

■ www.sintef.no ■

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim
Resepsjon: Sem Sælands vei 11
Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:
NO 939 350 675 MVA

TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

**Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 3 av 3: Spørreundersøkelse - Utfyllende analyser**

SAKSBEARBEIDER(E)

KSa GK Kst
Knut Samdal, Gerd Kjølle, Helge Seljeseth, SINTEF Energiforskning AS
Balbir Singh og Nils Risholm, Samfunns- og næringslivsforskning AS

OPPDRAAGSGIVER(E)

EBL Kompetanse, NVE, Statnett SF,
Prosessindustriens landsforening, Norsk Hydro, everk

TR NR.	DATO	OPPDRAAGSGIVER(E)S REF.	PROSJEKTNR.
TR A5921	2004-02-16	Annie Heieren	12X279
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)	GRADERING
		Gerd Kjølle	Åpen
ISBN NR.	RAPPORTTYPE	FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)	OPPLAG SIDER
82-594-2605-6	3,4,5	<i>for</i> Petter Støa <i>Ygu</i>	70 142
AVDELING	BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS	
Energisystemer	Sem Sælandsv. 11	73 59 72 50	

RESULTAT (sammendrag)

Rapporten er den tredje av tre som dokumenterer en landsomfattende spørreundersøkelse av sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser gjennomført i 2001-2002.

Rapport nr 1 [1] gir fullstendig oversikt over metode- og dataunderlaget som ligger til grunn, i tillegg til en beskrivelse av den statistiske behandlingen av data.

Rapport nr 2 [2] gir en fullstendig oversikt over analyseresultater som er utarbeidet innenfor rammen av prosjektet.

Denne rapport dokumenterer de utfyllende analyser som er foretatt i 2003 på tidligere innsamlet materiale. Dette er en samling av følgende frittstående dokumenter:

- AN 03.12.24: Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser.
- AN 03.12.23: Hvor fleksibelt er sluttbrukeres forbruk?
- AN 03.12.74: Kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser som funksjon av tidspunkt og varighet.
- SNF - notat: Arbeidsnotat nr. 3/2004: En sammenligning av estimater fra 1989-1991 og 2001-2002.
- AN 04.12.01: Avbrudd og spenningsforstyrrelser, hva koster kundene mest? Forstudie.
- Paper til CIRED 2003: Customers Interruption Costs - What's the Problem?

STIKKORD

EGENVALGTE	Avbruddskostnader	KILE
	Spenningsdip	Spørreundersøkelse

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	5
REFERANSER	9
VEDLEGG 1	
AN 03.12.24: Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser.	V1.1
1 Innledning	V1.5
2 Analyseresultater	V1.8
3 Referanser	V1.19
VEDLEGG 2	
AN 03.12.23: Hvor fleksibelt er sluttbrukeres forbruk?	V2.1
1 Prising av effekt	V2.5
2 Resultater	V2.9
3 Konklusjoner	V2.14
4 Referanser	V2.15
VEDLEGG 3	
AN 03.12.74: Kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser som funksjon av tidspunkt og varighet.	V3.1
1 Innledning	V3.5
2 anbefalte KILE-satser	V3.6
3 Kostnader som funksjon av tidspunkt	V3.7
4 Samvariasjon mellom kostnad og tidspunkt for langvarige avbrudd	V3.17
5 Kostnader ved avbrudd som funksjon av varighet	V3.24
6 Referanser	V3.27
7 Vedlegg 1 - Relativ variasjon i kostnad og belastning	V3.29
8 Vedlegg 2 - kostnadens og strømforbrukets fordeling på ulike formål	V3.32
9 Vedlegg 3 - Variasjon i antall og varighet av avbrudd	V3.38
10 Vedlegg 4 - Korrelasjonsfaktorer og tidsvariasjon	V3.47
VEDLEGG 4	
SNF – notat, Arbeidsnotat nr. 3/2004: En sammenligning av estimer fra 1989-1991 og 2001-2002	V4.1
1 Innledning	V4.5
2 Sammenligning av markedsundersøkelser	V4.5
3 Kostnader ved strømbrudd: En sammenligning av resultater	V4.8
4 Konsekvenser og kostnader ved spenningsforstyrrelser	V4.12
5 Avsavsverdier: En sammenligning av resultater	V4.16
6 Konklusjon	V4.18
7 Referanser	V4.19

VEDLEGG 5

AN 04.12.01: Avbrudd og spenningsforstyrrelser, hva koster kundene mest? Forstudie. V5.1

1 Innledning	V5.5
2 Hva er leveringskvalitet	V5.5
3 Fremgangsmåte og databehov	V5.6
4 Stiliserte nett	V5.7
5 "Case study" leveringskvalitet i luftnett	V5.8
6 Resultater fra et fremtidig verktøy	V5.13
7 Anbefaling for videre arbeid	V5.16
8 Referanser	V5.17
9 Vedlegg 1: Nytt FoU-prosjekt	V5.18
10 Vedlegg 2: Eksempel 22 kV luftnett (radial)	V5.19

VEDLEGG 6

Paper til CIRED 2003: Customers Interruption Costs - What's the Problem? V6.1

SAMMENDRAG

- **AN 03.12.24: Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser.**

Sammendrag:

Det fremgår at spenningsdip er den type spenningsforstyrrelse som volder størst problem, spesielt innenfor Prosessindustri. I overkant av 36% av respondentene innenfor Prosessindustri mener at spenningsdip er et stort eller svært stort problem.

I gjennomsnitt svarer respondentene innen Prosessindustri at kostnader pga spenningsdip er i størrelsesorden 1,2 mill. kr pr år. Tilsvarende tall for transiente overspenninger, for høy stasjonær spenning, og for lav stasjonær spenning er hhv 25 kkr, 43 kkr og 143 kkr pr år.

- **AN 03.12.23: Hvor fleksibelt er sluttbrukeres forbruk?**

Sammendrag:

Det fremgår av analyseresultatene i kapittel 2 at de tilsynelatende ”billigste” effektpotensialene er romoppvarming og vannoppvarming.

Med de forutsetninger som her er lagt til grunn er det innenfor Industri og Handel og tjenester at de laveste verdier kommer frem.

- **AN 03.12.74: Kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser som funksjon av tidspunkt og varighet.**

Sammendrag:

Spørreundersøkelsen (SNF, SINTEF Energiforskning) viser at kostnaden (i kroner) forbundet med avbrudd i gjennomsnitt over året reduseres til dels betydelig i forhold til kostnaden referert et tidspunkt i januar. Den største reduksjonen finnes innenfor kategoriene Husholdning og Offentlig, der kostnaden reduseres med hhv 32 % og 50 % i gjennomsnitt. Variasjonen i kronebeløp med tidspunkt for avbrudd følger ikke belastningsvariasjonen proporsjonalt. Dette medfører at også den spesifikke kostnaden i kr/kWh til dels har en betydelig variasjon. For Husholdning er f.eks den spesifikke kostnaden i snitt over året 36 % høyere enn på referansetidspunktet.

Dersom en ikke tar hensyn til at spesifikk kostnad varierer med tidspunkt vil kostnaden i kroner underestimeres for de fleste sluttbrukergruppene. Dette betyr at bruk av de konstante KILE-satsene som er referert et tidspunkt i januar, underestimerer kostnaden for langvarige avbrudd. For Norge totalt underestimeres kostnaden med ca 155 mill kr (16 %). Underestimeringen av årlige avbruddskostnader motvirkes til en viss grad av at KILE-satsene (som gjelder for en gjennomsnittlig avbruddsvarighet) er noe høyere enn om det tas hensyn til fordelingen av avbruddsvarigheten.

Feil- og avbruddsstatistikken viser at det er relativt sett flere avbrudd på hverdager enn helgedager og innenfor arbeidstid (kl 08 – 16) enn utenfor. Særlig gjelder dette avbrudd pga

planlagte utkoplinger. Det er undersøkt hvordan dette vil virke inn på den årlige kostnaden for de ulike sluttbrukergruppene. Samvariasjonen mellom kostnad, antall avbrudd og varighet viser seg å ha relativt stor betydning for enkelte grupper ved planlagte utkoplinger. For Norge totalt har dette imidlertid mindre betydning. Disse analysene har vist at mesteparten av variasjonen både på landsbasis og innenfor de ulike gruppene kan ivaretas ved å benytte spesifikke kostnader i gjennomsnitt over året i stedet for konstante satser (KILE) som gjelder for et tidspunkt i januar.

