen för ett hushåll kommer vi att använda mittpunkten för det angivna intervallet. Det fanns även en möjlighet att svara ”vet ej” på frågan. Fördelningen på frågan om årsförbrukning redovisas i tabell 2.

Tabell 2. Fördelning av svar på frågan om årsförbrukning i kWh.

Förbrukning	Antal	Frekvens	Kumulativ
0-3 000	146	9,64	9,64
3 001-6 000	135	8,92	18,56
6 001-9000	74	4,89	23,45
9001-12000	85	5,61	29,06
12001-15000	111	7,33	36,39
15001-18000	103	6,80	43,20
18001-21000	97	6,41	49,60
21001-24000	51	3,37	52,97
24001-27000	22	1,45	54,43
27001-30000	11	0,73	55,15
30001-33000	3	0,20	55,35
33001-36000	3	0,20	55,55
36001-39000	2	0,13	55,68
39001-42000	2	0,13	55,81
42001-45000	2	0,13	55,94
>45001	3	0,20	56,14
Vet ej	664	43,86	100,00

Ungefär 44 procent svarade vet ej, vilket är en väldigt hög andel. På sätt och vis är vi inte förvånade för frågan kan upplevas som svår att besvara. Många kanske inte heller vill

spendera tid för att leta upp en elräkning där information om årsförbrukning finns. Tabell A1 i Appendix 4 beskriver de hushåll som svarade och inte svarade på frågan om förbrukning. Tabellen visar att det var mer sannolikt att få svar från dem som bodde i en villa jämfört med dem som bodde i en lägenhet. Däremot ser vi inga skillnader angående vilken del av Sverige respondenten bodde i mellan de som svarade och de som inte svarade. Eftersom vi vill normalisera betalningsviljan för hela urvalet så måste frånvaron av svar hanteras. Vidare kan det finnas en osäkerhet hos de som har svarat, och de kan rentav ha svarat fel på frågan. Av dessa anledningar skattar vi först en funktion för energiförbrukning för de hushåll som svarade på frågan om årsförbrukning. Vi gör det med en linjär regressionsmodell med följande förklarande variabler: boendeform, om huvudsaklig uppvärmning är med direktverkande el, storleken på bostaden, och vilken del av landet man bor i. Resultatet från regressionsmodellen redovisas i Tabell A2 i Appendix. Vi använder sedan denna modell för att prediktera årsförbrukningen för alla hushåll, både de som svarade och inte svarade på frågan om årsförbrukning. När vi gör detta sätter vi lägsta förbrukningen till 1500 kWh (det vill säga mitten av det lägsta intervallet som vi hade med i enkäten som svarsalternativ). I tabell 3 nedan redovisar vi beskrivande statistik över årsförbrukningen och för predikterad årsförbrukning för hela urvalet och uppdelat på de som svarade respektive inte svarade på frågan om förbrukning.

Tabell 3. Årsförbrukning för hela urvalet samt för olika respondenter, rapporterade och predikterad, för de som svarat och predikterad för de som inte svarat på fråga om årsförbrukning.

Grupp	Medelvärde	Standard avvikelse	Min	Max
De som svarade på årsförbrukning (rapporterad)	11 720	8 163	1 500	45 000
De som svarade på årsförbrukning (predikterad)	11 720	5 439	1 500	31 405
De som inte svarade på årsförbrukning (predikterad)	9 059	5 525	1 500	31 432
Hela urvalet (predikterad)	10 521	5 634	1 500	31 430

Den predikterade årsförbrukningen för de som svarade på frågan om förbrukning är markant högre än för gruppen som inte svarade på frågan. Detta beror till största delen på att andelen som bor i lägenhet är högre i gruppen som inte svarat (57 procent) jämfört med gruppen som svarat på frågan om förbrukning (31 procent); se Tabell A1 i Appendix. Den genomsnittliga förbrukningen är klart lägre för de som bor i lägenhet, vilket leder till ett lägre medelvärde för den predikterad förbrukning baserat på hela urvalet. För de som svarade på frågan om förbrukning så är, per konstruktion, medelvärdet på förbrukning densamma, men spridningen markant mindre. För att beräkna maxeffekten i kW så använder vi en genomsnittlig

nyttjandetid på 1900 timmar för alla hushåll.¹¹ Det skattade medelvärdet på maxeffekten är 5,53 kW.¹²

Betalningsviljan hos hushåll

Låt oss nu fokusera på själva betalningsviljan. Till att börja med redovisar vi betalningsviljan för de olika avbrottslängderna, uppdelade på aviserade och ej aviserade elavbrott; både medelvärde och median redovisas.¹³ För att få ett enskilt värde på betalningsviljan så använder vi det svar som angavs på betalningskortet, och sätter betalningsviljan till mitten av det intervall som motsvarar vad respondenten svarat. Vi redovisar medelvärde och median för betalningsvilja i kronor och medelvärde för betalningsvilja i kronor per kilowatt, det vill säga kronor per effekt.

Tabell 4. Hushållens betalningsvilja i kronor och kronor/kW för olika avbrottslängder.

Typ av avbrott	Medelvärde (kr)	Median (kr)	Max (kr)	Medelvärde (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	7,2	0	201	1,69	83,5	76 %
Aviserat 1 timme	25,5	0	501	6,02	490,1	54 %
Aviserat 4 timmar	90,4	33	1501	21,93	911,6	30 %
Aviserat 12 timmar	234,3	110	4001	55,11	1766,5	18 %
Ej aviserat 3 minuter	7,5	0	201	1,79	139,3	74 %
Ej aviserat 1 timme	29,0	0	501	6,87	208,0	51 %
Ej aviserat 4 timmar	107,0	42	1501	25,55	768,1	28 %
Ej aviserat 12 timmar	264,8	110	4001	63,48	2334,7	20 %

Not: Det högsta värdet som anges på ett betalningskort är mer än det näst högsta värdet. Vi beräkning av medelvärdet har vi satt beloppet till det näst högsta belopp plus 1 krona.

¹¹ Som vi nämnt tidigare är 1900 timmar något som har använts i många andra sammanhang, bland annat nätnyttomodellen. Det finns, vad vi känner till, ingen publicerad rapport som har undersökt detta närmare. Vi har gjort känslighetsanalyser på resultaten, och större ändringar såsom en nyttjandetid på 1500 timmar eller 2300 timmar ger markant lägre respektive högre avbrottskostnader. Eftersom normaliseringen är kvoten mellan betalningsviljan och effekt så kommer den normaliserade avbrottskostnaden att procentuellt förändras med samma procent som nyttjandetiden. En minskning av nyttjandetiden med 21% (från 1900 till 1500) kommer att leda till en minskning av avbrottskostnaden med 21%, och en ökning av nyttjandetiden med 21% (från 1900 till 2300) kommer att leda till en ökning av avbrottskostnaden med 21%.

¹² För att undersöka effekten av olika antaganden om förbrukning och maxeffekt och för att jämföra med resultaten från tidigare studier i Sverige har vi skattat två andra modeller. I båda fallen antar vi samma maxeffekt för alla hushåll, i ett av fallen densamma som maxeffekten i den tidigare svenska studien – 4,5 kW – och i det andra fallet en maxeffekt som är satt till det observerade medelvärdet i den här studien – 5,53 kW. Det finns två argument för att anta samma effekt för alla. Det första är att det var en metod som användes i den tidigare undersökningen. Det andra är att resultaten blir mindre känsliga för extrema värden på maxeffekt. Den direkta effekten av att anta samma maxeffekt är att den normaliserade avbrottskostnaden för individuella hushåll ändras mycket. Detta är förväntat eftersom kostnaden ska minska för hushåll som har en låg maxeffekt och öka för hushåll som har en hög maxeffekt. I båda fallen minskar även de skattade kostnadsparametrarna vilket vi återkommer till senare.

¹³ Det korrekta måttet att använda ur ett välfärdsteoretiskt perspektiv i en ekonomisk kostnads-nyttokalkyl är medelvärdet, medan medianvärdet representerar en omröstningssituation där ett positivt värde innebär att det skulle accepteras om majoriteten fick bestämma.

Som framgår av tabellen så ökar betalningsviljan som förväntat med längden på avbrottet. Betalningsviljan är högre för ej aviserade avbrott än för aviserade, men skillnaderna är inte särskilt stora, vilket kan förklaras av att hushållen inte kan omfördela sin elkonsumention över tiden så som att laga mat, ha belysning på eller titta på tv. Kim m.fl. (2015) fann att betalningsviljan för ej aviserade avbrott var 26 procent högre jämfört med aviserade medan våra siffror visar mellan 13 och 21 procent högre betalningsvilja för de avbrott som inte är aviserade. Betalningsviljan för ett ej aviserat avbrott på en timma är i genomsnitt 29 kronor. För ett avbrott på 12 timmar är den 264 kronor. För kortare avbrottslängder är medianen lika med noll, vilket innebär att minst hälften av respondenterna har en betalningsvilja på noll kronor. Vidare så uppger lite drygt hälften noll kronor i betalningsvilja för ett avbrott på 1 timma. Denna andel sjunker till knappt 20 procent för ett 12-timmars avbrott. För väldigt korta avbrott, 3 minuter, så säger ungefär 75 procent att de inte har någon betalningsvilja. Kostnaden för ett genomsnittligt hushåll av väldigt korta avbrott kan därför ses som relativt liten. Den stora andelen hushåll med noll kronor i betalningsvilja är inget unikt för vår studie. Till exempel i den tidigare svenska studien av betalningsvilja (Carlsson och Martinsson, 2006) var medianen noll kronor för de kortare avbrotten och i den senaste norska avbrottskostnadsstudien var medianbetalningsviljan noll norska kronor för ett avbrott på två timmar (SINTEF, 2003b). I den tidigare svenska undersökningen var faktiskt andelen som angav noll kronor i betalningsviljan även avsevärt högre, nämligen 86 procent för en timme och 68 procent för fyra timmar (Carlsson och Martinsson, 2006). Vi återkommer till en mer detaljerad jämförelse med tidigare studier senare i rapporten (avsnitt 7.3). Den normaliserade avbrottskostnaden, som visas i kolumn 3 i tabell 4 (som kr/kW) följer givetvis samma mönster som avbrottskostnaden uttryckt i kronor; medelvärde på effekten som vi normaliserar med är 5,5 kW.

I nästa steg skattar vi en modell där avbrottskostnaden förklaras med dels avbrottstiden (separat för aviserat och ej aviserat avbrott) och om avbrottet i sig är aviserat eller inte. Detta gör vi främst för att kunna prediktera avbrottskostnaden för andra avbrottslängder än de som vi frågade om i enkäten. För en detaljerad diskussion om hur vi går till väga hänvisar vi till avsnitt 6. Som beroende variabel har vi den naturliga logaritmen av avbrottskostnaden i kr per kW, och som oberoende variabler har vi naturliga logaritmen av avbrottslängden för aviserat och ej aviserat avbrott, samt en dummy-variabel som indikerar om avbrottet i sig är aviserat eller inte. För enkelhets skull kontrollerar vi inte för fler variabler som kan påverka avbrottskostnaden.

Tabell 5. Regressionsmodell, beroende variabel är ln(avbrottskostnad i kr/kW).

Variabel	Koefficient	Marginaleffekt
ln (avbrottstid aviserat)	0,759** (0,018)	0,478*** (0,018)
ln (avbrottstid ej aviserat)	0,738*** (0,017)	0,461*** (0,011)
Aviserat	-0,218*** (0,073)	-0,137*** (0,046)
Konstant	-2,399*** (0,114)	
R ²	0,09	
Antal hushåll	1 547	
Antal observationer	12 238	

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

De två koefficienterna för avbrottstid är positiva och statistiskt signifikanta, och dummy-variabeln för ett aviserat avbrott är statistiskt signifikant och negativ. Eftersom både beroende och oberoende (kontinuerliga) variabler är logaritmerade så har marginaleffekten för avbrottstid en enkel tolkning. Om den aviserade avbrottstiden ökar med 10 procent så ökar avbrottskostnaden med 4,78 procent och om den ej aviserade avbrottstiden ökar med 10 procent så ökar avbrottskostnaden med 4,61 procent. Det är alltså en liten skillnad i känslighet för avbrottstid mellan aviserade och ej aviserade avbrott. Däremot visar dummy-variabeln för ett aviserat avbrott att det finns en statistiskt signifikant skillnad i avbrottskostnad mellan aviserade och ej aviserade avbrott som inte beror på längden på ett avbrott: Ett aviserat avbrott har i genomsnitt en lägre fast kostnad för en respondent jämfört med ett avbrott som inte är aviserat.

Avbrottskostnader för hushåll vid olika avbrottslängder

Det är dock av intresse att skatta avbrottskostnader för andra tidslängder än de fyra som ingick i vår undersökning. Med hjälp av regressionsmodellen predikterar vi därför avbrottskostnaden för flera olika avbrottslängder mellan 3 minuter och 12 timmar. (För tillvägagångssätt se avsnitt 6 i rapporten). Resultaten presenteras i tabell 6. Avbrottslängderna som ingick i enkätundersökningen är fetmarkerade i tabellen.

Tabell 6. Predikterade avbrottskostnader för hushåll och för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW, baserat på urvalet.

Avbrottslängd i minuter	Aviserat	Ej aviserat
3	1,7	1,8
60	6,0	6,9
120	10,6	12,2
180	15,9	18,5
240	21,9	25,6
300	25,9	30,1
360	29,8	34,6
420	33,8	39,2
480	37,9	43,9
540	42,1	48,6
600	46,3	53,5
660	50,7	58,4
720	55,1	63,5

Till att börja med ser vi att avbrottskostnaderna är högre för ej aviserade avbrott jämfört med aviserade, vilket är i linje med studierna av bland annat Baarsma och Hop (2009) och Kim m.fl. (2015). Vidare är ökningen av avbrottskostnaden större vid längre avbrottslängder. Även detta resultat är i linje med tidigare studier (se tex. Carlsson och Martinsson, 2006; Baarsma och Hop, 2009; Hensher m.fl., 2014). Vi ser även att de predikterade avbrottskostnaderna i tabell 6 för de avbrottstider vi faktiskt frågat om är identiska med stickprovsmedelvärden i tabell 4. Detta är i linje med kalibreringen vi tidigare nämnt.

Vårt urval är inte helt representativt när det gäller boendeform; vi har en överrepresentation av hushåll boende i villa och radhus. Om vi estimerar separata modeller för boende i hus/radhus och lägenhet, så visar det sig att avbrottskostnaden, uttryckt i kr per kW, är högre för boende i lägenhet (se tabell A3 i Appendix 4). Av den anledningen skattar vi en viktad avbrottskostnad där vi använder faktisk andel lägenheter och hus/radhus som vikter (SCB, 2017). Denna avbrottskostnad ser vi som den representativa avbrottskostnadsfunktionen som vi sedan använder för att beräkna kostnadsparametrarna. Resultatet presenteras i tabell 7.¹⁴ Notera att vi nu redovisar predikterade kostnader även för avbrottslängder över 12 timmar.