- **SNF - notat: Arbeidsnotat nr. 3/2004: En sammenligning av estimer fra 1989-1991 og 2001-2002.**

Sammendrag:

Analysen viser at det har skjedd en økning i kostnader ved strømbrydd og avsavnsverdier for nesten alle gruppene. Om en tar hensyn til at respondentenes svar er farget av strategiske motiver, blir økningen lavere. Data indikerer at spenningskvalitet er viktig problemstilling for sluttbrukerne. Videre er det dekning for at og det finnes muligheter for individuelle lokale løsninger for å verne seg mot dette problemet. Tallmaterialet indikerer også at brukere har tatt i bruk individuelle løsninger i økende grad fra 1990 til 2001. Behovet for en omfattende regulering av spenningskvalitet bør vurderes i lys av dette. Ved å utarbeide en omfattende reguleringsregime som inkluderer regulering av spenningskvalitet risikerer en utstenging av lokale løsninger som kan være effektiv både i økonomisk og teknologisk forstand.

- **AN 04.12.01: Avbrudd og spenningsforstyrrelser, hva koster kundene mest? Forstudie.**

Sammendrag:

Dette arbeidsnotatet dokumenterer en forstudie mhp å etablere modeller og metoder for å kunne estimere sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Notatet beskriver en mulig måte å etablere slike metoder og modeller, uten å gå i dybden på dette.

Arbeidet som dokumenteres her er finansiert i felleskap av to forskningsprosjekt:

- Kostnader forbundet med strømbrydd og spenningsforstyrrelser.
- Leveringskvalitet

Resultatene vist her er input til et nytt FoU-prosjekt som det er søkt om finansiering for fra 2004:

EBL-K prosjekt nr: SyVN-3.5_04 Avbrudd og spenningsforstyrrelser – et samfunns-problem?

Hensikten med prosjektet er å bidra til at det norske nettsystemet har en samfunnsøkonomisk optimal leveringskvalitet. Målet ved prosjektet er å gi nettselskap bedre innsikt i leveringskvalitet, samt å gi NVE bedre grunnlag for å regulere leveringskvalitet, gjennom:

1. Bli kjent med en mengde kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik i det norske kraftnettet.
2. Kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.

Etablere metoder for helhetlig evaluering av leveringskvalitet i et vilkårlig nett, herunder kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med langvarige avbrudd (varslet/ikke varslet), kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.

Paper til CIRED 2003: Customers Interruption Costs - What's the Problem?

Sammendrag:

A critical parameter in implementation of a credible quality regulation scheme for network companies subject to Performance Based Regulation is the information about customers' interruption costs associated with alternative levels of quality of supply. In case there existed a specific market for quality of supply, a credible single proxy of the customer valuation of interruptions would have been the equilibrium price in this market. In the absence of such markets, questionnaire surveys provide a practical alternative. Credibility of the estimates based on survey methods calls for careful examination of strategic response from the respondents. Neglect of such issues can result in biased estimates, which would introduce a systematic bias in the valuation of quality of supply, and in the effectiveness of regulation, investments and tariffs based on such estimates.

This paper reports both methodological issues and some recent estimates for costs associated with various interruption scenarios in the Norwegian power system. Results are relevant for design of regulatory regimes for the network companies. As of today, only long interruptions (> 3 min) are being regulated in the CENS-arrangement in Norway. From 2004 NVE is to put into force a new set of regulations, covering also other power quality aspects than long interruptions. The results from the research project described in this paper will be important in the evaluation of which power quality issues are to be regulated through incentive mechanisms, and which are to be regulated by means of standards.

REFERANSER


- [1] Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 1 av 3: Spørreundersøkelse - Metodeunderlag
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2002
TR A5752, ISBN: 82-594-2417-7 / EBL-K 135-2003

- [2] Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 2 av 3: Spørreundersøkelse - Metodeunderlag
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2002
TR A5754, ISBN: 82-594-2417-3 / EBL-K 136-2003

VEDLEGG 1

AN 03.12.24:

Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser.

 SINTEF SINTEF Energiforskning AS Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50 www.energy.sintef.no Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA		<h1 style="text-align: center;">ARBEIDSNOTAT</h1>	
		GJELDER Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser	
		GÅR TIL Referansegruppe Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser. Interesserte	
AN NR.	GRADERING	GJENNOMGÅTT AV	
AN 03.12.24	Åpen	Gerd Kjølle	
ELEKTRONISK ARKIVKODE		FORFATTER(E)	DATO
030220KSa92255		Knut Samdal	2003-02-20
PROSJEKTNR.		knut.samdal@sintef.no	ANTALL SIDER
12x279			17
AVDELING		BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS
Energisystemer		Sem Sælandsv. 11	73 59 72 50

Dette arbeidsnotat supplerer analyser av kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser dokumentert i [4-5].

Følgende analyser dokumenteres i dette arbeidsnotat:

For sluttbrukergruppen "Prosessindustri":

- kostnader ved dip som funksjon av dip'ens "dybde" og varighet
- kostnader ved transiente overspenninger som funksjon av overspenningens "høyde" og varighet
- kostnader ved for høy stasjonær spenning og følsomhet for dette
- kostnader ved for lav stasjonær spenning og følsomhet for dette

For alle sluttbrukergrupper

- respondentenes rapporterte "uregelmessigheter" i spenningen
- hvilke tiltak er iverksatt for å redusere konsekvenser av avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Konklusjoner:

Det fremgår at spenningsdip er den type spenningsforstyrrelse som volder størst problem, spesielt innenfor Prosessindustri. I overkant av 36% av respondentene innenfor Prosessindustri mener at spenningsdip er et stort eller svært stort problem.

I gjennomsnitt svarer respondentene innen Prosessindustri at kostnader pga spenningsdip er i størrelsesorden 1,2 mill. kr pr år. Tilsvarende tall for transiente overspenninger, for høy stasjonær spenning, og for lav stasjonær spenning er hhv 25 kkr, 43 kkr og 143 kkr pr år.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
<hr/>	
1	INNLEDNING..... V1.5
1.1	Undersøkelsens omfang V1.5
1.2	Spørremetodikk V1.6
2	ANALYSERESULTATER V1.8
2.1	Hvordan tolke resultatene?..... V1.8
2.2	Generelt om leveringskvalitet V1.8
2.3	Årlige kostnader - Prosessindustri V1.10
2.4	Kostnader som funksjon av spenningsnivå og varighet - Prosessindustri V1.11
2.5	Følsomhet for stasjonært spenningsavvik - Prosessindustri..... V1.12
2.6	Hvilke tiltak er gjennomført? V1.13
2.7	Hva er effekten av tiltakene?..... V1.15
3	REFERANSER V1.19

1 INNLEDNING

Dette arbeidsnotat supplerer analyser av kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser dokumentert i [4-5].

1.1 UNDERSØKELSENS OMFANG

Undersøkelsens omfang er vist i tabellen nedenfor:

Tabell 1: Undersøkelsens omfang.

Respondent type	Hus- holdning	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess- industri*
Utvalgsstørrelse (antall)	1000	2400	1800	800	800	220
Kilde	DM-Huset Telenor 180	SSB	SSB	SSB	SSB	PIL
Tidspkt (ukenr fra-til)	47-5	47-5	47-5	47-5	47-5	47-5
Telefonkontakt						uke 47 214
Postal (dato)	14/11	16/11	19/11	14/11	28/11	uke 47
1. utsending (antall)	1000	2400	1800	800	800	176
1. purring (dato)	26/11	28/11	27/11	26/11	6/12	6/12
(antall)	832	2248	1684	667	682	130
2. utsendelse (dato)	6/12	12/12	12/12	7/12	9/1	9/1
(antall)	662	1850	1399	520	510	100
2. purring (dato)	10/1	11/1	11/1	10/1		15/1
(antall)	495	1666	1280	383		90
Bortfall (antall)	56	141	122	53	31	0
Reelt utvalg (antall)	944	2259	1678	747	769	176
Svarprosent	45%	27%	25%	43%	45%	45%
Antall svar	425	618	425	321	347	78
Incentiv (antall Flax-lodd)	40			40		

1.2 SPØRREMETODIKK

Et utdrag fra spørreskjema for Prosessindustri er vist nedenfor. Spørreskjemaene er i sin helhet å finne som vedlegg i [4].

Tabell 2: Utdrag fra spørreskjema for Prosessindustri.

Informasjon om uregelmessigheter i spenningen	
11	Nedenfor er angitt mulige uregelmessigheter i spenningen, og konsekvenser av slike. Har bedriften vært utsatt for noen av disse fenomenene i løpet av det siste året? (Svar etter beste evne)
	<input type="checkbox"/> Funksjonssvikt i EDB-anlegg
	<input type="checkbox"/> Problemer med å starte elektriske motorer
	<input type="checkbox"/> Funksjonssvikt i prosess-styringsanlegg
	<input type="checkbox"/> Elektriske motorer koblet fra nettet av motor-vernet
	<input type="checkbox"/> Kortere levetid på glødelamper
	<input type="checkbox"/> Varmgang i elektrisk utstyr
	<input type="checkbox"/> Kortvarige underspenninger
	<input type="checkbox"/> Kortvarige overspenninger
	<input type="checkbox"/> For høy stasjonær spenning
	<input type="checkbox"/> For lav stasjonær spenning
<input type="checkbox"/> Hurtige spenningsvariasjoner / lysflimmer	
<input type="checkbox"/> Asymmetri i spenningen	
<input type="checkbox"/> Overharmoniske spenninger	
Annet, spesifiser: _____	

Kostnader forbundet med spenningsdip (Med spenningsdip menes her at spenningen for en kort tid reduseres i forhold til det normale)					
14	I hvor stor grad er spenningsdip et problem for bedriften?				
	<input type="checkbox"/> Intet problem	<input type="checkbox"/> Lite problem	<input type="checkbox"/> Stort problem	<input type="checkbox"/> Svært stort problem	<input type="checkbox"/> Vet ikke
	Anslå omtrentlige årlige kostnader forbundet med spenningsdip: (kr): _____				
	Anta at en spenningsdip inntreffer <u>uten varsel</u> en torsdag kl 10.00 i januar. Hvor mye vil kostnadene endres, sammenlignet med et ikke varslet strømbrytning med varighet 1 sekund (spørsmål 12)?				
		Redusert til 0 -100 %	Halvert -50 %	Uendret 0 %	Økt
					Vet ikke
	Spenning redusert til 75 % av nominell, varighet= 0,25 sekund	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Spenning redusert til 75 % av nominell, varighet= 5 sekund	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Spenning redusert til 50 % av nominell, varighet= 0,25 sekund	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Spenning redusert til 50 % av nominell, varighet= 5 sekund	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Spenning redusert til 10 % av nominell, varighet= 0,25 sekund	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spenning redusert til 10 % av nominell, varighet= 5 sekund	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kostnader forbundet med forbigående (transiente) overspenninger (Med overspenninger menes her at spenningen for en kort tid økes i forhold til det normale)					
15	I hvor stor grad er forbigående (transiente) overspenninger et problem for bedriften? <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Intet problem <input type="checkbox"/> Lite problem <input type="checkbox"/> Stort problem <input type="checkbox"/> Svært stort problem <input type="checkbox"/> Vet ikke </div>				
	Anslå omtrentlige årlige kostnader forbundet med forbigående (transiente) overspenninger (kr): _____				
	Anta at en forbigående (transient) overspenning inntreffer <u>uten varsel en torsdag kl 10.00 i januar</u> . Hvor mye vil kostnadene endres, sammenlignet med et ikke varslet strømbrudd med varighet 1 sekund (spørsmål 12)?				
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Redusert til 0 Uendret Økt til det doble </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> -100 % -50 % 0 % 50 % 100 % </div>				
	Spenning (peak) økt til 1,5 ganger nominell, varighet= 0,25 sekund <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>				
	Spenning (peak) økt til 1,5 ganger nominell, varighet= 10 sekund <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>				
Spenning (peak) økt til 10 ganger nominell, varighet= 0,1 sekund <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>					
Kostnader forbundet med langtidsavvik i spenningsnivå (Med dette menes om spenningen er for høy eller for lav over lang tid, i forhold til det normale)					
16	I hvor stor grad er <u>for høy</u> stasjonær spenning et problem for bedriften? <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Intet problem <input type="checkbox"/> Lite problem <input type="checkbox"/> Stort problem <input type="checkbox"/> Svært stort problem <input type="checkbox"/> Vet ikke </div>				
	Anslå omtrentlige årlige kostnader forbundet med for høy stasjonær spenning: (kr): _____				
	Vennligst angi hvor følsom bedriften er for det stasjonære spenningsnivået: Problemer oppstår ved ____% for høy spenning				
	I hvor stor grad er <u>for lav</u> stasjonær spenning et problem for bedriften? <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <input type="checkbox"/> Intet problem <input type="checkbox"/> Lite problem <input type="checkbox"/> Stort problem <input type="checkbox"/> Svært stort problem <input type="checkbox"/> Vet ikke </div>				
	Anslå omtrentlige årlige kostnader forbundet med for lav stasjonær spenning: (kr): _____				
Vennligst angi hvor følsom bedriften er for det stasjonære spenningsnivået: Problemer oppstår ved ____% for lav spenning					

2 ANALYSERESULTATER

2.1 HVORDAN TOLKE RESULTATENE?

Med % av svar menes her: Av alle "Prosessindustri"-respondenter som har svart på spm 11 (77 stk) har kun 44,2% (34 stk) krysset av alternativet "Funksjonssvikt i EDB-anlegg". Se **Figur 1**.

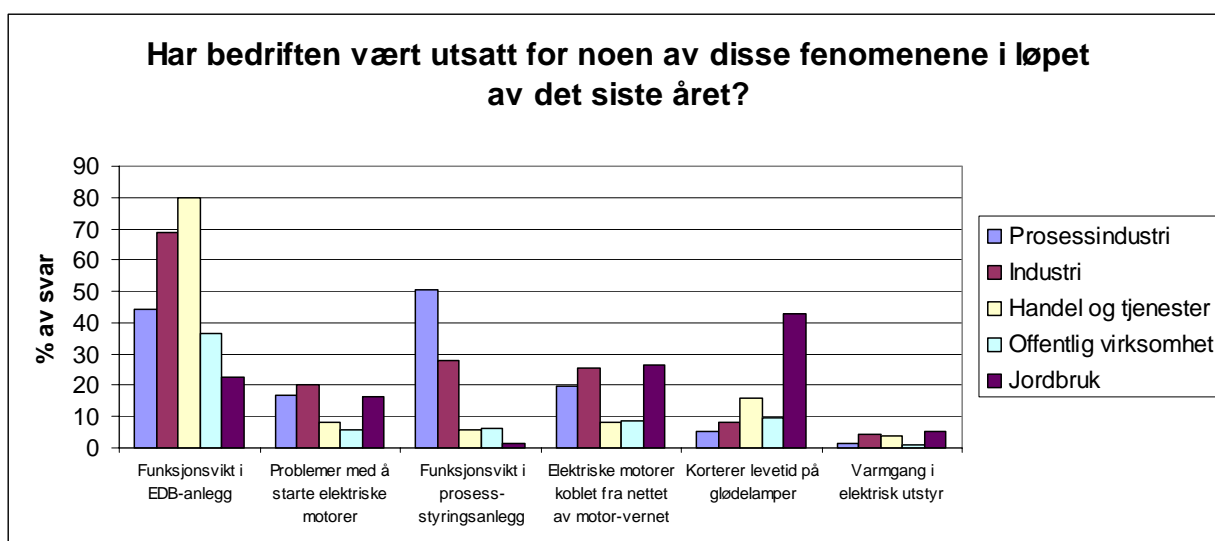
Her er det verdt å merke seg at summen for de ulike svar f eks innen Prosessindustri vil avvike fra 100% da respondenten kunne sette mer enn ett kryss pr rad.

I noen av fordelingene som presenteres vil aritmetisk middel sterkt påvirkes av et fåtall "uteliggere" (ekstremverdier). For å synliggjøre omfanget av dette presenteres følgende data for alle fordelinger:

N:	antall observasjoner i den aktuelle fordeling
Median	den observasjon som ligger i midten av datasettet når verdiene i fordelingen er sortert
Mean	aritmetisk middel for den aktuelle fordeling
Minimum	laveste verdi i fordelingen
Maximum	høyeste verdi i fordelingen
St. Deviation	standardavvik

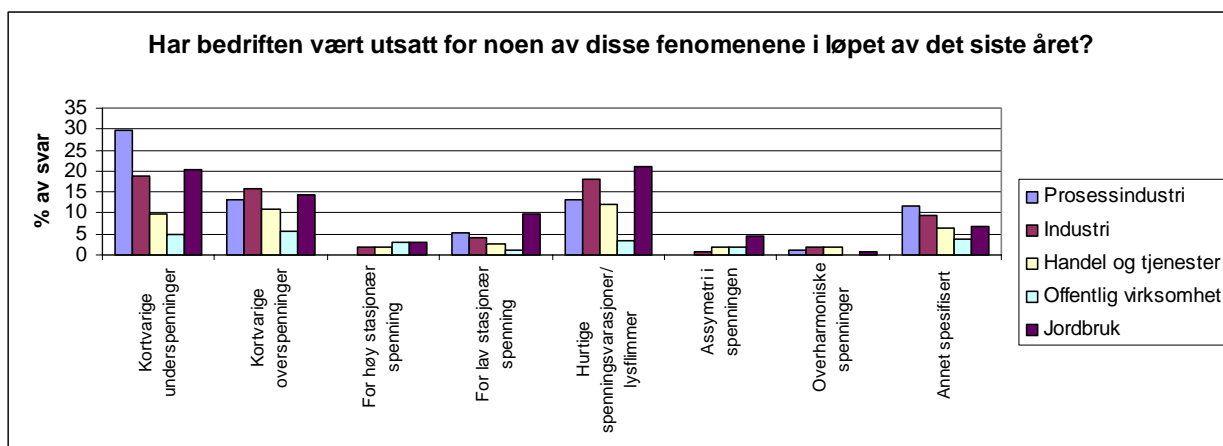
2.2 GENERELT OM LEVERINGSKVALITET

Spørsmålet (spm 11 i eksempelet foran) var her delt inn i "symptom"- og årsaksbeskrivelser. Dette for å favne respondenter med ulik kompetanse om de tekniske fenomener som her inngår.