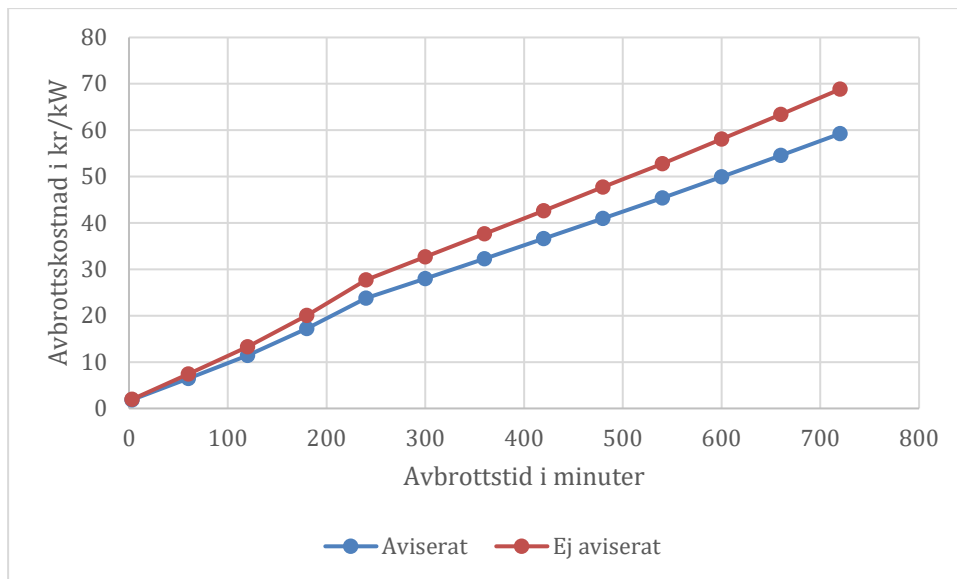
¹⁴ Känslighetsanalys för de normaliserade avbrottskostnaderna där 2,5 % av de högsta kostnaderna är borttagna visas i tabell A5 i Appendix 4.

Tabell 7. Skattade avbrottskostnader för hushåll för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW, baserat på viktning för boendeform (faktisk andel lägenheter och hus/radhus baserat på statistik från SCB).

Avbrottslängd i minuter	Aviserat	Ej aviserat
3	1,85	1,95
60	6,48	7,45
120	11,46	13,29
180	17,21	20,04
240	23,76	27,71
300	28,01	32,66
360	32,27	37,62
420	36,59	42,64
480	40,96	47,70
540	45,40	52,80
600	49,93	58,08
660	54,54	63,40
720	59,25	68,83
900	68,82	84,62
1080	78,08	96,10
1260	86,83	107,08
1420	94,88	117,14

De viktade avbrottskostnader är högre än de som baserats på urvalet utan vikter; det beror på att hushåll i lägenhet har en i genomsnitt 2-2,5 gånger högre normaliserade avbrottskostnad för både aviserade och inte aviserade avbrott. (Se tabell A3 i Appendix 4)

För att illustrera hur avbrottskostnaden varierar med avbrottstiden så plottar vi även avbrottskostnaden i figur 3. Eftersom fokus är på kortare avbrottslängder så visar vi kostnaderna för avbrottstider upp till 720 minuter (12 timmar).



Figur 3. Avbrottkostnad i kr/kWh, hushåll

Som vi ser i figur 1 så är den marginella förändringen av avbrottkostnaden relativt konstant över intervallet för avbrottslängder vi inkluderade i undersökningen.

Slutligen beräknar vi kostnadsparametrarna. För att kunna göra det måste vi bestämma för vilken genomsnittlig avbrottslängd som vi ska beräkna parametrarna. Som vi har diskuterat ovan så baseras detta vanligen på CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index). I appendix presenteras data över CAIDI för olika kundkategorier; se tabell A4 i Appendix 4. För hushåll ligger CAIDI mellan 1 och 2 timmar under de senaste åren. Om vi utgår för CAIDI avseende alla avbrott i lokalnät 2016 så är den lika med cirka 71 minuter. Det innebär att man skulle utvärdera kostnaden per kWh icke levererad energi i intervallet mellan 60 och 120 minuter. Kostnaden per kW avbruten effekt är, som tidigare nämnts, den fasta kostnaden som utvärderas genom att skatta kostnaden för ett avbrott på 3 minuter. Denna kostnad antas vara fast så till vida att den antas uppkomma oberoende av avbrottstiden. För att beräkna den rörliga kostnaden ser man på intervallet mellan 60 och 120 minuter. Eftersom skillnaden i tid är 60 minuter, så kommer den rörliga kostnadsparametern att ges av skillnad i avbrottkostnad mellan 60 och 120 minuter från tabell 7 där vi ser att den rörliga kostnaden är 4,98 kr/kWh för aviserat avbrott och 5,84 kr/kWh för inte aviserade avbrott.¹⁵ Samtidigt vet vi att CAIDI kan

¹⁵ Predikterad avbrottkostnad på 120 minuter – 60 minuter är lika med $11,46 - 6,48 = 4,98$ kr/kWh för ett aviserat brott. Motsvarande beräknas den rörliga kostnaden för ett inte aviserat brott som $13,29 - 7,45 = 5,84$ kr/kWh. Ett annat sätt att beräkna den rörliga kostnadsparametern är att endast utgå från observerade avbrottkostnader på 60 och 240 minuter och anta ett linjärt förhållande mellan dessa två avbrottslängder. Eftersom den rörliga avbrottkostnadsparametern ökar med avbrottslängden för avbrottslängder under 4 timmar i tabell 10 så inser man att en linjär approximation kommer att leda till högre rörliga kostnaden. Den rörliga kostnaden för ett

komma att förändras över tiden, så av den anledningen beräknar vi den rörliga avbrottskostnadsparameterna för olika värden på CAIDI upp till avbrott på 720 minuter. Den fasta kostnaden indikeras med K_P och den rörliga med K_E där K_P motsvarar skattade avbrottskostnader för 3 minuters avbrott hos hushåll (se tabell 7).

Tabell 8. Kostnadsparametrar för hushåll vid olika normala avbrottslängder.

		Aviserat	Ej aviserat
K_P (kr/kW)		1,85	1,95
	Avbrottsintervall		
K_E (kr/kWh)	0 – 60 min	4,62	5,50
	60 – 120 min	4,98	5,84
	120 – 180 min	5,76	6,75
	180 – 240 min	6,55	7,67
	240 – 300 min	4,25	4,96
	300 – 360 min	4,26	4,96
	360 – 420 min	4,31	5,02
	420 – 480 min	4,38	5,07
	480 – 540 min	4,44	5,10
	540 – 600 min	4,53	5,28
	600 – 660 min	4,62	5,32
	660 – 720 min	4,70	5,42

7.2. Avbrottskostnader för jordbruk, industri, handels- och tjänsteföretag och offentlig verksamhet

Avbrottskostnader för jordbruk, företag och offentlig verksamhet undersöktes även de med en enkätundersökning som fylldes i under en telefonintervju.¹⁶ I appendix 3 redovisar vi en bortfallsanalys där svarsfrekvenser samt omsättning och antalet anställda redovisas separat för svarande och icke svarande för respektive sektor. Det är endast få avvikelser mellan svarande och icke-svarande (jordbruk med lägre omsättning och/eller med fler anställda samt handels- och tjänsteföretag med färre antal anställda är signifikant mer benägna att svara). För industrisektorn och för offentlig verksamhet hittar vi inga statistiskt signifikanta skillnader i antalet anställda och omsättning mellan de som svarade på vår undersökning och de som valde att inte svara. Vi kommer därför utgå från att vårt urval avspeglar avbrottskostnaden för hela populationen på ett tillfredställande sätt.

Innan respondenterna fick frågor om kostnader av elavbrott så fick de svara på en fråga om de vanligaste typerna av kostnader som de skulle kunna drabbas av om ett elavbrott uppstod. Förutom att vi kan kartlägga vilka kostnadstyper som är vanliga, så fick respondenterna också en påminnelse om att olika typer av kostnader kan förekomma och vilka som är relevanta för

aviserat avbrott är $(23,75 - 11,46)/3 = 5,76$ kr/kWh och för ett ej aviserat avbrott är den $(27,71-7,54)/3 = 6,75$ kr/kWh

¹⁶ I appendix 1 beskrivs urvalsprinciperna och urvalsmetoden för respektive sektor i detalj.

dem. I tabell 9 nedan redovisas andelen respondenter som har angivit att en viss typ av kostnad uppstår i samband med elavbrott och resultaten presenteras separat för respektive kundkategori. Den vanligaste typen av kostnader vid avbrott är omställning av verksamheten, förutom för handel- och tjänsteföretag där kostnader för förlorad försäljning är vanligast. För industri är även omstart samt förlorad försäljning viktiga kostnader, medan för offentlig verksamhet är kostnader för förseningar en vanligt förekommande kostnad. För jordbruk är kostnader för förstörda produkter vanligt.

Tabell 9. Vanligaste typen av kostnader som man skulle drabbas av om ett elavbrott uppstod, procentuell andel som har angivit olika kostnader.

	Industri	Handel	Off. Sektor	Jordbruk
Kostnader för förlorad försäljning	21 %	42 %	0 %	14 %
Kostnader för förstörda produkter/varor	15 %	14 %	7 %	28 %
Kostnader för omställning av verksamheten	39 %	39 %	32 %	36 %
Kostnader för omstart/uppstart av verksamheten	28 %	18 %	9 %	20 %
Kostnader för skadestånd och förlorad goodwill	8 %	12 %	0 %	3 %
Kostnader för skador på anläggningen	11 %	7 %	3 %	6 %
Kostnader för förseningar	1 %	2 %	21 %	0 %
Kostnader för kompensation till individer	0 %	1 %	12 %	0 %
Kostnader för kompensation till besökare/patienter	0 %	1 %	9 %	0 %

Vi frågade om antalet elavbrott som de hade drabbats av under 2016. Knappt hälften av de tillfrågade hade inte upplevt några avbrott alls under år 2016. Uppdelat på de olika kundkategorierna svarade följande att de *inte* upplev något avbrott under 2016: industriföretag 33 procent (motsvarande siffra var 72 procent i den senaste genomförda avbrottstudien av Carlsson och Martinsson, 2006), handels- och tjänsteföretag 45 procent (85 procent), offentlig verksamhet 47 procent (88 procent) och jordbruk 31 procent (31 procent). Vi noterar att en större andel av både industriföretag samt handels- och tjänsteföretag samt offentlig verksamhet har upplevt elavbrott 2016 jämfört med den tidigare avbrottstudien år 2003 medan för jordbruk är siffran oförändrad.

Vi frågade även vilka åtgärder som har gjorts för att minska konsekvenserna av ett elavbrott och resultaten redovisas i tabell 10. Omkring trefjärdedelar har inte gjort något alls, och den största andelen som inte vidtagit åtgärder finns inom offentlig verksamhet där 86 procent inte har gjort något. Jordbrukare är den kategori som har lägst andel som inte har vidtagit åtgärder för att minska konsekvenserna av avbrott (58 procent). Den vanligaste åtgärden för jordbruk är reservelverk inom anläggningen. I den tidigare studien så var jordbrukare den kategori som vidtagit minst åtgärder, och även om de i denna studie är den kategori som vidtagit mest åtgärder är de fortfarande i paritet med 2003 år nivåer (62 procent). Däremot har de andra tre kundkategorierna minskat sina åtgärder. Detta samtidigt

som större andel av industri, handels- och tjänsteföretagen och offentlig verksamhet säger sig att ha upplevt elavbrott under 2016 jämfört med 2003. Under 2017 angav 80 procent av företagen i industrikategorin att de inte vidtagit några åtgärder medan motsvarande siffra för 2003 var 45 procent. Reservverk och olika typer av UPS-system är de vanligaste åtgärderna för handels- och tjänsteföretag, år 2017.

Tabell 10. Vidtagna åtgärder för att skydda sig mot konsekvenser av ett elavbrott, procentuell andel som har vidtagit olika åtgärder.

	Industri	Handels- och tjänsteföretag	Off. Sektor	Jordbruk
Inga åtgärder	80 %	79 %	86 %	58 %
UPS-system för avbrottsfri växelström	9 %	15 %	8 %	1 %
UPS-system för avbrottsfri likström	1 %	1 %	0 %	0 %
Reservverk	11 %	5 %	7 %	41 %
Försäkring vid produktionsbortfall	1 %	0 %	0 %	0 %
Eget elnät	0 %	0 %	0 %	0 %
Annat	3 %	2 %	0 %	0 %

Som diskuterats så är det normalt att kostnaderna normaliseras på något mått relaterat till energianvändning. Vi kommer att använda maxeffekten även för dessa kundkategorier. Ett stort problem med den här typen av undersökningar är att flera respondenter inte vet sin maxeffekt, och att många är osäkra på sin förbrukning. Vi har därför gjort på följande sätt för alla kundkategorier förutom hushåll. Baserat på de respondenter som har svarat på frågan om maxeffekt skattar vi en regressionsmodell där maxeffekten är den beroende variabeln och som oberoende variabler används omsättning, antal anställda, elförbrukning och SNI-grupper. Exakt specifikation av modellen varierar mellan kundkategorier. Baserat på den modellen predikterar vi sedan maxeffekten för de respondenter som inte har svarat på frågan om maxeffekten. Dessa modeller presenteras i tabellerna A14-17 i Appendix 4. I tabellen nedan visar vi beskrivande statistik för maxeffekten för respektive kundkategori baserat på prediktionerna.

Tabell 11. Skattad maxeffekt i kW för de olika kundkategorierna.

	Jordbruk	Industri	Handels- och tjänsteföretag	Off. sektor
Medelvärde	37	147	63	46
Standardavvikelse	33	427	68	58
Min	11	11	11	11
Max	173	10000	693	693

Som vi tidigare har diskuterat kan det med den här typen av undersökningar finnas problem med extrema värden som påverkar medelvärdet mycket. Generellt kan vi för samtliga

kategorier (utom för hushåll) säga att det finns en liten andel som har angett extremt höga avbrottskostnader som påverkar de skattade medelvärdena. Till exempel, så är det endast 3 procent av jordbrukarna som har en normaliserad avbrottskostnad som är högre än medelvärdet för ej aviserade 12 timmars avbrott. Vi hanterar detta genom att i huvudtexten presentera trimmade medelvärden genom att ta bort 2,5 procent av de högsta värdena. Som en känslighetsanalys estimerar vi för varje kundkategori både otrimmade medelvärden baserat på hela urvalet och trimmade medelvärden där vi tar bort 1 procent av de högsta värden, och presenterar detta i Appendix 4.