Figur 1: Generelt om leveringskvalitet: "symptom-orientert".

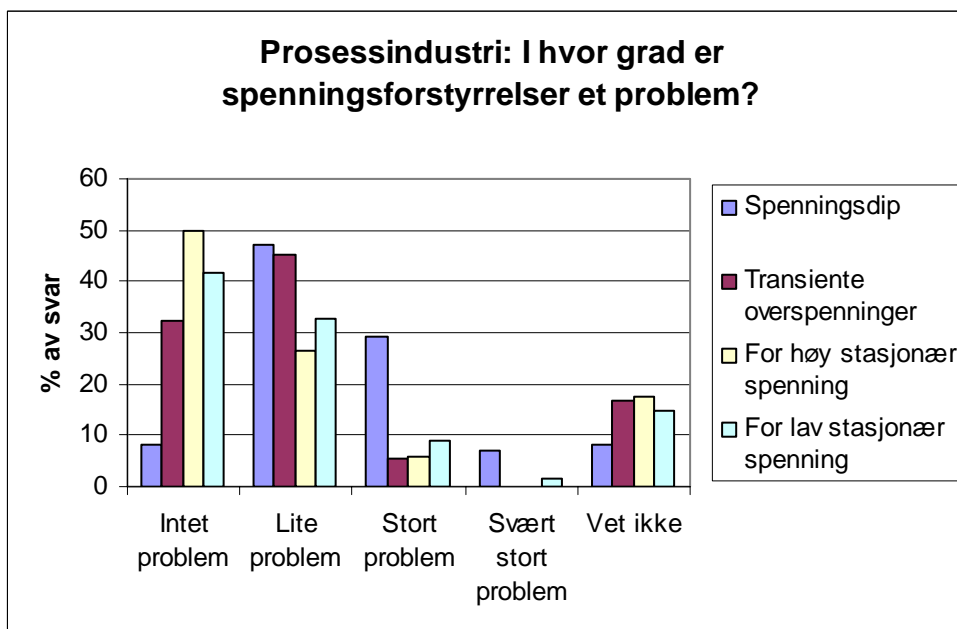
Det fremgår av Figur 1 at funksjonssvikt i EDB- og prosessstyringsanlegg er de symptomer som er oppgitt av flest å ha inntrådt i løpet av siste år.



Figur 2: Generelt om leveringskvalitet: "årsaks-orientert".

De alternativer som har høyest score er:

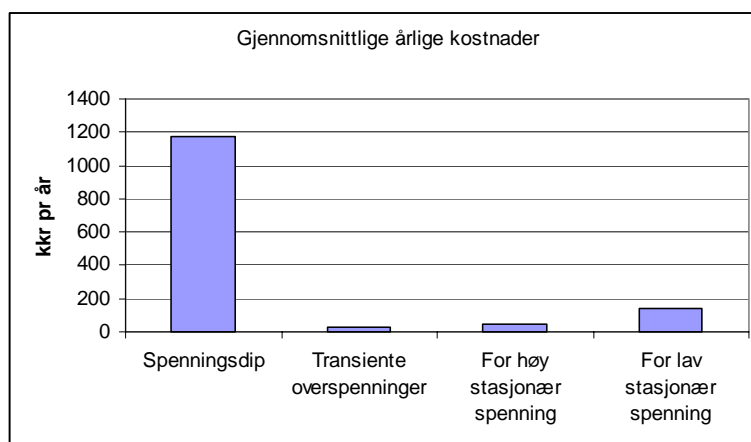
- Kortvarige underspenninger
- Kortvarige overspenninger
- Hurtige spenningsvariasjoner/lysflimrer.



Figur 3: Prosessindustri: I hvor stor grad er spenningsforstyrrelser et problem?

Spenningsdip skiller seg klart ut her; i overkant av 36% av respondentene mener at spenningsdip er et stort eller svært stort problem.

2.3 ÅRLIGE KOSTNADER - PROSESSINDUSTRI



Figur 4: Hva er årlige kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser? Gjennomsnitt pr respondent.

Figur 4 viser en sammenstilling av gjennomsnittlige årlige kostnader for de fenomener der dette er etterspurt. Det viser igjen at spenningsdip er det klart mest dominerende kostnadselementet. Flere detaljer for de enkelte underliggende fordelinger er vist i det følgende:

Tabell 3: Omtrentlige årlige kostnader forbundet med spenningsdip.

Er spenningsdip et problem?	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Lite problem	6	10400,0000	11800,0000	,00	27000,00	10190,19136
Stort problem	13	500000,0000	1574615,3846	50000,00	1000000,00	2822031,22882
Svært stort problem	3	300000,0000	1780000,0000	40000,00	5000000,00	2791630,34802
Total	22	80000,0000	1176400,0000	,00	10000000,00	2414691,95038

Tabell 4: Omtrentlige årlige kostnader forbundet med forbigående overspenninger.

Er forbigående overspenninger et problem?	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Intet problem	5	,0000	,0000	,00	,00	,00000
Lite problem	1	3000,0000	3000,0000	3000,00	3000,00	.
Stort problem	2	100000,0000	100000,0000	100000,00	100000,00	,00000
Total	8	,0000	25375,0000	,00	100000,00	46071,17940

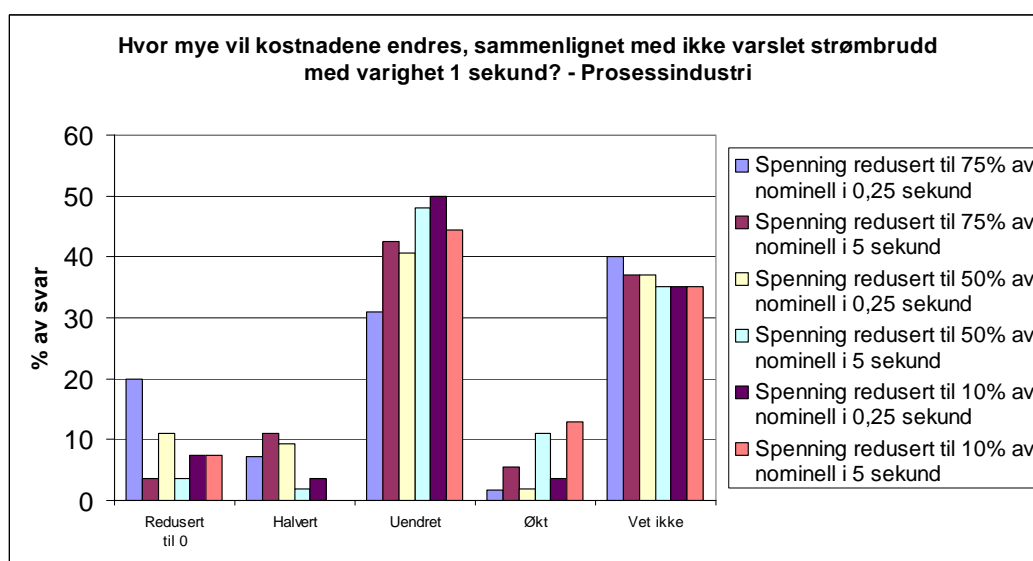
Tabell 5: Omtrentlige årlige kostnader forbundet med for høy stasjonær spenning

Er for høy stasjonær spenning et problem?	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Intet problem	5	,0000	,0000	,00	,00	,00000
Lite problem	1	,0000	,0000	,00	,00	.
Stort problem	1	300000,0000	300000,0000	300000,00	300000,00	.
Total	7	,0000	42857,1429	,00	300000,00	113389,34190

Tabell 6: Omtrentlige årlige kostnader forbundet med for lav stasjonær spenning

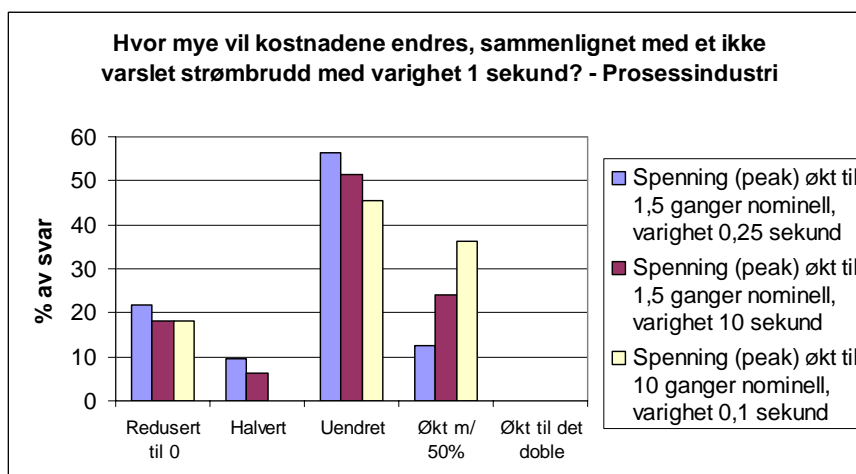
Er for lav stasjonær spenning et problem?	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Intet problem	5	,0000	,0000	,00	,00	,00000
Lite problem	1	,0000	,0000	,00	,00	.
Stort problem	1	1000000,000	1000000,000	1000000,000	1000000,000	.
Total	7	,0000	142857,1429	,00	1000000,00	377964,47301

2.4 KOSTNADER SOM FUNKSJON AV SPENNINGSNIVÅ OG VARIGHET - PROSESSINDUSTRI



Figur 5: Kostnader ved spenningsdip som funksjon av ”dybde” og varighet.