7.2.1 Jordbruk

För jordbrukare frågade vi om vilka konsekvenser och vilka kostnader de hade av ett elavbrott vid den tidpunkt som orsakar de högsta kostnaderna för dem. Resultaten från frågan om avbrottskostnader i kronor och de beräknade normaliserade avbrottskostnaderna i kr/kW redovisas i Tabell 12. Medelvärdena trimmas genom att ta bort de 2,5 procent högsta värdena (för varje avbrottslängd). Resultaten från känslighetsanalyserna presenteras i Tabell A6 i Appendix 4.

Tabell 12. Kostnader för elavbrott för jordbruk, trimmade värden (2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Medelvärde (kr)	Median (kr)	Max (kr)	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	85	0	5000	1,7	0	75	92 %
Aviserat 1 timme	1083	0	20150	24	0	541	69 %
Aviserat 4 timmar	2942	0	100000	72	0	1260	62 %
Aviserat 12 timmar	13280	1400	750000	327	32	5052	43 %
Ej aviserat 3 minuter	504	0	25000	9,8	0	301	87 %
Ej aviserat 1 timme	2386	0	60000	61	0	1443	62 %
Ej aviserat 4 timmar	5958	0	300000	153	0	2706	55 %
Ej aviserat 12 timmar	26342	2450	1250000	593	62	13440	38 %

En majoritet av jordbruken angav att de inte skulle ha några kostnader av elavbrott som är 4 timmar eller kortare även om de inträffar när det är som mest olägligt. Detta innebär att medianen endast är positiv för avbrott på 12 timmar. Den genomsnittliga kostnaden för avbrott ökar, som väntat, med längden på avbrottet och kostnaden är högre för ej aviserade avbrott än för aviserade avbrott. Den stora skillnaden mellan medelvärdet och medianvärdet för avbrottskostnader beror på att ett fåtal jordbrukare har uppgett en mycket hög kostnad för avbrott. Närmare hälften av jordbrukarna (42%) har vidtagit skyddsåtgärder och i stort sett samtliga har investerat i reservelkraft. I tabell A18 i Appendix 4 redovisar vi kostnaderna för elavbrott om inga skyddsåtgärder används. Andelen jordbrukare med 0 kronor i kostnader för

ett elavbrott minskar samt genomsnittliga kostnaderna för avbrott ökar jämfört med om skyddsåtgärder används. Tabell A19 i Appendix 4 visar att de jordbrukare som har investerat i skyddsåtgärder har högre kostnader vid avbrott om skyddsåtgärder inte används jämfört med dem som inte har investerat.

Resultaten från den skattade regressionsmodellen med logaritmen av den normaliserade avbrottskostnaden som beroende variabel presenteras i tabell 13. Avbrottskostnaden ökar med avbrottslängd, och ökningen är något högre för aviserade avbrott: Om den aviserade avbrottstiden ökar med 10 procent så ökar avbrottskostnaden med 5,6 procent och om den ej aviserade avbrottstiden ökar med 10 procent så ökar avbrottskostnaden med 5,0 procent. Det vill säga, kostnaden ökar då längden på avbrottet ökar och det är små skillnader mellan aviserade och ej aviserade avbrott. Samtidigt finns det en generell skillnad i avbrottskostnad mellan aviserade och ej aviserade avbrott: Aviserade avbrott medför i genomsnitt lägre fasta kostnader oavsett längden på avbrott. Det vill säga de ej aviserade avbrotten har högre kostnader för alla avbrottslängder. Detta innebär att jordbrukare till viss del kan anpassa verksamheten om avbrottet är aviserat.

Tabell 13. Regressionsmodell för jordbruk, beroende variabel är ln (avbrottskostnad i kr/kW) (2,5 procent högsta värden borttagna).

Variabel	Koefficient	Marginaleffekt
Ln (avbrottstid aviserat)	1,480*** (0,103)	0,555*** (0,039)
Ln (avbrottstid ej aviserat)	1,335*** (0,086)	0,500*** (0,035)
Aviserat	-1,720*** (0,401)	-0,646*** (0,150)
Konstant	-6,774*** (0,651)	
R ²	0,064	
Antal företag	298	
Antal observationer	2336	

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

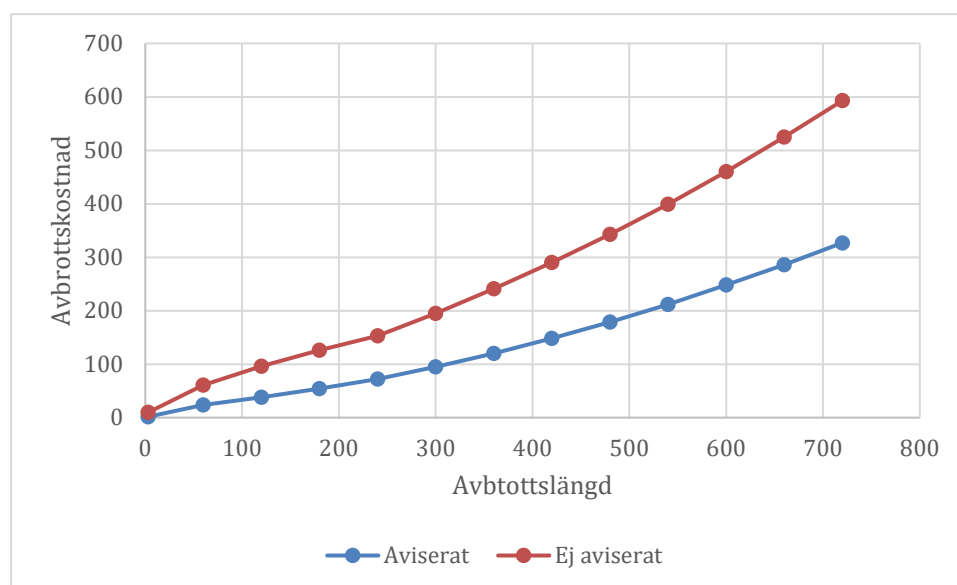
I tabell 14 visar vi de predikterade avbrottskostnaderna för aviserade och ej aviserade avbrott för olika avbrottslängder baserat på regressionsresultaten ovan. Vi ser att skillnaden mellan ej aviserade avbrott och aviserade avbrott är som störst för de kortaste och de längsta avbrotten tabell 14. Till exempel så medför ej aviserat avbrott 5,7 gånger högre kostnader än aviserade för 3 minuters avbrott. Även för avbrottslängder mellan 3 minuter och 12 timmar så är avbrottskostnaderna för ej aviserade avbrott oftast dubbelt så höga som kostnaderna för aviserade avbrott.

Som jämförelse med de 2,5 procent trimmade värden redovisas motsvarande värden för hela urvalet och med en trimning med 1 procent i tabell A7 i Appendix 4. Det är en stor skillnad mellan hela urvalet och urvalet där 2,5 procent av de högsta kostnaderna är borttagna. Likaså är det stora skillnader mellan hela urvalet och urvalet som är trimmat med bara 1 procent, vilket indikerar att den allra sista procenten har angivit väldigt höga kostnader.

Tabell 14. Skattade avbrottskostnader för jordbruk för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW (trimmat urval, de 2,5 procent högsta värdena borttagna).

Avbrottslängd i minuter	Aviserat	Ej aviserat
3	1,72	9,78
60	24,25	61,27
120	38,35	95,62
180	54,11	126,02
240	71,75	153,10
300	94,51	195,09
360	119,3	240,63
420	147,97	289,81
480	178,63	342,73
540	211,87	399,45
600	247,68	460,05
660	286,06	524,58
720	326,99	593,13
900	383,60	756,91
1080	439,38	928,66
1260	494,66	1107,88
1420	543,53	1294,14

För att illustrera hur avbrottskostnaden varierar med avbrottstiden så plottar vi även avbrottskostnaden i figur 4; vi begränsar oss till avbrott upp till 720 minuter, dvs. 12 timmar. Figur 4 visar att när längden av avbrott ökar, stiger också kostnaderna och för alla avbrottslängder så är kostnaderna högre för ej aviserade avbrott jämfört med aviserade, och skillnaden ökar med avbrottslängden.



Figur 4. Avbrottkostnad i kr/kW, jordbruk

Slutligen beräknar vi kostnadsparametrarna och de presenteras i tabell 15. Det är en stor skillnad i den fasta kostnaden, där ej aviserade avbrott har en mycket högre fast kostnad: 1,7 kr/kW för aviserade och 9,8 kr/kW för ej aviserade avbrott. Den icke aviserade kostnaden är därmed nästan sex gånger högre. I tabell A4 i Appendix 4 presenteras data över CAIDI för jordbruk. Under de senaste åren ligger CAIDI mellan 1 och 2 timmar. Vi kan då utvärdera kostnaden per kW icke levererad energi i intervallet mellan 60 och 120 minuter och den rörliga kostnaden blir då 14 kronor per kWh för ett aviserat avbrott och 35 kronor per kWh för ett ej aviserat avbrott.¹⁷ Därmed är även den rörliga kostnaden för ej aviserat avbrott mer än dubbelt så hög som den för ett aviserat avbrott.

Tabell 15. Kostnadsparametrar för jordbruk vid olika normala avbrottslängder.

		Aviserat	Ej aviserat
K _P (kr/kW)		1,72	9,78
	Avbrottsintervall		
K _E (kr/kWh)	0 – 60 min	22,53	51,49
	60 – 120 min	14,10	34,35
	120 – 180 min	15,76	30,40
	180 – 240 min	17,64	27,08
	240 – 300 min	22,76	41,99
	300 – 360 min	24,79	45,54
	360 – 420 min	28,67	49,18
	420 – 480 min	30,66	52,92
	480 – 540 min	33,24	56,72
	540 – 600 min	35,81	60,60
	600 – 660 min	38,38	64,53
	660 – 720 min	40,93	68,55

7.2.2. Industri

Undersökningen för industriföretag genomfördes genom telefonintervjuer och totalt intervjuades 850 respondenter för olika företag. De som svarade på undersökningen fick uppge kostnaden för olika typer av avbrott under en torsdag i januari då avbrottet börjar klockan 10 på förmiddagen. I tabell 16 redovisas medelvärden, median värden, maxvärdet för uppgivna kostnader och normaliserade kostnader uttryckt i kr/kW för de olika avbrottslängderna och särredovisat om det var aviserat eller ej aviserat. Resultaten från känslighetsanalysen presenteras i Tabell A8 i Appendix 4.

¹⁷ Om vi använder en linjär approximation mellan 1 och 4 timmars avbrott så blir den rörliga kostnaden 16 respektive 32 kronor per kWh istället.

Tabell 16. Kostnader för elavbrott för industri, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Medelvärde (kr)	Median (kr)	Max (kr)	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	5124	0	200000	20,8	0	451	77 %
Aviserat 1 timme	20987	0	1000000	126	0	2142	52 %
Aviserat 4 timmar	60753	3670	3000000	366	63	4500	42 %
Aviserat 12 timmar	212589	12000	7500000	1217	289	14433	35 %
Ej aviserat 3 minuter	14507	0	1000000	71	0	1591	66 %
Ej aviserat 1 timme	40200	2000	1500000	248	43	3608	41 %
Ej aviserat 4 timmar	97435	8000	4000000	633	145	7312	34 %
Ej aviserat 12 timmar	322596	24000	15000000	1946	462	24805	29 %

Kostnaden för avbrott och kr/kW ökar, som väntat, med längden på avbrottet och kostnaden är högre för ej aviserade avbrott än för aviserade avbrott. En majoritet av företagen har ingen kostnad om avbrottet är bara tre minuter. För den längsta avbrottslängden som är 12 timmar så uppger knappt en tredjedel av företagen att de inte har någon kostnad alls av elavbrott. Tabellen visar en stor skillnad mellan medelvärdet och medianvärdet, vilket beror på att ett fåtal företag har uppgett en mycket hög kostnad. Om man använder sig av medelvärden i tabell 16 så innebär det att den kostnaden är mycket högre än den faktiska för många företag (många har noll) och mycket lägre än den faktiska för en del företag (som har uppgett en hög kostnad). Majoriteten av industriföretagen har inte vidtagit några skyddsåtgärder så som UPS-system eller reservelverk medan 20% av företagen har vidtagit åtgärder.

I tabell A20 i Appendix redovisar vi kostnaderna för elavbrott om inga skyddsåtgärder används. Andelen med 0 kronor minskar med ett par procentenheter för alla avbrottslängderna och medelvärdet och medianen ökar men inte dramatiskt. Tabell A21 i Appendix särredovisar de industriföretag som har och inte har investerat i skyddsåtgärder. De företag som har investerat i skyddsåtgärder har en lägre andel med 0 kronor för elavbrott samt högre genomsnittliga kostnader. Slutligen redovisar vi i Tabell A26 normaliserade avbrottskostnader för industriföretag uppdelat på omsättningsstorlek. De normaliserade avbrottskostnaderna är markant högre för företag med en större omsättning.

Tabell 17 visar resultaten av regressionsmodellen med normaliserade avbrottskostnad som beroende variabel. Koefficienterna för avbrottslängd är statistiskt signifikanta; om avbrottstiden ökar med 10 procent så ökar kostnaderna för aviserade och ej aviserade avbrott med 7,1 och 6,1 procent. Dummyvariabeln för ett aviserat avbrott visar att ett aviserat avbrott oavsett längden på avbrott medför i genomsnitt lägre kostnader i kr/kW än om det är ett ej aviserat avbrott. Det vill säga, precis som för hushåll och jordbruk, kostnaderna ökar om avbrottet är inte aviserat jämfört med om det är aviserat.

Tabell 17. Regressionsmodell för industri, beroende variabel är ln (avbrottskostnad i kr/kW) (de 2,5 procent högsta värdena borttagna).