Så mange som 30%-50% (avhengig av scenario) oppgir at kostnader vil være uendret ift kostnadene for et avbrudd med varighet 1 s. Det er imidlertid på sin plass å påpeke at det er en vesentlig andel som har svart ”Vet ikke” (35-40%).



Figur 6: Kostnader ved transiente overspenninger som funksjon av ”høyde” og varighet.

Fremstillingen gir ikke entydig svar, men også her har 45%-55% av respondentene vurdert kostnader forbundet med transiente overspenninger til å være ”uendret” ift et avbrudd med varighet 1 s.

2.5 FØLSOMHET FOR STASJONÆRT SPENNINGS- AVVIK - PROSESSINDUSTRI

Hvordan tolke **Tabell 7** og **Tabell 8**? Et eksempel:

I **Tabell 7** er det vist at av de som anser for høy stasjonær spenning å være ”Intet problem” (2 respondenter), har de oppgitt at problemer oppstår ved hhv 10% og 15%. Gjennomsnittet (”Mean”) blir altså 12,5%.

Tabell 7: Problemer oppstår ved x % for høy stasjonær spenning.

Er for høy stasjonær spenning et problem?	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Intet problem	2	12,50	12,50	10	15	3,536
Lite problem	2	10,00	10,00	10	10	,000
Stort problem	3	10,00	10,00	5	15	5,000
Total	7	10,00	10,71	5	15	3,450

Uavhengig av hvorvidt man anser for høy stasjonær spenning å være et problem (lite eller stort), anslås problemer å oppstå hvis stasjonær spenning overstiger nominell spenning med ca 10%.

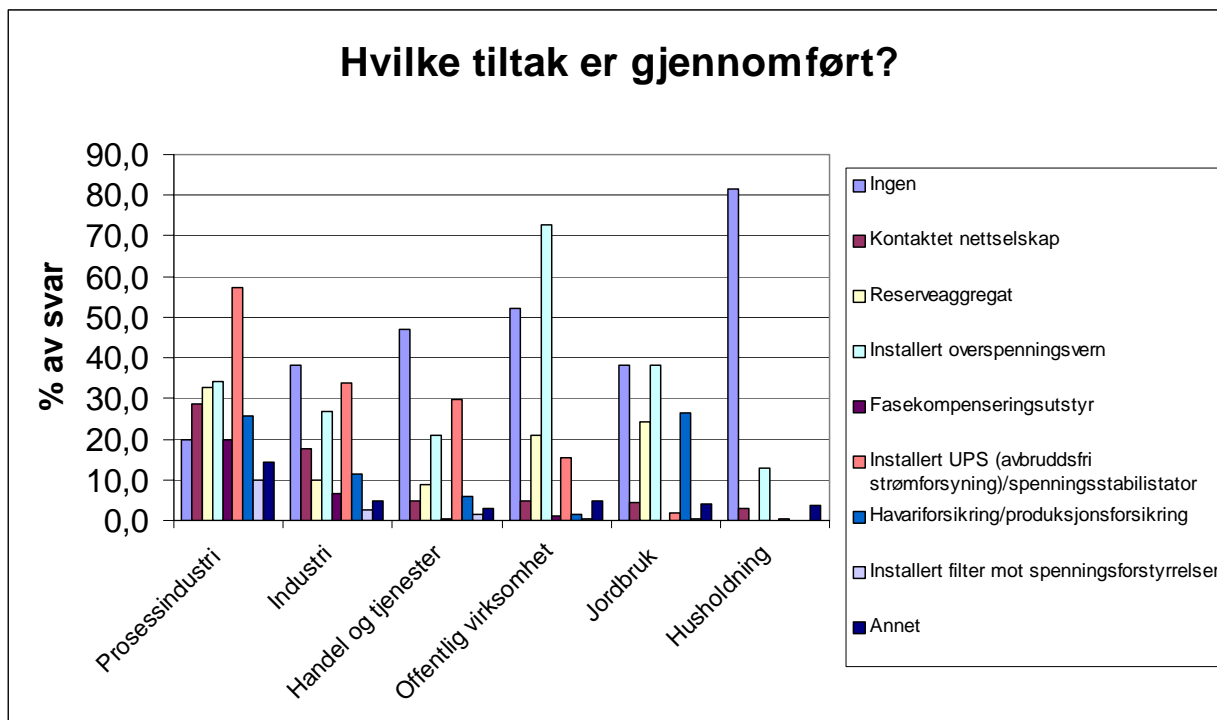
Tabell 8: Problemer oppstår ved x % for lav stasjonær spenning.

Er for lav stasjonær spenning et problem?	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Intet problem	3	10,00	10,67	7	15	4,041
Lite problem	5	15,00	17,00	10	30	8,367
Stort problem	5	10,00	9,80	3	18	5,404
Svært stort problem	1	10,00	10,00	10	10	
Total	14	10,00	12,57	3	30	6,699

Uavhengig av hvorvidt man anser for lav stasjonær spenning å være et problem (lite eller stort), anslås problemer å oppstå hvis stasjonær spenning er mer enn 10-15% lavere enn nominell spenning.

2.6 HVILKE TILTAK ER GJENNOMFØRT?

Figur 7 viser en sammenstilling av hvilke tiltak sluttbrukerne har gjennomført for å redusere konsekvenser av avbrudd og spenningsforstyrrelser.



Figur 7: Hvilke tiltak er gjennomført for å redusere konsekvenser av avbrudd og spenningsforstyrrelser?

Det fremgår at flest respondenter innen Prosessindustri (som forventet) har iverksatt slike tiltak. Nesten 60% av denne gruppen har installert UPS, og i overkant av 30% har installert reserveaggregat og/eller overspenningsvern.

Det er noe overraskende at over 70% innenfor Offentlig virksomhet har installert overspenningsvern. Når det samtidig fremgår at over 50% innen Offentlig virksomhet har krysset alternativet "Ingen tiltak", er det grunn til å stille spørsmål ved kvaliteten på disse svarene.

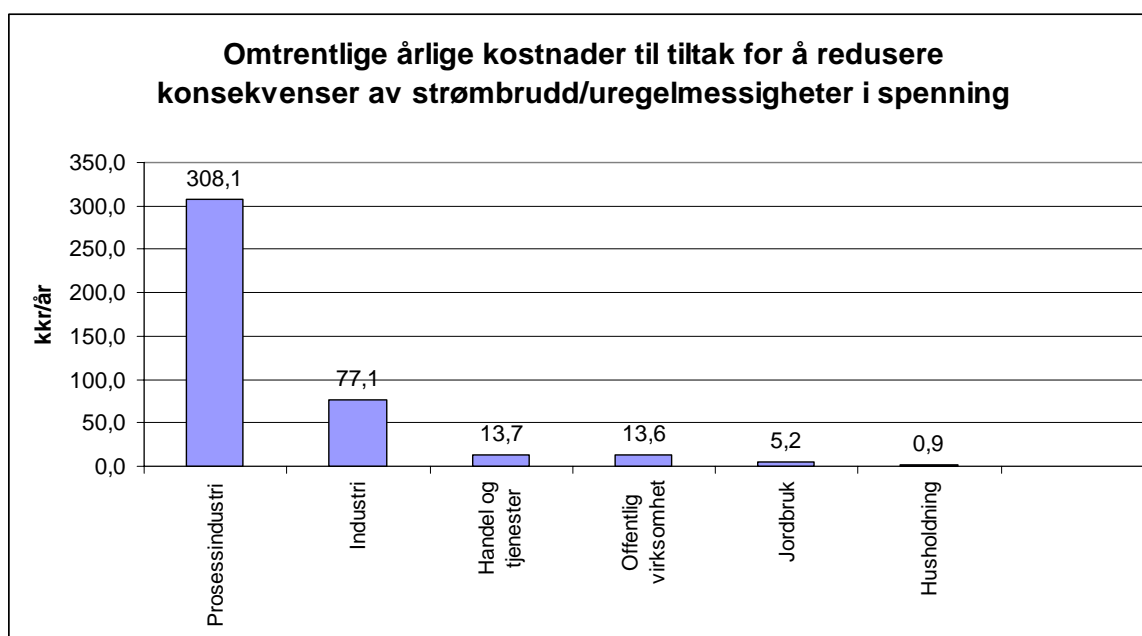
Ser man alle gruppene under ett er det overspenningsvern og UPS som er de tiltak som flest har iverksatt.