Variabel	Koefficient	Marginaleffekt
Ln (avbrottstid aviserat)	1,16*** (0,039)	0,705*** (0,028)
Ln (avbrottstid ej aviserat)	1,01*** (0,035)	0,609*** (0,024)
Aviserat	-1,91*** (0,17)	-1,15*** (0,106)
Konstant	-2,49*** (0,28)	
R2	0,042	
Antal företag	821	
Antal observationer	6414	

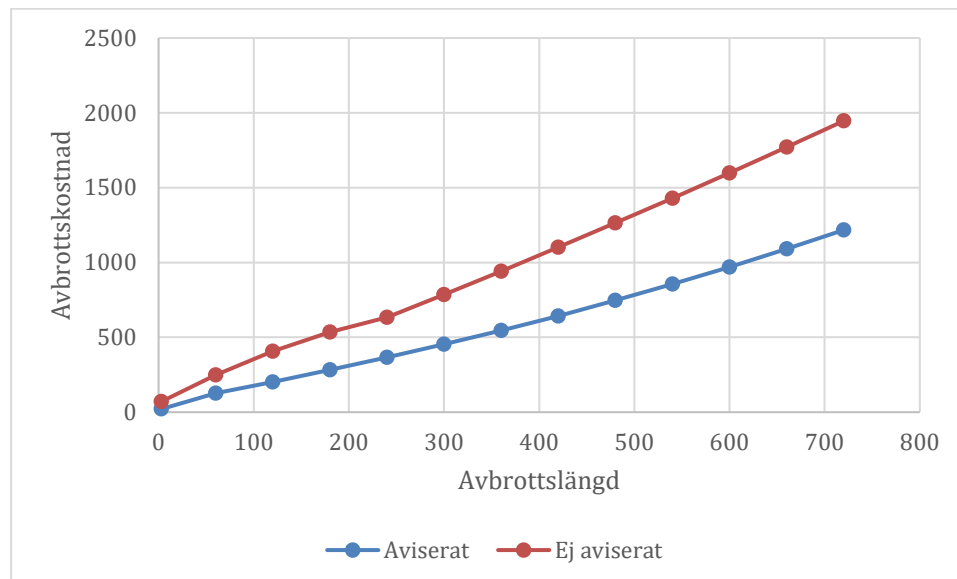
Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

I tabell 18 redovisar vi de predikterade kostnader för olika avbrottlängder baserat på modellen som skattats med det trimmade urvalet (de 2,5 procent högsta värdena borttagna). Ej aviserade avbrott medför högre kostnader på alla avbrottslängder och när det gäller de kortare avbrottslängder ser vi att avbrottskostnaderna för ej aviserade avbrott är så mycket som dubbelt så höga som för aviserade. Resultaten från känslighetsanalysen presenteras i Tabell A9 i Appendix 4. Precis som för jordbrukssektorn så är värden för hela urvalet betydligt högre än för det trimmade urvalet. Vidare så visar vi, precis som för jordbruk, en känslighetsanalys i tabell A9 i Appendix 4 där 1 procent av de högsta kostnaderna har tagits bort. Det är igen tydligt att det är den allra sista procenten som har betydligt högre kostnader än andra och därmed har en stor påverkan på medelvärdena.

Tabell 18. Skattade avbrottskostnader för industri för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW (2,5 procent högsta värden borttagna).

Avbrottslängd i minuter	Aviserat	Ej aviserat
3	20,71	70,75
60	126,47	247,87
120	202,47	407,83
180	281,70	535,31
240	366,47	633,32
300	453,20	786,33
360	545,37	942,35
420	643,13	1101,53
480	746,55	1263,92
540	855,65	1429,54
600	970,42	1598,44
660	1090,86	1770,60
720	1216,92	1946,00
900	1421,40	2440,00
1080	1618,19	2941,79
1260	1809,11	3450,82
1420	1974,86	3966,54

För att illustrera hur avbrottskostnaden varierar med avbrottstiden så plottar vi även avbrottskostnaden upp till 720 minuter (12 timmar) i figur 5. Figuren visar samma mönster som för de andra sektorerna: Kostnaderna ökar med längden av avbrott och ej aviserade avbrott är alltid mer kostsamma än aviserade.



Figur 5. Avbrottskostnad i kr/kW, industri.

I tabell 19 redovisar vi de beräknade kostnadsparametrarna. För industriföretag ligger CAIDI mellan 1 och 2 timmar under de senaste åren; se tabell A4 i Appendix 4. Detta innebär då en rörlig kostnad för elavbrott på 160 kronor per kWh för ett avbrott som inte är aviserat och en

rörlig kostnad på 76 kronor per kWh för ett aviserat avbrott.¹⁸ De fasta kostnaderna är 21 och 71 kronor per kW. Precis som för jordbrukssektorn är kostnaderna klart högre för ej aviserade avbrott: den rörliga mer än dubbelt och den fasta mer än tre gånger högre jämfört med aviserade avbrott.

Tabell 19. Kostnadsparametrar för industrin vid olika normala avbrottslängder.

		Aviserat	Ej aviserat
K _P (kr/kW)		20,71	70,75
	Avbrottsintervall		
K _E (kr/kWh)	0 – 60 min	105,76	177,12
	60 – 120 min	76,00	159,96
	120 – 180 min	79,23	127,48
	180 – 240 min	84,77	98,01
	240 – 300 min	86,73	153,01
	300 – 360 min	92,17	156,02
	360 – 420 min	97,76	159,18
	420 – 480 min	103,42	162,39
	480 – 540 min	109,10	165,62
	540 – 600 min	114,77	168,90
	600 – 660 min	120,44	172,16
	660 – 720 min	126,06	175,40

7.2.3. Handels- och tjänsteföretag

Undersökningen för handels- och tjänsteföretag liknar den för industriföretag och totalt 500 respondenter intervjuades.

I tabell 20 nedan presenteras avbrottskostnaderna från undersökningen. Återigen redovisar vi resultaten där vi har tagit bort de 2,5 % högsta värdena (för varje avbrottslängd) baserat på kr/kW. En känslighetsanalys med resultat för hela urvalet samt där 1 % av de högsta värdena är borttagna presenteras i Tabell A11 i Appendix 4.

Tabell 20. Kostnader för elavbrott för handel- och tjänsteföretag, trimmade värden (2.5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Medelvärde (kr)	Median (kr)	Max (kr)	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	393	0	20000	5,9	0	170	90 %
Aviserat 1 timme	7990	0	200000	115	0	1442	58 %
Aviserat 4 timmar	26342	3000	1000000	370	48	4581	45 %
Aviserat 12 timmar	92129	20000	1500000	1502	405	14684	32 %
Ej aviserat 3 minuter	1561	0	175000	18	0	573	83 %
Ej aviserat 1 timme	14237	1000	1000000	201	10	2885	49 %
Ej aviserat 4 timmar	39591	7000	1000000	619	151	6943	36 %
Ej aviserat 12 timmar	115155	25000	1500000	1935	650	16874	26 %

¹⁸ Om vi använder en linjär approximation mellan 1 och 4 timmars avbrott så blir den rörliga kostnaden 81 respektive 128 kronor per kWh istället.

Vi ser att kostnaden och normaliserade kostnaden ökar med avbrottslängden och den är högre för ej aviserade avbrott. En klar majoritet, 90 procent, av företagen har inga kostnader alls av väldigt korta avbrott på 3 minuter. När det gäller en timmas avbrott så anger fortfarande över hälften (58 procent) att de inte har några kostnader om avbrottet är aviserat och 51 procent säger samma sak om ej aviserade avbrott. För avbrottslängd på 12 timmar så uppger cirka en tredjedel att de inte har några kostnader. Ett fåtal företag har en väldigt hög kostnad, vilket kan observeras när de trimmade värdena jämförs med hela urvalet i appendix 4, tabell A11. Det är en minoritet av handels- och tjänsteföretagen som har vidtagit några skyddsåtgärder (21%) och då främst UPS-system. I tabell A20 och A21 i Appendix redovisas kostnaderna för elavbrott om inga skyddsåtgärder används. Generellt sett så har de företag som är mer sårbara för elavbrott också investerat i skyddsåtgärder.

Slutligen undersöker vi hur avbrottslängd och om avbrottet var aviserat påverkar avbrottskostnaderna. Resultaten av denna regressionsanalys redovisas i tabell 21. Om avbrottstiden ökar med 10 procent så ökar avbrottskostnaden med 9,2 procent för aviserade avbrott medan motsvarande siffran för ej aviserade är 8,5 procent. Men allt annat lika så medför aviserade avbrott lägre kostnader, oavsett längden på avbrott, än ej aviserade.

Tabell 21. Regressionsmodell handel- och tjänsteföretag, beroende variabel är ln (avbrottskostnad i kr/kW) (de 2,5 procent högsta värden borttagna).

Variabel	Koefficient	Marginaleffekt
Ln (avbrottstid aviserat)	1,728** (0,074)	0,924*** (0,045)
Ln (avbrottstid ej aviserat)	1,586** (0,065)	0,850** (0,041)
Aviserat	-1,755*** (0,320)	-0,938*** (0,170)
Konstant	-5,847*** (0,488)	
R ²	0,07	
Antal företag	422	
Antal observationer	3287	

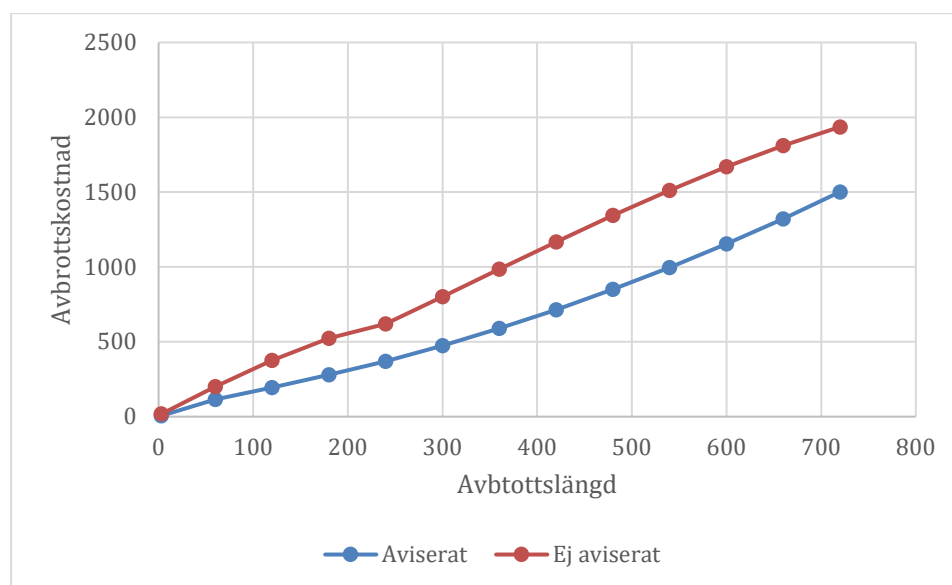
Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

I tabell 22 redovisar vi predikterade avbrottskostnader för handels- och tjänsteföretag när det gäller aviserade och ej aviserade avbrott för olika avbrottslängder. I tabell A11 i Appendix 4 redovisas samma resultat för hela urvalet. Även för handels- och tjänsteföretag hittar vi samma mönster som vi såg för hushåll, jordbruk och industrin: Ej aviserade avbrott betyder högre kostnader för företagen och för de lägre avbrottslängderna är den relativa skillnaden mellan aviserade och ej aviserade större än när avbrottslängden ökar.

Tabell 22. Skattade avbrottskostnader för handels- och tjänsteföretag olika avbrottslängder i minuter, kr/kW (de 2,5 procent högsta värdena borttagna)

Avbrottslängd i minuter	Aviserat	Ej aviserat
3	5,94	17,78
60	115,16	200,88
120	194,47	375,94
180	278,99	522,78
240	369,99	619,00
300	474,92	800,76
360	589,78	984,67
420	714,86	1166,84
480	850,41	1343,71
540	996,68	1512,02
600	1153,90	1668,70
660	1322,29	1810,83
720	1502,07	1935,63
900	1946,84	2715,85
1080	2421,22	3597,32
1260	2923,51	4547,28
1420	3392,27	5645,91

För att illustrera hur avbrottskostnaden varierar med avbrottstiden så plottar vi även avbrottskostnaden upp till 720 minuter (12 timmar) i figur 4.



Figur 6. Avbrottskostnad i kr/kW, handel och tjänsteföretag

Slutligen beräknar vi kostnadsparametrarna och de presenteras i tabell 23. CAIDI för handels- och tjänsteföretag ligger mellan 1 och 2 timmar under de senaste åren och den rörliga kostnaden blir då 79 kr per kWh för ett aviserat avbrott och betydligt högre, nämligen 183 kr

per kWh för ett avbrott som inte är aviserat.¹⁹ De fasta kostnaderna är 5,9 och 18 kronor per kW för ett aviserat respektive ej aviserat avbrott, dvs. den fasta kostnaden för ej aviserat avbrott är tre gånger högre. Mönstret är därmed det samma som för jordbruk och industri. Båda typerna av kostnaderna är mer än dubbelt så höga för ej aviserade avbrott.

Tabell 23. Kostnadsparametrar för handel- och tjänsteföretag för olika normala avbrottslängder (de 2,5 procent högsta värdena borttagna).

		Aviserat	Ej aviserat
K_P (kr/kW)		5,94	17,78
	Avbrottsintervall		
K_E (kr/kWh)	0 – 60 min	109,22	183,10
	60 – 120 min	79,31	175,06
	120 – 180 min	84,52	146,84
	180 – 240 min	91,00	96,22
	240 – 300 min	104,93	181,76
	300 – 360 min	114,86	183,91
	360 – 420 min	125,08	182,17
	420 – 480 min	135,55	176,87
	480 – 540 min	146,27	168,31
	540 – 600 min	157,22	156,68
	600 – 660 min	168,39	142,13
	660 – 720 min	179,78	124,80

7.2.4. Offentlig verksamhet

Undersökning av avbrottskostnader för offentlig verksamhet genomfördes också med enkät som fylldes i tillsammans med en telefon-intervjuare. Avbrottskostnader för den offentliga sektorn är troligen svårare att ange än för exempelvis industriföretag, där produktionen är direkt påverkad av ett avbrott.

I tabell 24 presenterar vi deskriptiv statistik för de olika avbrottslängderna särredovisat på aviserade och ej aviserade avbrott och där de 2,5 procent högsta värdena (för varje avbrottslängd) har tagits bort.

¹⁹ Om vi använder en linjär approximation mellan 1 och 4 timmars avbrott så blir den rörliga kostnaden 87 respektive 141 kronor per kWh istället.

Tabell 24. Kostnader för offentlig verksamhet för elavbrott då 2,5 procent högsta värdena borttagna.