Med unntak av Prosessindustri (20%) og Husholdning (80%) er det i størrelsesorden 40% - 50% som oppgir å ikke ha gjennomført noen tiltak.

Tabell 9: Hvilke tiltak er gjennomført?

% av svar	Prosess-industri	Industri	Handel og tjenester	Offentlig virksomhet	Jordbruk	Husholdning
Ingen	20,0	38,3	46,9	52,0	38,0	81,6
Kontaktet nettselskap	28,6	17,5	4,6	4,7	4,3	3,0
Reserveaggregat	32,9	10,1	8,9	20,8	24,3	
Installert overspenningsvern	34,3	26,8	20,9	72,8	38,0	13,0
Fasekompenseringsutstyr	20,0	6,6	0,3	1,0	0,0	
Installert UPS (avbruddsfri strømforsyning)/spenningsstabilisator	57,1	33,8	29,8	15,4	1,8	0,2
Havariforsikring/produksjonsforsikring	25,7	11,5	5,8	1,3	26,3	
Installert filter mot spenningsforstyrrelser	10,0	2,7	1,5	0,3	0,4	
Annet	14,3	4,7	2,8	4,7	4,0	3,6

Figur 8 viser at det som forventet er innenfor Prosessindustri at det i gjennomsnitt brukes mest midler til tiltak for å redusere konsekvenser av strømbrudd og uregelmessigheter i spenningen. For mer detaljer, se Tabell 10.

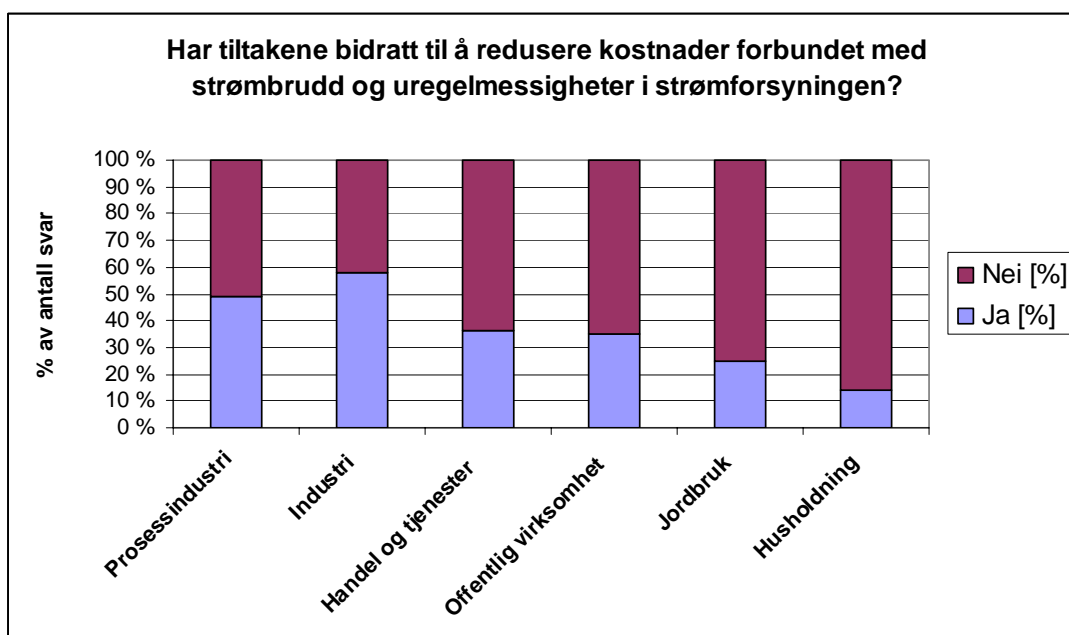


Figur 8: Omtrentlige årlige kostnader til tiltak for å redusere konsekvenser av strømbrudd/uregelmessigheter i spenningen. Gjennomsnitt pr respondent.

Tabell 10: Omtrentlige årlige utgifter til tiltakene.

	N	Median	Mean	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Prosessindustri	17	100000,00	308058,82	0	2000000	545975,328
Industri	112	10000,00	77082,19	0	2000000	306650,985
Handel og tjenester	62	3000,00	13704,85	0	200000	35086,348
Offentlig virksomhet	38	5000,00	13588,82	0	100000	21791,717
Jordbruk	59	2000,00	5194,92	0	30000	7926,373
Husholdning	15	500,00	860,00	100	2000	699,796

2.7 HVA ER EFFEKTEN AV TILTAKENE?



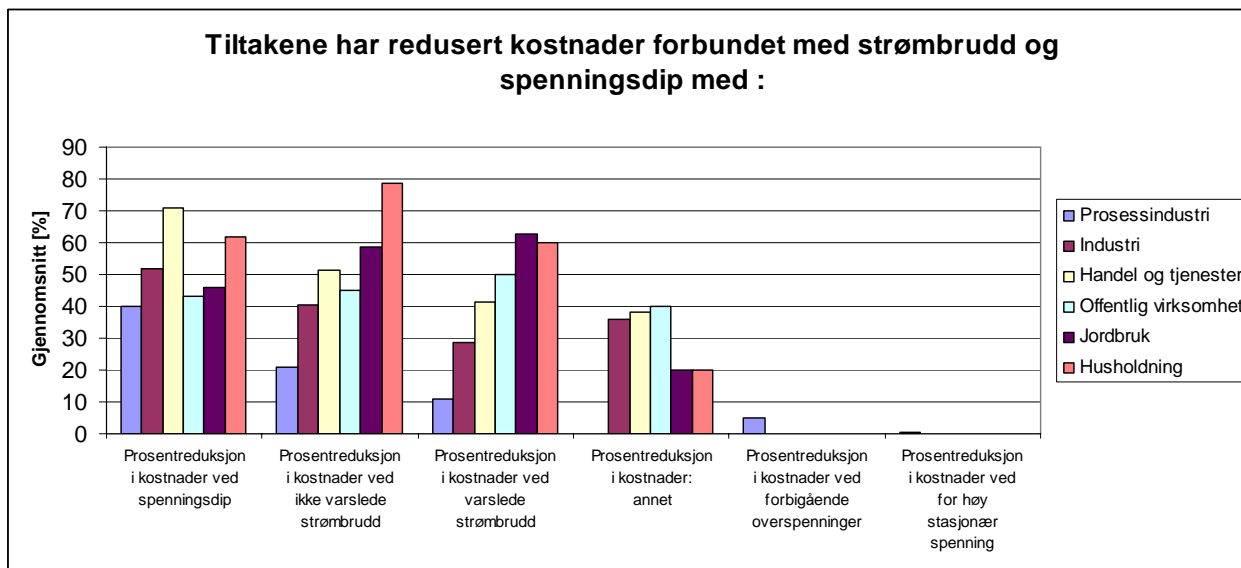
Figur 9: Har tiltakene bidratt til å redusere kostnader forbundet med strømbrudd og uregelmessigheter i strømforsyningen?

Det fremgår av **Figur 9** at gruppene Prosessindustri og Industri i størst grad har opplevd en reell effekt av gjennomførte tiltak.

Tabell 11: Har tiltakene bidratt til å redusere kostnader forbundet med strømbrudd og uregelmessigheter i strømforsyningen?

	Antall svar	Ja [%]	Nei [%]
Prosessindustri	45	49	51
Industri	243	58	42
Handel og tjenester	156	36	64
Offentlig virksomhet	91	35	65
Jordbruk	144	25	75
Husholdning	74	14	86

I Figur 10 er effekten av gjennomførte tiltak vist.



Figur 10: Hva er effekten av tiltakene (% reduksjon i kostnader)?

NB! Det er verdt å ha i mente at det er svært få svar som ligger bak gruppene Prosessindustri og Husholdning (og til dels Jordbruk) på dette spørsmålet. Se detaljer i Tabell 12 til og med Tabell 17.

Det fremgår av Figur 10 at gruppene Prosessindustri, Industri og Handel og tjenester har hatt størst effekt (relativt sett) av tiltakene på kostnader forbundet med spenningsdip, som er redusert med hhv 40%, 52% og 71% for de tre gruppene.

For respondentene innen Jordbruk og Husholdning er dette ikke tilfelle, der er det for hhv varslede strømbrudd (63% reduksjon) og ikke varslet strømbrudd (79%) at tiltakene har hatt størst effekt.

Innenfor Offentlig virksomhet er det mindre variasjon i effekten av tiltakene på de ulike ”fenomener”, 40-50%.

Tabell 12: Prosessindustri, prosent reduksjon i kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Prosent reduksjon i kostnader forbundet med:	Spennings-dip	Ikke varslede strømbrudd	Varslede strømbrudd	Annet	Forbigående over-spenninger	For høy stasjonær spenning	For lav stasjonær spenning
N	11	10	6		6	4	4
Median	50,0	10,0	2,5		3,0	0,0	0,0
Mean	40,2	20,8	10,8		5,2	0,3	0,3
Minimum	2,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Maximum	90,0	90,0	50,0		20,0	1,0	1,0
Std. Deviation	28,3	28,5	19,6		7,6	0,5	0,5

Tabell 13: Industri, prosent reduksjon i kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Prosent reduksjon i kostnader forbundet med:	Spennings-dip	Ikke varslede strømbrudd	Varslede strømbrudd	Annet
N	64	67	41	15
Median	50,0	33,0	10,0	20,0
Mean	51,9	40,6	28,6	36,0
Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum	100,0	100,0	100,0	100,0
Std. Deviation	38,5	33,2	35,5	39,7

Tabell 14: Handel og tjenester, prosent reduksjon i kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Prosent reduksjon i kostnader forbundet med:	Spennings-dip	Ikke varslede strømbrudd	Varslede strømbrudd	Annet
N	26	24	13	2
Median	72,5	50,0	25,0	38,0
Mean	70,8	51,3	41,2	38,0
Minimum	10,0	0,0	0,0	1,0
Maximum	100,0	100,0	100,0	75,0
Std. Deviation	30,0	38,8	38,8	52,3

Tabell 15: Offentlig virksomhet, prosent reduksjon i kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Prosent reduksjon i kostnader forbundet med:	Spennings-dip	Ikke varslede strømbrudd	Varslede strømbrudd	Annet
N	20	26	24	6
Median	50,0	50,0	50,0	30,0
Mean	43,0	45,2	49,8	40,0
Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum	100,0	100,0	100,0	100,0
Std. Deviation	36,6	30,9	33,2	43,4

Tabell 16: Jordbruk, prosent reduksjon i kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Prosent reduksjon i kostnader forbundet med:	Spennings-dip	Ikke varslede strømbrudd	Varslede strømbrudd	Annet
N	6	23	17	2
Median	30,0	50,0	50,0	20,0
Mean	45,8	58,5	62,6	20,0
Minimum	5,0	1,0	25,0	10,0
Maximum	100,0	100,0	100,0	30,0
Std. Deviation	45,0	30,5	29,0	14,1

Tabell 17: Husholdning, prosent reduksjon i kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Prosent reduksjon i kostnader forbundet med:	Spennings-dip	Ikke varslede strømbrudd	Varslede strømbrudd	Annet
N	5	4	4	1
Median	60,0	95,0	57,5	20,0
Mean	62,0	78,8	60,0	20,0
Minimum	20,0	25,0	25,0	20,0
Maximum	100,0	100,0	100,0	20,0
Std. Deviation	30,3	36,1	40,6	.


3 REFERANSER

- 1 Samdal, K., Kjølle, G., Singh, B., Andersen, C:
Forprosjekt: Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser
- Anbefalinger
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2000
TR A5348, ISBN: 82-594-1977-7
- 2 Samdal, K., Heggset, J., Singh, B., Kvitastein, O:
Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.
Avgrensing av prosjektet og definering av fokus for pilotstudie.
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2001
AN 01.12.101
- 3 Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Anbefaling til nye KILE-satser
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2002
Notat, datert 2002-11-06
- 4 Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 1 av 3: Spørreundersøkelse – Metodeunderlag
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
TR A5752, ISBN: 82-594-2417-7 / EBL-K 135-2003
- 5 Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 2 av 3: Spørreundersøkelse – Resultater
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
TR A5754, ISBN: 82-594-2419-3 / EBL-K 136-2003

VEDLEGG 2

AN 03.12.23:

Hvor fleksibelt er sluttbrukeres forbruk?

 SINTEF SINTEF Energiforskning AS Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50 www.energy.sintef.no Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA		<h1 style="text-align: center;">ARBEIDSNOTAT</h1>	
		GJELDER Hvor fleksibelt er sluttbrukeres forbruk?	
		GÅR TIL Referansegruppe Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser. Interesserte	
AN NR.	GRADERING	GJENNOMGÅTT AV	
AN 03.12.23	Åpen	Astrid Petterteig	
ELEKTRONISK ARKIVKODE		FORFATTER(E)	DATO
030221KSa14417		Knut Samdal	2003-04-14
PROSJEKTNR.			ANTALL SIDER
11X210.03		knut.samdal@sintef.no	13
AVDELING		BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS
Energisystemer		Sem Sælandsv. 11	73 59 72 50

Arbeidsnotatet dokumenterer analyserer av hvor fleksibelt sluttbrukeres forbruk er mhp utkobling av delforbruk i effektknapphetssituasjoner.

Dataunderlaget er hentet inn i en landsomfattende spørreundersøkelse, dokumentert i [1-5].

Dette arbeidsnotatet gir en dokumentasjon av forventet likevektspris pr kW og år (v/maksimalt 5 utkoblinger à to timer pr vinter) i et tenkt marked for leveringskvalitet. Metodikken som benyttes er dokumentert i [4].

Konklusjoner:

- Det fremgår av analyseresultatene i kapittel 2 at de tilsynelatende ”billigste” effektpotensialene er romoppvarming og vannoppvarming.
- Med de forutsetninger som her er lagt til grunn er det innenfor Industri og Handel og tjenester at de laveste verdier kommer frem.

Anbefalinger til videre arbeid:

Følgende oppgaver bør vies mer oppmerksomhet:

- Estimering av avbrutt effekt for Husholdning
- Analyse av effektpotensialer for Treforedling og Kraftintensiv industri
- Kost/nytte – analyse av hvilke av disse potensialer det vil være realistisk å inkludere i en ”utkoblingsordning”, gitt kostnader ved installasjon og drift av en slik ordning.
- Analyse av hvilke potensialer som er tilgjengelig for Norge totalt sett (effektmessig), og til hvilken pris.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1	PRISING AV EFFEKT..... V2.5
1.1	Undersøkelsens omfang V2.5
1.2	Spørremetodikk V2.5
1.3	Beregningsmetodikk V2.7
1.4	Sensurering V2.8
2	RESULTATER V2.9
2.1	Husholdning V2.9
2.2	Offentlig virksomhet V2.10
2.3	Jordbruk..... V2.11
2.4	Handel og tjenester..... V2.12
2.5	Industri V2.13
3	KONKLUSJONER V2.14
4	REFERANSER V2.15

1 PRISING AV EFFEKT

1.1 UNDERSØKELSENS OMFANG

Undersøkelsens omfang er vist i tabellen nedenfor:

Respondent type	Husholdning	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri*
Utvalgsstørrelse (antall)	1000	2400	1800	800	800	220
Kilde	DM-Huset Telenor 180	SSB	SSB	SSB	SSB	PIL
Tidspkt (ukenr fra-til)	47-5	47-5	47-5	47-5	47-5	47-5
Telefonkontakt						uke 47 214
Postal (dato)	14/11	16/11	19/11	14/11	28/11	uke 47
1. utsending (antall)	1000	2400	1800	800	800	176
1. purring (dato)	26/11	28/11	27/11	26/11	6/12	6/12
(antall)	832	2248	1684	667	682	130
2. utsendelse (dato)	6/12	12/12	12/12	7/12	9/1	9/1
(antall)	662	1850	1399	520	510	100
2. purring (dato)	10/1	11/1	11/1	10/1		15/1
(antall)	495	1666	1280	383		90
Bortfall (antall)	56	141	122	53	31	0
Reelt utvalg (antall)	944	2259	1678	747	769	176
Svarprosent	45%	27%	25%	43%	45%	45%
Antall svar	425	618	425	321	347	78
Incentiv (antall Flax-lodd)	40			40		

I det følgende rapporteres sluttbrukeres fleksibilitet mhp utkobling av effekt for følgende sluttbrukergrupper:

- Handel og tjenester
- Industri
- Husholdning
- Jordbruk
- Offentlig virksomhet

De analyser som rapporteres i dette notat er basert på de respondenter som har svart på alle de relevante variable: WTA, WTP og aktuelt delforbruks andel av totalt forbruk, der ikke annet er beskrevet.