Typ av avbrott	Medelvärde (kr)	Median (kr)	Max (kr)	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	48	0	5000	1	0	72	96 %
Aviserat 1 timme	3617	0	500000	55	0	1247	76 %
Aviserat 4 timmar	9152	0	500000	217	0	3393	60 %
Aviserat 12 timmar	36695	2000	2000000	670	72	9622	45 %
Ej avi 3 minuter	797	0	20000	7,6	0	297	90 %
Ej avi 1 timme	6327	0	500000	114	0	2727	65 %
Ej avi 4 timmar	17278	800	750000	358	20	5413	47 %
Ej avi 12 timmar	51771	5000	2500000	930	147	13532	37 %

En stor andel av respondenter har angivet att kostnaden är noll kronor. Exempelvis, för aviserade avbrott på 3 minuter så angav 90 procent att inga kostnader uppstod. Det är bara för långa avbrott som mer än hälften rapporterar att kostnader uppstår: När det gäller avbrott på 4 timmar svarade 53 procent att de har kostnader om avbrottet är ej aviserat. För 12 timmars avbrott angav 55 procent att de har kostnader om avbrottet är aviserat medan andelen som har kostnader för 12 timmars ej aviserat avbrott är 63 procent. Däremot är det inte några större skillnader mellan andelen som angett noll kostnad för aviserade respektive ej aviserade avbrott för de två längsta avbrottstiderna, medan medelvärden för ej aviserade är högre än de för aviserade på alla avbrottslängder. I den andra delen av tabell 24 redovisar vi de normaliserade avbrottskostnaderna, vilka beräknas på liknande sätt som för de andra kundgrupperna. De normaliserade kostnaderna visar på att det är ett fåtal verksamheter som har höga normaliserade kostnader. I Appendix 4 i tabell A12 redovisar vi samma resultat men för hela urvalet. En liten minoritet, vilken endast består av 14 procent, av offentlig verksamhet, har investerat i skyddsåtgärder. Tabell A24 och A25 i Appendix visar mer detaljerad information. Offentlig verksamhet som har investerat i skyddsåtgärder har en lägre andel som rapporterar noll kronor som kostnad för elavbrott om inga skyddsåtgärder används.

I tabell 25 presenteras resultaten från regressionsmodellen med normaliserad avbrottskostnad som beroende variabel. Ett aviserat avbrott har en lägre fast kostnad, och kostnaderna ökar med avbrottslängden. Till exempel så om avbrottstiden för ett aviserat avbrott ökar med 10 procent så ökar avbrottskostnaden med 7,3 procent medan för ej aviserat är motsvarande siffra 6,2 procent. Men aviserat avbrott har för alla avbrottslängder en lägre fast kostnad än ej aviserade, vilket visas av att dummy variabeln för avbrott och negativ och statistiskt signifikant.

Tabell 25. Regressionsmodell offentlig verksamhet, beroende variabel är ln (avbrottskostnad i kr/kW) (de 2,5 % högsta värdena borttagna).

Variabel	Koefficient	Marginaleffekt
Ln (avbrottstid aviserat)	2,08*** (0,101)	0,727*** (0,039)
Ln (avbrottstid ej aviserat)	1,77*** (0,080)	0,618*** (0,033)
Aviserat	-3,20*** (0,47)	-1,124*** (0,164)
Konstant	-8,88*** (0,050)	
R ²	0,086	
Antal företag	474	
Antal observationer	3704	

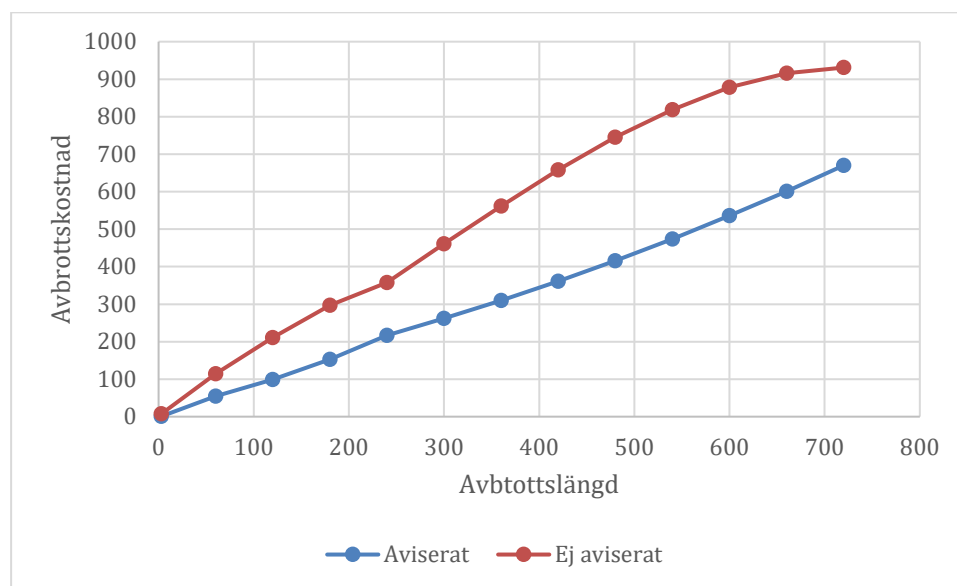
Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

Slutligen beräknar vi predikterad avbrottskostnad för aviserade och ej aviserade avbrott för olika avbrottslängder. Beräkningarna redovisas i tabell 26. Återigen är kostnaderna alltid högre för de ej aviserade avbrotten, och skillnaden i kostnader är relativt sett störst för de kortare avbrottslängderna där kostnaden för ej aviserade avbrott är mer än dubbelt så stor som kostnaden för aviserade avbrott. Motsvarande värden för hela urvalet redovisas i tabell A13 i Appendix 4. I samma tabell visar vi även resultat av känslighetsanalysen där vi tagit bort 1 procent av observationerna (istället för 2,5%) men de högsta kostnaderna. Återigen ser vi att trimningen har en stor påverkan på resultaten.

Tabell 26. Skattade avbrottskostnader för offentlig verksamhet olika avbrottslängder i minuter, kr/kW (de 2,5 procent högsta värdena borttagna).

Avbrottslängd i minuter	Aviserat	Ej aviserat
3	0,92	7,65
60	54,86	114,14
120	98,56	210,90
180	152,60	296,82
240	217,17	357,96
300	262,08	460,68
360	310,07	561,96
420	361,29	657,99
480	415,87	745,06
540	473,92	819,49
600	535,51	877,64
660	600,74	915,89
720	669,66	930,62
900	810,28	1359,74
1080	954,64	1867,26
1260	1102,94	2453,37
1420	1238,12	3118,36

För att illustrera hur avbrottskostnaden varierar med avbrottslängden så plottar vi även avbrottskostnaden upp till 720 minuter i figur 5.



Figur 7. Avbrottskostnad i kr/kW, offentlig verksamhet

I tabell 27 redovisar vi de beräknade kostnadsparametrarna. För offentlig verksamhet så ligger CAIDI mellan 1 och 2 timmar under de senaste åren. Den rörliga kostnaden för aviserade avbrott skulle då vara 44 kronor per kWh och 97 kronor för ett ej aviserat avbrott.²⁰ Den fasta kostnaden är 0,9 och 7,7 kr per kW, dvs. över åtta gånger högre för ej aviserat avbrott.

Tabell 27. Kostnadsparametrar för offentlig verksamhet för olika avbrottslängder (2,5 procent högsta värden borttagna)

		Aviserat	Ej aviserat
K_p (kr/kW)		0,92	7,65
K_E (kr/kWh)	Avbrottsintervall		
	0 – 60 min	53,94	106,49
	60 – 120 min	43,70	96,76
	120 – 180 min	54,04	85,92
	180 – 240 min	64,57	61,14
	240 – 300 min	44,91	102,72
	300 – 360 min	47,99	101,28
	360 – 420 min	51,22	96,03
	420 – 480 min	54,58	87,07
	480 – 540 min	58,05	74,43
	540 – 600 min	61,59	58,15
	600 – 660 min	65,23	38,25
	660 – 720 min	68,92	14,73

²⁰ Om vi använder en linjär approximation mellan 1 och 4 timmars avbrott så blir den rörliga kostnaden 49 respektive 78 kronor per kWh istället.

Sammanfattningsvis kan vi säga att våra resultat visar att avbrottskostnaderna för alla kategorierna är högre för ej aviserade avbrott än för aviserade avbrott. Vi ser också att skillnaden mellan kostnaderna är högst för de längre avbrottstiderna och minskar relativt sett när avbrottstiden ökar. Därmed ser det ut som att när avbrottstiden ökar så spelar det mindre roll om man visste eller inte visste i förväg om avbrottet. Det blir kostsamt ändå. Jämför vi de olika kategorierna när det gäller andelen som angett noll kostnad för tre minuters avbrott, ser vi att bland hushållen och offentliga verksamheten är det ungefär lika många som angett noll kostnad för både aviserat och ej aviserat avbrott. Men bland de alla andra kategorierna är det fler som angett noll kostnad för aviserade avbrott än för ej aviserade. Vidare så finns det en majoritet i alla kategorierna som anger att de inte har några kostnader av de kortaste avbrottslängderna (3 min och 1 timme) för båda typerna av avbrott med 2 undantag: En majoritet bland industri och bland handels- och tjänsteföretag angav att de hade kostnader av en timmes avbrott om de inte var aviserade. När det gäller den längsta avbrottslängden på 12 timmar som ingick i studien svarade en stor majoritet (cirka 60-80 procent) i alla kategorierna att de hade kostnader och detta oavsett om avbrottet var aviserat eller ej. I alla kategorierna ser vi också att både de fasta och rörliga kostnaderna för ej aviserade avbrott är betydligt högre än för aviserade avbrott. Lägsta skillnaden mellan fasta aviserade och ej aviserade kostnader hittar vi bland hushållen där skillnaden är bara 5 procent medan den högsta skillnaden ser vi i den offentliga verksamheten där skillnaden är drygt 800 procent. Vi kan även sammanfatta att jordbrukare och industrier som har investerat i skyddsåtgärder är verksamheter där en större andel har kostnader av elavbrott och där medelvärden på kostnaderna är högre för alla avbrottslängder jämfört med jordbrukare och industrier som inte har investerat i skyddsåtgärder. Motsvarande mönster är inte lika tydligt bland tjänste- och handelsföretag eller bland offentlig verksamhet.

7.3 En jämförelse med tidigare studier

I det här avsnittet jämför vi de skattade avbrottskostnaderna med tidigare svenska och norska studier. Vi kan då få en bättre bild över hur avbrottskostnaderna har utvecklats över tid. För att kunna jämföra kommer alla kostnader att uttryckas i 2017 års priser och i svenska kronor. Vi kommer att jämföra resultaten från den här undersökningen med resultaten från den tidigare undersökningen i Sverige som genomfördes under 2003 (Carlsson och Martinsson, 2006) samt med den norska studien som genomfördes 2001-2003 (SINTEF, 2003a,b). Antalet elavbrott per kund var knappt 1,4 avbrott per år 2003 och detta har minskat till knappt 1,2

avbrott per år 2016, medan genomsnittlig avbrottstid har halverats under samma period från 150 minuter till 75 minuter (Energimarknadsinspektionen, 2017).

7.3.1 Hushåll

Vi börjar med att jämföra de normaliserade avbrottskostnaderna för hushållen, vilket redovisas i tabell 28.

Tabell 28. Jämförelse mellan 2003 års studie och vår studie mätt i 2017 års priser per avbrott, kronor per kW, hushåll.

	2017		2003	
	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr
Aviserat 1 timme	6,02	50 %	1,29	90 %
Aviserat 4 timmar	21,93	28 %	6,95	74 %
Ej aviserat 1 timme	6,86	54 %	2,76	86 %
Ej aviserat 4 timmar	25,55	30 %	10,24	68 %

De normaliserade avbrottskostnaderna har ökat markant från 2003 till 2017, ökningen är mellan 250 och 450 procent. Detta beror nästan uteslutande på den stora minskningen av andelen hushåll som svarat att deras avbrottskostnad är noll kronor. Till exempel, andelen individer med noll kronor i betalningsvilja har minskat från 90 till 50 procent för aviserade avbrott på en timma. Utformningen av undersökningen år 2017 är litet annorlunda jämfört med den tidigare, vilket i viss utsträckning kan förklara skillnaden, men troligen inte hela.²¹ Resultaten tyder sålunda på att det har blivit markant vanligare att hushållen är påverkade även vid relativt korta avbrott.

Tabell 29 redovisar kostnadsparametrarna för de två svenska studierna och den norska studie som gjordes under 2001-2003. Notera att värdena är baserade på den uppdatering av den tidigare svenska undersökningen som gjordes år 2015 (Energimarknadsinspektionen, 2015). Kostnadsparametrarna har beräknats för avbrott mellan 1 och 2 timmar.

Tabell 29. Kostnadsparametrar för hushåll den här studien (2017) i jämförelse med tidigare svensk studie (2003) och en norsk studie (2001-2003).

	2017		Sverige, 2003		Norge 2001-2003
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat	
K _P (kr/kW)	1,9	2,0	0	1,0	
K _E (kr/KWh)	5,0	5,8	2,0	2,0	6,8

²¹ Dels ändrade vi från en helt öppen fråga till betalningskort vilket tenderar att minska andelen respondenter som svarar noll kronor. Dels inkluderade vi ett så kallat "cheap talk script" som syftade till att reducera andelen noll-svar och andelen extrem-svar (Carlsson m.fl., 2011)

Vi ser en markant ökning av kostnadsparametrarna både för aviserade och ej aviserade avbrott. I de flesta fall rör det sig om mer än en fördubbling. Det är inte enkelt att säga exakt vad det beror på. Det finns några metodologiska skillnader mellan de två undersökningarna, förhållanden hur beroende vi är av el har förändrats och så kanske även faktiska avbrottskostnaderna. När det gäller elförbrukningen och maxeffekt är det två potentiellt sett viktiga skillnader mellan de två svenska undersökningarna. I den här undersökningen baserades analysen på hushållsspecifik maxeffekt, medan man i den tidigare undersökningen använde en genomsnittlig maxeffekt för alla hushåll. Vidare har maxeffekten ökat med tiden. Den genomsnittliga maxeffekten var 5,53 år 2017, att jämföra med 4,5 i den tidigare undersökningen. Den andra skillnaden talar för en mindre skillnad i kostnadsparametrar eftersom kostnaden är uttryckt som kronor per maxeffekt. På grund av dessa två skillnader har vi även skattat en modell där vi antar samma maxeffekt för alla hushåll, och detta har vi gjort för både 4,5 och 5,53 i maxeffekt. I en modell med samma maxeffekt på 5,53 blir de fasta kostnadsparametrarna 1,3 och 1,4 kr/kW för aviserat och ej aviserat, och de rörliga blir 3,4 och 4,0 kr/kWh. Det vill säga en markant minskning av kostnadsparametrarna jämför med en modell med hushållsspecifik maxeffekt. Om vi sedan använder den lägre genomsnittliga maxeffekten för alla hushåll på 4,5 så blir de fasta kostnadsparametrarna 1,6 och 1,7 kr/kW och de rörliga 4,1 och 4,9 kr/kWh. Som förväntat ökar kostnadsparametrarna om vi minskar på maxeffekten. Ökningen av kostnadsparametrarna i Sverige från 2003 till 2017 kan i vilket fall inte förklaras av skillnader i hur vi har skattat modellen med avseende på maxeffekt, utan vår analys pekar på att skillnaden beror på andra faktorer. En sannolik förklaring till de ökade avbrottskostnaderna kan vara att hushållen blir allt mer beroende av el i sitt dagliga liv.

Vi kan också jämföra med den studie som gjordes i Norge år 2001-2003 (SINTEF, 2003a, b) och som också rapporterades i Energimarknadsinspektionen (2015). Att jämföra med den norska studien är än mer komplicerat eftersom den studien inte delade upp kostnaden på aviserat och inte aviserat, och för hushåll skattades inte kostnaden för ett tre minuters avbrott. Kostnadsparametern för Norge är dock högre än både den aviserade och ej aviserade parametern för den svenska studien, med justering för inflation och växelkurs uppgår den till 6,8 SEK per kWh.

7.3.2 Jordbruk

De normaliserade avbrottskostnaderna för jordbruk redovisas i tabell 30. Andelen som inte påverkas av ett avbrott är ganska lika mellan 2003 och 2017, och det inte är några större förändringar i normaliserade kostnader. Anledningen till att vi bara jämför korta ej aviserade

är att mycket korta aviserade avbrott var inte med i den tidigare undersökningen. Notera också att längden på ett mycket kort avbrott är 1 respektive 3 minuter.

Tabell 30. Jämförelse mellan 2003 års studie och vår studie mätt i 2017 års priser per avbrott, kronor per kW, jordbruk.

	2017		2003	
	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr
Aviserat 1 timme	26	92 %	19,7	77%
Aviserat 4 timmar	74	69 %	101	73%
Ej aviserat 1 (3) min	10	87 %	8	87%
Ej aviserat 1 timme	65	62 %	49	74%
Ej aviserat 4 timmar	160	55 %	185	67%

Tabell 31 visar kostnadsparametrarna för de två svenska studierna och den norska. Återigen ser vi inte några större skillnader jämfört med de två tidigare studierna. Undantaget är minskningen av den rörliga kostnaden för aviserade avbrott som har sjunkit för svenska jordbruk.

Tabell 31. Kostnadsparametrar för jordbruk den här studien i jämförelse med tidigare svensk studie och norsk studie.

	2017		Sverige, 2003		Norge 2001-2003
	Aviserat	Ej av.	Aviserat	Ej avi.	
K _P (SEK/kW)	1,7	9,8	3,0	8,1	2,2
K _E (SEK/KWh)	14,1	34,3	26,2	44,4	21,3

7.3.3 Industri

De normaliserade avbrottskostnaderna för industrin redovisas i tabell 32. Andelen som drabbas av kostnader i samband med elavbrott har minskat kraftigt för alla avbrottslängder. Kostnaden uttryckt i kr/kW har ökat men inte lika markant för aviserade avbrott, medan det är en stor ökning för ej aviserade avbrott. Alltså, en större andel har angett noll kronor som en kostnad 2017 än 2003 men bland dem som har en kostnad så har de genomsnittliga kostnaderna ökat och speciellt för de ej aviserade avbrotten.

Tabell 32. Jämförelse mellan 2003 års studie och vår studie mätt i 2017 års priser per avbrott, kronor per kW, industri.

	2017		2003	
	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr
Aviserat 1 timme	126	52 %	109	29 %
Aviserat 4 timmar	366	42 %	325	28 %
Ej aviserat 1 (3) min	71	66%	24	45 %
Ej aviserat 1 timme	248	41 %	116	25 %
Ej aviserat 4 timmar	633	34 %	335	25 %

Tabell 33 visar kostnadsparametrarna för de två svenska studierna och den norska. Parametrarna för aviserade avbrott är nästan identiska för de två svenska studierna. Men kostnadsparametrarna för ej aviserade avbrott är avsevärt större i 2017 års undersökning. Om vi jämför med den norska studien så är de värden som har rapporterats i Sverige markant högre både 2003 och 2017.

Tabell 33. Kostnadsparametrar för industri den här studien i jämförelse med tidigare svensk studie och norsk studie

	2017		Sverige 2003		Norge	
	Aviserat	Ej avi.	Aviserat	Ej avi.	Industri	Storindustri
K_P (SEK/kW)	20,7	70,8	22,2	23,2	7,9	5,9
K_E (SEK/KWh)	76,0	159,9	70,6	71,6	23,7	13,3

7.3.4 Handels- och tjänsteföretag

De normaliserade avbrottskostnaderna för handels- och tjänsteföretag redovisas i tabell 34. Andelen som drabbas av kostnader om elavbrott inträffar har minskat något under perioden 2003-2017. Även medelvärden av de normaliserade kostnaderna har minskat något.

Tabell 34. Jämförelse mellan 2003 års studie och vår studie mätt i 2017 års priser per avbrott, kronor per kW, handel- och tjänsteföretag.

	2017		2003	
	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr
Aviserat 1 timme	115	58 %	148	50 %
Aviserat 4 timmar	370	45 %	566	36 %
Ej aviserat 1 (3) min	18	83 %	64	76 %
Ej aviserat 1 timme	201	49 %	223	42 %
Ej aviserat 4 timmar	619	36 %	681	31 %

Tabell 35 visar istället kostnadsparametrarna för de två studierna utförda i Sverige, år 2003 och 2017. Vi noterar tydligt lägre kostnadsparametrar år 2017, förutom den rörliga kostnadsparameteren för ej aviserade avbrott. Om vi jämför med den norska studien så är de svenska kostnaderna för avbrott avsevärt högre.

Tabell 35. Kostnadsparametrar för handels- och tjänsteföretag den här studien i jämförelse med tidigare svensk studie och norsk studie.

	2017		Sverige 2003		Norge
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat	
K _P (kr/kW)	5,9	17,8	41,3	62,5	9,6
K _E (kr/KWh)	79,2	175,1	136,1	149,2	31,1

7.3.5 Offentlig verksamhet

De normaliserade avbrottskostnaderna för offentlig verksamhet redovisas i tabell 36. De normaliserade kostnaderna har ökat för längre avbrott. Andelen som påverkas ekonomiskt av ett avbrott är ganska lika mellan de två undersökningarna utom för ej aviserat avbrott på 4 timmar där andelen som har kostnader över huvud taget har ökat med 28 procentenheter.

Tabell 36. Jämförelse mellan 2003 års studie och vår studie mätt i 2017 års priser per avbrott, kronor per kW, offentlig verksamhet.

	2017		2003	
	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Andel 0 kr
Aviserat 1 timme	55	76 %	41	79 %
Aviserat 4 timmar	217	60 %	116	75 %
Ej aviserat 1 (3) min	7,6	90 %	6	88 %
Ej aviserat 1 timme	114	65 %	51	78 %
Ej aviserat 4 timmar	358	47 %	171	75 %

Tabell 37 rapporterar kostnadsparametrarna för offentlig verksamhet. Den stora skillnaden mellan 2003 och 2017 är att den rörliga kostnaden, dvs. kostnaden per kWh icke levererad energi, har ökat. Däremot har den fasta kostnaden minskat från 4 till 1 kr/kW när det gäller aviserat avbrott men ökat lite för ej aviserat avbrott. Den norska studien visar på kraftigt lägre rörliga avbrottskostnader jämfört med vår studie för år 2017.

Tabell 37. Kostnadsparametrar för offentlig verksamhet den här studien i jämförelse med tidigare svensk studie och norsk studie.

	2017		Sverige 2003		Norge
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat	
K _E (kr/kW)	0,9	7,6	4,0	5,0	1,08
K _P (kr/KWh)	43,6	96,7	24,2	39,3	2,17

8. Slutsatser

Det övergripande syftet med denna rapport var att undersöka kostnader i samband med elavbrott, och att resultaten skall kunna användas för beslut om den framtida utvecklingen av det svenska elsystemet samt också av andra intressenter. Fokus låg på att skatta avbrottskostnader för avbrottstider som är kortare än 12 timmar och för både aviserade och inte aviserade avbrott; för fem olika kundkategorier: hushåll, jordbruk, industri, handel- och

tjänsteföretag och offentliga sektorn. Metodmässigt skiljer sig hushållsstudien åt från de övriga kundkategorierna med avseende på frågan som ställs för att skatta avbrottskostnader, men våra metodval följer standarden inom detta ämnesområde. För hushållen så genomförs en enkätundersökning där de får uppge sin betalningsvilja för att undvika både aviserade och inte aviserade avbrott av olika längder. Vi frågade om hushållens betalningsvilja i stället för kostnaden av ett avbrott för att det för hushållen oftast handlar om icke monetära effekter såsom att man inte kan laga mat, titta på tv eller att man känner obehag av avbrottet i sig. Eftersom de övriga kundkategorier däremot har produktionsbortfall och andra faktiska kostnader pga. elavbrott så ombeds de istället att uppge sina faktiska kostnader i samband med avbrott av olika längd, både aviserade och inte aviserade.

I alla kategorierna ser vi att både de fasta och rörliga kostnaderna för ej aviserade avbrott är betydligt högre än för aviserade avbrott och att kostnaderna ökar med längden av avbrott. Vi har även jämfört resultaten från denna studie med den senaste svenska studien som genomfördes under 2003 (Carlsson och Martinsson, 2006). Sedan dess har samhället generellt blivit mer beroende av el men samtidigt har batterier och back-up system förbättrats. Vad gäller antalet elavbrott så har de minskat från knappt 1,4 avbrott per kund och per år 2003 till 1,2 avbrott 2016. Däremot har genomsnittlig avbrottstid halverats under samma period från 150 minuter till 75 minuter (Energimarknadsinspektionen, 2017). När det gäller hushållen, finner vi en stor minskningen av andelen hushåll som svarar att deras betalningsvilja är noll kronor för elavbrott 2017 jämfört med 2003, vilket speciellt indikerar att hushållen är påverkade även av relativt korta avbrott.

Vi fokuserar på två kostnadsparametrar i dessa slutsatser nämligen kostnaden per kW avbruten effekt och kostnaden per kWh icke levererad energi. Vi finner klart större kostnadsparametrarna för hushållen år 2017 jämfört med 2003. För jordbruk finner vi något lägre kostnadsparametrar jämfört med 2003 års studie. Andelen industriföretag som drabbas av kostnader i samband med elavbrott har minskat kraftigt för alla avbrottslängder. Företagen har däremot blivit mer kostnads känsliga för ej aviserade avbrott både vad gäller kostnaden per kW avbruten effekt och kostnaden per kWh icke levererad energi, medan kostnadsparametrarna för aviserade avbrott är i stort oförändrade. Handels- och tjänsteföretag visar däremot minskade kostnader för avbrott förutom för kostnaden per kW avbruten effekt för ej aviserade avbrott. För offentlig verksamhet finner vi att kostnaden per kWh icke levererad energi har ökat markant och då speciellt för inte aviserade avbrott.

Vi frågade även vilka åtgärder som har gjorts för att minska konsekvenserna av ett elavbrott. Omkring trefjärdedelar har inte gjort något alls men jordbrukare är den kategori

som har högst andel som har vidtagit åtgärder (42 procent). Den vanligaste åtgärden för jordbruk är reservverk inom anläggningen. Största skillnaden jämfört med år 2003 är att industri, handels- och tjänsteföretag samt offentlig verksamhet har minskat sina skyddsåtgärder medan jordbruket har behållit samma nivå av åtgärder. Vidare så finner vi att, speciellt bland jordbrukare och industrieföretagen, har verksamheter som satsat på någon slags skyddsåtgärd/gärder högre andel som angett sig ha kostnader av elavbrott. De har också en högre medelkostnad av avbrotten jämfört med motsvarande verksamheter som inte vidtagit några skyddsåtgärder.

En sammantagen bild visar att olika kundkategorier har förändrats olika under de senaste 15 åren vad gäller kostnadsparametrarna relaterade till elavbrott, men generellt ser vi en ökad känslighet för ej aviserade avbrott för industri, handels- och tjänsteföretag samt för offentlig verksamhet och för kortare avbrott för hushållen.

Referenser

- Amador F. J., R. M. González, and F. J. Ramos-Real. 2013. "Supplier choice and WTP for electricity attributes in an emerging market: The role of perceived past experience, environmental concern and energy saving behavior", *Energy Economics* 40: 953-966.
- Baarsma B. E. and J. P. Hop, (2009), "Pricing power outages in the Netherlands" *Energy* 34: 1378-1386.
- Bateman, I.J., R.T. Carson, B. Day, W.H. Hanemann, N. Hanley, T. Hett, M. Jones-Lee, G. Loomes, S. Mourato, E. Özdemiroğlu, D.W. Pearce, R. Sugden och J. Swanson (2002). *Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual* (Edward Elgar Publishing, Cheltenham).
- Brännlund, R. och B. Kriström (1998). Miljöekonomi. Studentlitteratur.
- Carlsson F., Martinsson P. 2001. Do hypothetical and actual marginal willingness to pay differ in choice experiments? – Application to the valuation of the environment, *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, 179-192
- Carlsson, F., Martinsson, P. (2006) Kostnader av elavbrott. En studie av svenska elkunder. Elforsk rapport 06:15
- Carlsson F., Martinsson P. 2007. Willingness to pay among Swedish households to avoid power outages – A random parameter Tobit model approach, *Energy Journal* 28, 75-89
- Carlsson F., Martinsson P. 2008a. Does it matter when a power outage occurs? – A choice experiment study on the willingness to pay to avoid power outages, *Energy Economics* 30, 1232-1245.
- Carlsson, F., Martinsson P. 2008b. How much is too much? - An investigation of the effect of the number of choice sets, starting point and the choice of bid vectors in choice experiments, *Environmental and Resource Economics* 40, 165-176.
- Carlsson F., Martinsson P., Akay A. 2011. The effect of power outages and cheap talk on willingness to pay to reduce outages, *Energy Economics* 33, 790-798
- Carlsson F., Mørkbak M., Olsen S. 2012. The first time is the hardest: A test of ordering effects in choice experiments, *Journal of Choice Modelling* 5, 19-37
- CEER (2010). Guidelines of good practice on estimation of costs due to electricity interruptions and voltage disturbances, Council of European Energy Regulators Ref: C10-EQS-41-03
- Czajkowski, M., Giergiczny, M., Greene, W.H. 2014. Learning and fatigue effects revisited: Investigating the effects of accounting for unobservable preference and scale heterogeneity. *Land Economics*, 90(2), 324-351.
- Cummings, R.G. and L.O. Taylor. 1999. "Unbiased Value Estimates for Environmental Goods: A Cheap Talk Design for the Contingent Valuation Method." *American Economic Review* 89: 649-65.
- Energimarknadsinspektionen, 2013, "Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet" rapport, EIFS 2013:1
- Energimarknadsinspektionen, 2015, "Kvalitetsreglering av intäktsram för elnätsföretag – Reviderad metod inför tillsynsperiod 2016–2019", rapport Ei R2015:06,
- Energimarknadsinspektionen, 2017, "Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2016 Statistik och analys av elavbrott, rapport Ei R2017:11
- Goldberger, A. (1968). "The Interpretation and Estimation of Cobb-Douglas Functions." *Econometrica* 35: 464-472.
- Hassan E. 2005. Recall Bias can be a Threat to Retrospective and Prospective Research Designs, *The Internet Journal of Epidemiology*, 3 (2):1-7.
- Hensher D. A., N. Shore and K. Train. 2014. "Willingness to pay for residential electricity supply quality and reliability", *Applied Energy* 115: 280-292.

- Kim K., H. Nam, and Y. Cho. 2015. "Estimation of the inconvenience cost of rolling blackout in the residential sector: The case of South Korea", *Energy Policy* 76: 76-86.
- Larsson, B-O 2004. "Nätnyttomodellen från insidan" MML Analys & Strategi AB.
- IEA (2013) World Energy Outlook Special Report – Redrawing the energy-climate map
- Mitchell, R. C. and R. T. Carson (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method* (Resource for the Future, Washington D.C).
- Moeltner, K. och D. Layton (2002). A Censored Random Coefficients Model for Pooled Survey Data with Application to the Estimation of Power Outage Costs, *Review of Economics and Statistics* 84, 552-561.
- Ozbaflı A. and G. P. Jenkins. 2015. "The willingness to pay by households for improved reliability of electricity service in North Cyprus", *Energy Policy* 87: 359-369.
- Pepermans, G. (2011). The value of continuous power supply for Flemish households. *Energy Policy*, 39(12), 7853-7864.
- Reichl J., M. Schmidthaler och F. Schneider. 2013. "The value of supply security: The costs of power outages to Austrian households, firms and the public sector", *Energy Economics* 36: 256-261.
- Rowe, R. W. Schuleze, and W. Breffle. 1996. A Test for Payment Card Biases. *Journal of Environmental Economics and Management* 31, 178-185.
- SCB (2016), Tätorter, befolkning och Arealer, https://www.scb.se/Statistik/MI/MI0810/2015A01/MI0810_2015A01_SM_MI38SM1601.pdf
- SCB (2017), Hushållens boende 2016, <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende-2016/>
- SFS (1994:1806) Förordning om systemansvaret för el, Miljö- och energidepartementet
- SFS (1997:857) Ellag, Miljö- och energidepartementet
- SINTEF (2003a). Sluttbrukeres kostnader forbundet med strömbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 1 av 3, SINTEF Energiforskning AS TR A5752.
- SINTEF (2003b). Sluttbrukeres kostnader forbundet med strömbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 2 av 3, SINTEF Energiforskning AS TR A5752.
- Stynes, D., G. Peterson, D. Rosenthal (1986). "Log Transformation Bias in Estimating Travel cost Models." *Land Economics* 72: 94-103.
- Song Y. (2007). Recall bias in the displaced workers survey: Are layoffs really lemons?, *Labour Economics*, 14(3): 335-345.
- Svenska Elverksföreningen (1994). Avbrottskostnader för Elkunder. Svenska Elverksföreningen, Stockholm.
- Svenskt Näringsliv (2014), Sveriges framtida elbehov: Hur mycket elkraft behövs? Rapport Sveriges framtida elbehov.
- Vossler, C.A., Evans, M.F. (2009), Bridging the gap between the field and the lab: Environmental goods, policy maker input, and consequentiality. *Journal of Environmental Economics and Management* 58(3), 338-345.
- Wallnerström, C.J., Bertling, L. (2008), Investigation of the robustness of the Swedish network performance assessment model, *IEEE Transactions on power systems* 23, 773-780.
- Wallnerström, C.J., Bertling, L. (2010), Laws and regulations of Swedish power distribution systems 1996-2012, CIRED Workshop, Lyon 7-8 June, 2010.
- Woo C.K., T. Ho, A. Shiu, Y.S. Cheng, I. Horowitz, and J. Wang, (2014) "Residential outage cost estimation: Hong Kong", *Energy Policy* 72: 204-210.
- Woo, C.K. K. Train (1988). "The Cost of Electric Power Interruptions to Commercial Firms. *Energy Journal* 9: 161-172.

Woolridge, J. (2010), *Econometric Analysis of cross section and panel data*, MIT Press.

Appendix 1. Urvalsprincip för industri-, handels- och tjänsteföretag samt offentlig verksamhet

A. Hushåll

1500 svar. Stratifierat urval av individer i åldersgruppen 18-74 år. Urvalet skall vara representativt vad gäller

- åldersgrupper
- utbildningsnivå (högskola/universitet, gymnasium och annan)
- boendeort (storstad (mer än 100000 invånare), mellanstor stad (30000 – 100000 invånare), mindre stad (10000 – 30000 invånare), småstad (5000 - 10000 invånare), samhälle (1000 - 5000 invånare) och landsbygd (1- 1000 invånare))
- hushållsinkomst
- typ av boende (friliggande en- eller tvåfamiljshus, sammanbyggt radhus eller kedjehus och flerbostadshus)

B. Industri

Branschkod: SNI 10-43. Totalt 750 svar fördelat på 4 olika grupper, enligt nedan.

Grupp	Omsättning (tkr)	Urvalsstorlek
1	0-9 999	125
2	10 000-99 999	250
3	100 000-	250
Enskild firma		125

Urvalsprincip inom respektive grupp:

1. Slumpmässig dragning utan återläggning av en anläggning (fysisk enhet inom det dragna företaget), om inte detta går så först slumpmässig dragning med återläggning av ett företag
2. Val av befattningshavare (ordning): Produktionschef, driftschef, underhållschef, verkstadschef, ekonomichef, verkställande direktör, vice verkställande och vilken som helst. I stora företag kan också finnas en som är energiansvarig.

C. Offentlig verksamhet

Branschkod: SNI 84-91. Totalt 500 svar fördelat på 3 olika grupper enligt nedanstående fördelning.

Grupp	Anställda	Urvalsstorlek
1	0-9	125
2	10-49	125
3	50-	250

Urvalsprincip inom respektive grupp:

1. Slumpmässig dragning utan återläggning av en verksamhet
2. Val av befattningshavare (ordning): Generaldirektör, vårdcentralchef, rektor, biträdande rektor, museichef, bibliotekschef, klinikchef inom tandvården, länspolismästare, polismästare, kriminalvårdsdirektör, kriminalvårdschef, försäkringskassedirektör, vägdirektör, sjötrafikområdeschef, flygplatsdirektör, regionchef inom Tullverket, regionskattechef,

länsarbetsdirektör, arbetsförmedlingschef, länschef inom lantmäteri, avdelningsdirektör, general, amiral, generallöjtnant, viceamiral, landstingsdirektör, sjukvårdschef, sjukvårdsdirektör, tandvårdschef, kultur- och utbildningschef, sjukhusdirektör, vårdenhetschef, kommundirektör, förvaltningschef inom kommun, vilken som helst.

D. Tjänstesektorn

Branschkod: SNI 45-82, 92-96 Totalt 400 svar fördelat på 3 olika grupper. Varje grupp definieras efter omsättning och består av tre omsättningsgrupper

Grupp	Omsättning (tkr)	Urvalsstorlek
1	0-9 999	100
2	10 000-99 999	150
3	100 000-	150

Urvalsprincip inom respektive grupp:

1. Slumpmässig dragning utan återläggning av ett företag
2. Val av befattningshavare (ordning): Produktionschef, driftschef, underhållschef, verkstadschef, ekonomichef, ägare enskild firma, verkställande direktör, vice verkställande direktör, hotellchef, restaurangchef, lagerchef, bankdirektör, vilken som helst.

E. Jordbruk , 300 SVAR

Branschkod: SNI 01. Totalt 300 svar. Slumpmässigt urval av jordbrukare.

Appendix 2. Representativitet – Hushåll

Variabel	Denna studie	SCB
	Medelvärde	Medelvärde
Småhus (Villa + radhus)	0,57	0,48 ^a
Lägenhet	0,43	0,52 ^a
Södra Sverige	0,26	0,23
Mellansverige	0,62	0,64
Norra Sverige	0,13	0,12
Man	0,50	0,50

a =Hushållens boende 2016, (SCB, 2017). Andelar baserat på boende i småhus och lägenhet endast (exkluderar specialboende)

Appendix 3 Representativitet – Övriga kundkategorier

Kundgrupp	Svarsfrekvens	Omsättning (i tkr)			Antal anställda		
		Svarande	Icke svarande	H ₀ : Ingen skillnad (p-värde)	Svarande	Icke svarande	H ₀ : Ingen skillnad (p-värde)
Jordbruk	27,7 %	6 435	8 578	0,01	3,3	3,1	0,01
Industri	18,7 %	179 345	280 437	0,95	52,6	64,8	0,70
Handel och tjänster	25,7 %	422	1 219	0,60	48,6	76,5	0,02
Off verksamhet	28,2 %	92 448	98 747	0,37	96,9	100,4	0,10

Notera. Vi använder Mann-Whitney test.

Appendix 4. Tabeller och figurer

Tabell A1. Beskrivande statistik, hushåll som svarade respektive inte svarade på frågan om årsförbrukning.

Variabel	Svarade		Svarade inte	
	Medelvärde	Standard av.	Medelvärde	Standard av.
Villa (= 1 om ja)	0,56	0,50	0,32	0,47
Radhus (=1 om ja)	0,12	0,33	0,11	0,31
Lägenhet (=1 om ja)	0,31	0,46	0,57	0,50
Eluppvärmning (=1 om ja)	0,22	0,41	0,25	0,44
Storlek (m ²)	123,29	59,22	101,99	63,03
Södra Sverige (=1 om ja)	0,22	0,41	0,20	0,40
Mellansverige (=1 om ja)	0,65	0,48	0,68	0,47
Norra Sverige (=1 om ja)	0,13	0,34	0,12	0,33

Tabell A2. Regressionsmodell årsförbrukning av el för hushåll.

Variabel	Koefficient
Villa (referens)	
Radhus	-3416,7*** (689)
Lägenhet	-7343,3*** (595)
Storlek i kvadratmeter	45,5*** (4,48)
Södra Sverige (referens)	
Mellansverige	1863,2*** (523)
Norra Sverige	1891,1*** (728)
Eluppvärmning	2744,9*** (518)
Konstant	6777,4*** (841)
R ²	0,44
Antal observationer	850

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

Tabell A3. Avbrottskostnad för hushåll i hus/radhus och lägenhet, kr/kW.

Avbrottslängd	Hus		Lägenhet	
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat
3	0,95	1,01	2,69	2,82
60	3,87	4,14	8,88	10,5
120	6,63	7,4	15,91	18,73
180	9,77	11,19	24,08	28,21
240	13,29	15,47	33,42	39
300	15,83	18,19	39,25	46,02
360	18,43	20,93	45,05	53,03
420	21,11	23,73	50,87	60,09
480	23,88	26,58	56,73	67,2
540	26,73	29,39	62,64	74,41
600	29,67	32,47	68,63	81,72
660	32,71	35,52	74,7	89,14
720	35,84	38,64	80,85	96,69

Tabell A4. CAIDI för olika kundkategorier 2012-2016.

Kundgrupp	CAIDI, alla avbrott, min/avbrott					CAIDI, under 12 h avbrott, min/avbrott				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Jordbruk	71	151	67	137	82	69	75	64	84	76
Industri	70	111	68	99	84	67	70	62	80	73
Handel och tjänster	64	95	62	82	65	62	64	58	68	62
Off verksamhet	67	104	65	86	67	64	68	60	71	63
Hushåll	72	117	70	100	71	69	71	64	75	66

Tabell A5. Skattade avbrottskostnader för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW, för hushåll.

Avbrottslängd i minuter	Hela urvalet		Trimmat 2,5% av de högsta kostnaderna	
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat
3	1,85	1,95	0,96	1,01
60	6,48	7,45	4,18	5,00
120	11,46	13,29	7,82	9,24
180	17,21	20,04	12,18	14,35
240	23,76	27,71	17,24	20,16
300	28,01	32,66	20,32	23,65
360	32,27	37,62	23,50	27,09
420	36,59	42,64	26,69	30,58
480	40,96	47,70	29,92	34,01
540	45,40	52,80	33,21	37,50
600	49,93	58,08	36,59	41,08
660	54,54	63,40	39,98	44,66
720	59,25	68,83	43,52	48,30

Tabell A6. Normaliserade kostnader för elavbrott för jordbruk för hela urvalet.

Typ av avbrott	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)
Aviserat 3 minuter	32	0	5638
Aviserat 1 timme	148	0	22552
Aviserat 4 timmar	218	0	22552
Aviserat 12 timmar	1759	38	270632
Ej aviserat 3 minuter	166	0	34366
Ej aviserat 1 timme	304	0	34366
Ej aviserat 4 timmar	586	0	34366
Ej aviserat 12 timmar	2430	69	270632

Tabell A7. Skattade avbrottskostnader för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW, för jordbruk.

Avbrottslängd i minuter	Hela urvalet		Trimmat 1% av de högsta kostnaderna	
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat
3	31,51	166,40	4,14	19,50
60	146,60	304,07	40,99	101,61
120	182,80	440,12	60,26	163,83
180	205,08	532,36	80,03	223,97
240	217,71	585,84	100,94	283,52
300	341,33	754,82	136,69	357,68
360	485,62	940,58	177,01	437,21
420	649,93	1143,61	221,82	522,30
480	833,81	1364,31	271,06	613,08
540	1036,92	1603,02	324,70	709,66
600	1258,99	1860,06	382,69	812,14
660	1499,81	2135,71	445,01	920,60
720	1759,24	2430,25	511,63	1035,14

Tabell A8. Normaliserade kostnader för elavbrott för hela urvalet, för industri.

Typ av avbrott	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)
Aviserat 3 minuter	113	0	28936
Aviserat 1 timme	282	0	28936
Aviserat 4 timmar	713	69	44353
Aviserat 12 timmar	2478	339	252591
Ej aviserat 3 minuter	939	0	578728
Ej aviserat 1 timme	1224	48	578729
Ej aviserat 4 timmar	2160	165	578729
Ej aviserat 12 timmar	7502	492	2314915

Tabell A9. Skattade avbrottskostnader för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW , för industri.

Avbrottslängd i minuter	Hela urvalet		Trimmat 1% av de högsta kostnaderna	
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat
3	113,22	938,84	31,17	102,00
60	282,11	1223,67	163,57	315,67
120	429,46	1831,62	258,95	513,35
180	570,80	2136,51	356,54	666,16
240	713,25	2159,57	459,63	778,62
300	890,27	2724,79	568,30	962,84
360	1079,62	3318,23	683,68	1149,72
420	1281,48	3940,69	805,97	1339,48
480	1495,88	4592,70	935,24	1532,24
540	1722,81	5274,62	1071,52	1728,08
600	1962,18	5986,73	1214,79	1927,02
660	2213,94	6729,26	1365,04	2129,09
720	2477,99	7502,38	1522,24	2334,30

Tabell A10. Kostnader för elavbrott för hela urvalet för handels- och tjänsteföretag.

Typ av avbrott	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)
Aviserat 3 minuter	18	0	1135
Aviserat 1 timme	179	0	5774
Aviserat 4 timmar	608	70	33063
Aviserat 12 timmar	2154	436	80187
Ej aviserat 3 minuter	62	0	5727
Ej aviserat 1 timme	371	19	22184
Ej aviserat 4 timmar	970	173	33063
Ej aviserat 12 timmar	2852	682	80187

Tabell A11. Skattade avbrottskostnader för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW, för handels- och tjänsteföretag.

Avbrottslängd i minuter	Hela urvalet		Trimmat 1% av de högsta kostnaderna	
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat
3	18,22	62,99	9,30	27,63
60	179,45	370,54	139,44	248,20
120	311,09	660,58	235,88	456,35
180	453,13	872,63	336,98	625,52
240	607,66	970,35	444,17	731,28
300	765,69	1239,17	566,89	940,45
360	933,55	1507,36	699,88	1151,26
420	1111,40	1769,90	843,39	1359,70
480	1299,35	2022,28	997,64	1562,16
540	1497,46	2260,37	1162,84	1755,34
600	1705,84	2480,38	1339,18	1936,16
660	1924,56	2678,73	1526,83	2101,73
720	2153,70	2852,05	1725,98	2249,30

Tabell A12. Kostnader för elavbrott för hela urvalet för offentlig verksamhet.

Typ av avbrott	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)
Aviserat 3 minuter	12	0	2727
Aviserat 1 timme	451	0	155299
Aviserat 4 timmar	759	0	155299
Aviserat 12 timmar	1484	82	142358
Ej aviserat 3 minuter	41	0	3881
Ej aviserat 1 timme	541	0	155299
Ej aviserat 4 timmar	946	39	155299
Ej aviserat 12 timmar	1879	173	142358

Tabell A13. Skattade avbrottskostnader för olika avbrottslängder i minuter, kr/kW, för offentlig verksamhet.

Avbrottslängd i minuter	Hela urvalet		Trimmat 1% av de högsta kostnaderna	
	Aviserat	Ej aviserat	Aviserat	Ej aviserat
3	11,81	40,61	2,82	16,99
60	450,64	541,02	84,17	167,72
120	584,94	856,06	141,83	296,52
180	684,84	1009,18	210,57	405,24
240	759,22	945,82	291,10	479,69
300	866,44	1167,83	351,66	607,68
360	968,15	1373,11	415,93	733,05
420	1065,00	1554,57	484,12	852,24
480	1157,34	1705,50	556,43	961,83
540	1245,37	1819,48	632,98	1058,53
600	1329,19	1890,32	713,89	1139,13
660	1408,87	1912,03	799,24	1200,52
720	1484,41	1878,75	889,13	1239,64

Tabell A14. Regressionsmodell maxeffekt jordbruk.

Variabel	Koefficient
Ln (Omsättning)	0,128 (0,756)
Antal anställda	0,837** (0,404)
Skogsbruk	-16,8*** (4,08)
Energiförbrukning: Kvartil 2	3,52 (6,04)
Energiförbrukning: Kvartil 3	17,9*** (6,8)
Energiförbrukning: Kvartil 4	63,3*** (6,9)
Ingen info om energiförbrukning	8,9*** (5,3)
Konstant	23,8*** (6,8)
R ²	0,57
Antal observationer	217

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivå.

Tabell A15. Regressionsmodell maxeffekt industri.

Variabel	Koefficient
Ln (Omsättning)	11,80 (28,0)
Ln(Antal anställda)	36,7 (41,4)
Kapital	0,007 (0,003)
Bygg	-42,69 (189,8)
Tillverkning	10,9 (196,7)
Försörjning	-215,9 (239,0)
Vatten	-26,0 (289,7)
Energiförbrukning: Kvartil 2	-26,0 (132,4)
Energiförbrukning: Kvartil 3	-3,6 (140,9)
Energiförbrukning: Kvartil 4	406,7** (168,7)
Ingen info om energiförbrukning	-23,4 (5,3)
Konstant	-108,1 (252,5)
R ²	0,10
Antal observationer	291

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivå.

Tabell A16. Regressionsmodell maxeffekt handel- och tjänsteföretag.

Variabel	Koefficient
Ln (Omsättning)	9,2 ^{**} (3,5)
Transport	30,9 (30,1)
Hotell	56,4 (34,5)
Energiförbrukning: Kvartil 2	-22,0 (31,8)
Energiförbrukning: Kvartil 3	6,3 (30,7)
Energiförbrukning: Kvartil 4	114,2 ^{***} (38,3)
Ingen info om energiförbrukning	2,17 (25,8)
Konstant	-46,8 (32,8)
R ²	0,25
Antal observationer	134

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

Tabell A17. Regressionsmodell maxeffekt offentlig verksamhet.

Variabel	Koefficient
Ln (Antal anställda)	14,7 ^{**} (6,3)
Utbildning	92,4 ^{***} (30,3)
Omsorg	-103,6 ^{***} (26,5)
Energiförbrukning: Kvartil 2	-10,6 (49,4)
Energiförbrukning: Kvartil 3	2,06 (49,8)
Energiförbrukning: Kvartil 4	19,1 (58,2)
Ingen info om energiförbrukning	10,1 (44,2)
Konstant	74,8 (47,4)
R ²	0,25
Antal observationer	101

Notera: Standardfel inom parantes. *, **, *** anger signifikans på 10, 5 respektive 1 % nivån.

Tabell A18. Kostnader för elavbrott för jordbruk med och utan skyddsutrustning, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Med skyddsåtgärder				Utan skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	1,7	0	75	92 %	5,0	0	172	89 %
Aviserat 1 timme	24	0	541	69 %	115	0	4511	66 %
Aviserat 4 timmar	72	0	1260	62 %	185	0	6014	59 %
Aviserat 12 timmar	327	32	5052	43 %	2259	171	72169	40 %
Ej aviserat 3 minuter	9,8	0	301	87 %	22	0	685	84 %
Ej aviserat 1 timme	61	0	1443	62 %	214	0	4713	59 %
Ej aviserat 4 timmar	153	0	2706	55 %	374	0	13439	52 %
Ej aviserat 12 timmar	593	62	13440	38 %	3435	280	80635	36 %

Tabell A19. Kostnader för elavbrott för jordbruk utan skyddsutrustning separerade på om de har investerat i skyddsåtgärder, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Jordbrukare som har skyddsåtgärder				Jordbrukare som inte har skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	8,5	0	144	79 %	2,5	0	172	95 %
Aviserat 1 timme	183	5,7	4511	45 %	69	0	3526	80 %
Aviserat 4 timmar	231	6,5	6014	44 %	152	0	2887	69 %
Aviserat 12 timmar	4973	713	72169	12 %	366	0	5413	59 %
Ej aviserat 3 minuter	25	0	685	75 %	20	0	593	90 %
Ej aviserat 1 timme	349	36	4713	38 %	120	0	4124	73 %
Ej aviserat 4 timmar	504	45	13439	37 %	282	0	7052	63 %
Ej aviserat 12 timmar	6968	866	80635	11 %	970	0	28912	54 %

Tabell A20. Kostnader för elavbrott för industri med och utan skyddsutrustning, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Med skyddsåtgärder				Utan skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	20,8	0	451	77 %	31	0	829	75 %
Aviserat 1 timme	126	0	2142	52 %	160	0	2798	50 %
Aviserat 4 timmar	366	63	4500	42 %	424	73	5621	40 %
Aviserat 12 timmar	1217	289	14433	35 %	1518	348	23151	34 %
Ej aviserat 3 minuter	71	0	1591	66 %	97	0	2309	64 %
Ej aviserat 1 timme	248	43	3608	41 %	305	47	4782	39 %
Ej aviserat 4 timmar	633	145	7312	34 %	721	178	9091	32 %
Ej aviserat 12 timmar	1946	462	24805	29 %	2371	523	28867	28 %

Tabell A21. Kostnader för elavbrott för industri utan skyddsutrustning separerade på om de har investerat i skyddsåtgärder, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Industri som har skyddsåtgärder				Industri som inte har skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	77	0	722	54 %	20	0	829	80 %
Aviserat 1 timme	295	73	2545	29 %	128	0	2798	55 %
Aviserat 4 timmar	472	84	5621	28 %	412	72	5621	43 %
Aviserat 12 timmar	2533	905	21818	14 %	1275	258	23151	39 %
Ej aviserat 3 minuter	225	15	2309	41 %	67	0	2291	69 %
Ej aviserat 1 timme	577	144	4782	22 %	241	37	4582	43 %
Ej aviserat 4 timmar	873	159	9091	21 %	684	180	8372	35 %
Ej aviserat 12 timmar	4002	1290	28867	9 %	1978	433	27234	32 %

Tabell A22. Kostnader för elavbrott för handels- och tjänsteföretag med och utan skyddsutrustning, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Med skyddsåtgärder				Utan skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	5,9	0	170	90 %	21	0	707	84 %
Aviserat 1 timme	115	0	1442	58 %	188	0	2604	52 %
Aviserat 4 timmar	370	48	4581	45 %	490	113	5774	38 %
Aviserat 12 timmar	1502	405	14684	32 %	2041	506	25981	29 %
Ej aviserat 3 minuter	18	0	573	83 %	45	0	1222	77 %
Ej aviserat 1 timme	201	10	2885	49 %	287	41	3507	43 %
Ej aviserat 4 timmar	619	151	6943	36 %	7444	207	81308	30 %
Ej aviserat 12 timmar	1935	650	16874	26 %	2608	722	32520	22 %

Tabell A23. Kostnader för elavbrott för handels- och tjänsteföretag utan skyddsutrustning separerade på om de har investerat i skyddsåtgärder, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Företag som har skyddsåtgärder				Företag som inte har skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	58	0	707	65 %	13	0	591	88 %
Aviserat 1 timme	421	106	2604	25 %	131	0	2314	59 %
Aviserat 4 timmar	488	113	3407	24 %	491	113	5774	42 %
Aviserat 12 timmar	3740	1251	25981	9 %	1637	415	20450	34 %
Ej aviserat 3 minuter	108	0	1155	53 %	30	0	1222	83 %
Ej aviserat 1 timme	556	173	3408	16 %	221	4,2	3507	50 %
Ej aviserat 4 timmar	693	178	8130	16 %	757	226	8067	34 %
Ej aviserat 12 timmar	4567	1501	32520	3 %	2143	674	28867	27 %

Tabell A24. Kostnader för elavbrott för offentlig verksamhet med och utan skyddsutrustning, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Med skyddsåtgärder				Utan skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	1	0	72	90 %	1,2	0	86	90 %
Aviserat 1 timme	55	0	1247	76 %	58	0	1247	71 %
Aviserat 4 timmar	217	0	3393	60 %	222	0	3476	54 %
Aviserat 12 timmar	670	72	9623	45 %	690	77	9623	43 %
Ej aviserat 3 minuter	7,6	0	297	90 %	8,2	0	310	86 %
Ej aviserat 1 timme	114	0	2727	65 %	123	0	2909	60 %
Ej aviserat 4 timmar	358	20	5413	47 %	371	37	5413	42 %
Ej aviserat 12 timmar	930	147	13532	37 %	976	169	13746	34 %

Notera. Ett fåtal observationer indikerade en högre avbrottskostnad med skyddsåtgärder än utan skyddsåtgärder. Vi antar att respondenterna är mer vana att tänka i termer av avbrottskostnader med skyddsåtgärder och vi har därför ersatt avbrottskostnad utan skyddsåtgärder med de som rapporterades med skyddsåtgärder om så var fallet.²²

Tabell A25. Kostnader för elavbrott för offentlig verksamhet utan skyddsutrustning separerade på om de har investerat i skyddsåtgärder, trimmade värden (de 2,5 procent högsta värdena är borttagna).

Typ av avbrott	Verksamhet som har skyddsåtgärder				Verksamhet som inte har skyddsåtgärder			
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Max (kr/kW)	Andel, 0 kr
Aviserat 3 minuter	3,1	0	72	42 %	0,9	0	86	98 %
Aviserat 1 timme	106	0,1	1247	26 %	51	0	1212	77 %
Aviserat 4 timmar	160	0,1	1804	25 %	233	0	3456	59 %
Aviserat 12 timmar	1192	412	9021	7 %	614	23	9623	48 %
Ej aviserat 3 minuter	22	0,1	297	36 %	6,2	0	310	93 %
Ej aviserat 1 timme	204	0,2	2520	18 %	111	0	2909	66 %
Ej aviserat 4 timmar	480	15	5413	17 %	354	43	5334	46 %
Ej aviserat 12 timmar	1760	484	13746	3 %	855	130	13531	39 %

Notera. Ett fåtal observationer indikerade en högre avbrottskostnad med skyddsåtgärder än utan skyddsåtgärder. Vi antar att respondenterna är mer vana att tänka i termer av avbrottskostnader med skyddsåtgärder och vi har därför ersatt avbrottskostnad utan skyddsåtgärder med de som rapporterades med skyddsåtgärder om så var fallet.

²² En anledning till att man har rapporterat högre kostnader med skyddsåtgärder skulle kunna vara att det finns verksamheter som har löpande kostnader för skyddsåtgärderna utöver anskaffningskostnaderna och de räknar då med kostnader för exempelvis ha tillgång till reservkraft

Tabell A26. Kostnader för elavbrott för industri, uppdelat på omsättningsstorlek

	Grupp 1 (Oms: - 9 999 tkr)		Grupp 2 (Oms: 10 000 – 99 999 tkr)		Grupp 3 (Oms: 100 000 tkr)	
	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)	Medelvärde (kr/kW)	Median (kr/kW)
Aviserat 3 minuter	6	0	16	0	41	0
Aviserat 1 timme	35	0	93	0	253	101
Aviserat 4 timmar	131	0	296	344	679	267
Aviserat 12 timmar	311	0	937	289	2429	945
Ej aviserat 3 minuter	15	0	58	0	139	15
Ej aviserat 1 timme	89	0	184	47	471	189
Ej aviserat 4 timmar	278	0	527	162	1107	453
Ej aviserat 12 timmar	560	0	1481	475	3818	1600