1.2 SPØRREMETODIKK

Et utdrag fra spørreskjema for Husholdning er vist nedenfor. Tilsvarende spørsmål for de øvrige sluttbrukergrupper er etablert, men med noe forskjellige forbruk (etter en vurdering av hva som

kan forventes realistisk å benytte mhp utkobling av effekt). Spørreskjemaene er i sin helhet å finne som vedlegg i [4].

12a	<p>I enkelte ekstreme situasjoner kan nettselskapet bli tvunget til å redusere leveranser av strøm til sine kunder, for eksempel når det er behov for å dekke kuldetoppene om vinteren. Anta at dette oppstår maksimalt <u>5 ganger</u> i løpet av vinteren (på hverdager).</p>	
	<p><u>Utkobling</u></p>	
	<p>Anta at nettselskapet gir en økonomisk kompensasjon til kunder som blir enige om å redusere forbruket når nettselskapet ber om det.</p>	
	<p>Ordningen fungerer slik at det blir installert utstyr som gjør det mulig for nettselskapet å redusere strømforbruket Deres når situasjonen krever det. De må i så fall unnlate bruk av noen elektriske apparater i et avgrenset tidsrom.</p>	
	<p>Hvilken <u>årlig kompensasjon</u> er passende for at nettselskapet etter behov kan foreta følgende utkoblinger hos Dem? (Husk at De får kompensasjon uavhengig av antall utkoblinger, maksimalt 5 utkoblinger pr vinter.) Sett en ring på skalaen nedenfor:</p>	
	<p>0 kr 200 kr 400 kr 600 kr 800 kr 1000 Mer enn kr 1000</p>	
	<p>Utkobling av varmtvannsbereder fra kl 0800 til 0830</p>	
	<p>Utkobling av varmtvannsbereder fra kl 0800 til 1000</p>	
	<p>Utkobling av all elektrisk romoppvarming fra kl 0800 til 0830</p>	
	<p>Utkobling av all elektrisk romoppvarming fra kl 0800 til 1000</p>	
12b	<p>I enkelte ekstreme situasjoner kan nettselskapet bli tvunget til å redusere leveranser av strøm til sine kunder, for eksempel når det er behov for å dekke kuldetoppene om vinteren. Anta at dette oppstår maksimalt <u>5 ganger</u> i løpet av vinteren (på hverdager).</p>	
	<p><u>Reserveforsyning</u></p>	
	<p>Anta at en reserveforsyning er tilgjengelig som vil kunne opprettholde <u>deler av husstandens elektrisitetsbehov</u> når forbruket må reduseres av nettselskapet.</p>	
	<p>Hvor mye er De villig til å betale <u>per år</u> for å få leveranser som dekker følgende behov selv ved ekstreme situasjoner? (Husk at De må betale uavhengig av hvorvidt ekstreme situasjoner inntreffer, på samme måte som for en forsikring.) Sett en ring på skalaen nedenfor:</p>	
		<p>0 kr 200 kr 400 kr 600 kr 800 kr 1000 Mer enn kr 1000</p>
	<p>Reserveforsyning av varmtvannsbereder fra kl 0800 til 0830</p>	
	<p>Reserveforsyning av varmtvannsbereder fra kl 0800 til 1000</p>	
	<p>Reserveforsyning av all elektrisk romoppvarming fra kl 0800 til 0830</p>	
	<p>Reserveforsyning av all elektrisk romoppvarming fra kl 0800 til 1000</p>	

NB! I dette arbeidsnotatet er kun varigheter 0800-1000 analysert og rapportert.

1.3 BEREGNINGSMETODIKK

Metodikk for å få underlaget på formen kr/kW og år har vært:

1. Basert på respondentens svar: Finn avbrutt effekt for aktuelt delforbruk på referansetidspunktet for alle respondenter:

$$P_{a,i} = a_i * ILE_{ref,i} *$$

der:

- $P_{a,i}$ = avbrutt effekt i kW på referansetidspunktet for delforbruk a hos respondent i .
- a_i = delforbruk a 's andel av totalt årsforbruk hos respondent i
- $ILE_{ref,i}$ = estimert ikke levert energi for et 1 t avbrudd som inntreffer på referansetidspunktet for respondent i

2. Basert på respondentens svar: Finn forventet pris i kroner pr år for utkobling av delforbruk på referansetidspunktet for alle respondenter:

$$m_{a,i} = (wta_{a,i} + wtp_{a,i})/2$$

der:

- $m_{a,i}$ = forventet pris i kr pr år for utkobling av delforbruk a hos respondent i
- $wta_{a,i}$ = willingness-to-accept-estimat for delforbruk a hos respondent i (se spm 12a i eks. fra Husholdning) i kr pr år
- $wtp_{a,i}$ = willingness-to-pay-estimat for delforbruk a hos respondent i (se spm 12b i eks. fra Husholdning) i kr pr år

3. Basert på respondentens svar: Finn forventet *normalisert* pris i kroner pr kW og år for utkobling av delforbruk på referansetidspunktet for alle respondenter:

$$M_{a,i} = m_{a,i}/P_{a,i}$$

der:

- $M_{a,i}$ = forventet pris i kr pr kW og år for utkobling av delforbruk a hos respondent i

I det følgende er dette rapportert for utkobling i tidsrommet 0800-1000, på hverdager, inntil 5 ganger pr vinter.

Spørreskjemaene [4] definerer følgende referansetidspunkt:

Husholdning	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri
Hverdag i januar kl 16.00	Torsdag i januar kl 10.00	Torsdag i januar kl 10.00	Torsdag i januar kl 06.00	Hverdag i januar kl 10.00	Torsdag i januar kl 10.00

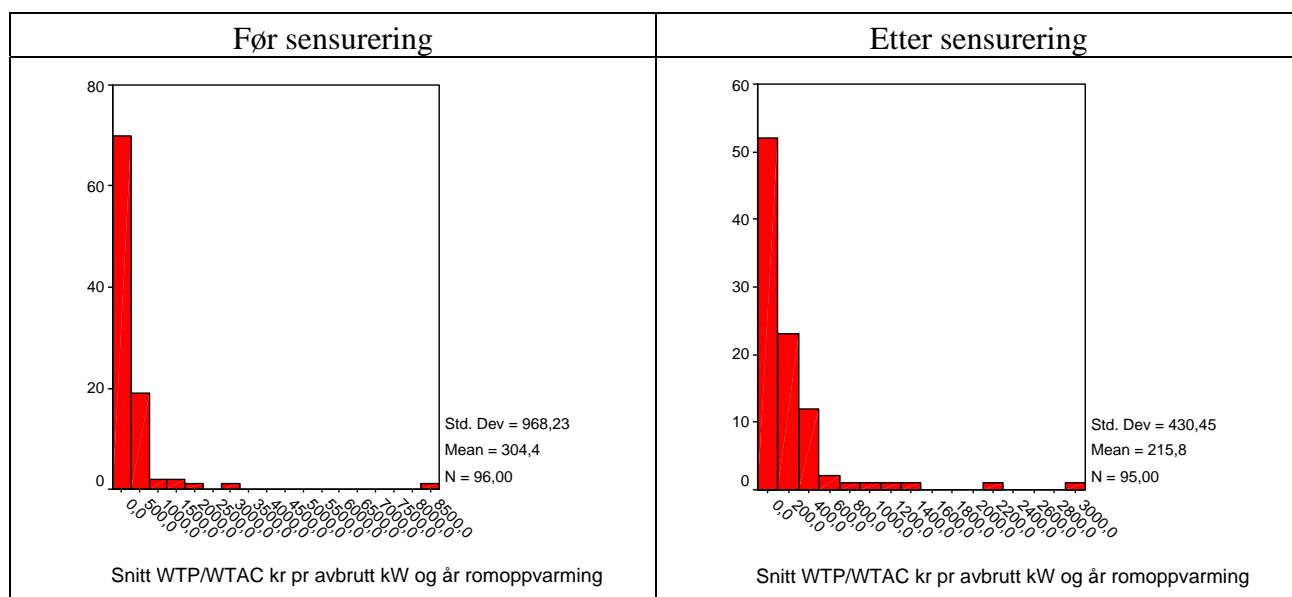
* For Husholdning er ikke denne informasjonen etterspurt.

1.4 SENSURERING

Sensurering er gjennomført for alle fordelinger (av $M_{a,i}$), etter følgende kriterium:

Observasjoner (av $M_{a,i}$) som ligger mer enn 5 ganger standardavvik fra forventningsverdien sensureres bort.

I praksis betyr dette at kun høye verdier sensureres bort*, da fordelingene er svært skjeve (tilnærmet lognormalfordelt). Et eksempel er vist i tabellen under (hentet fra industridatabasen):



* En mer korrekt måte å sensurere på er vist i [4] (som sensurerer i begge halene til en standard normalfordeling)

2 RESULTATER

Tabellen nedenfor viser en sammenstilling av resultater for alle sluttbrukergrupper og delforbruk som er etterspurt:

Alle tall i kr pr kW avbrutt effekt

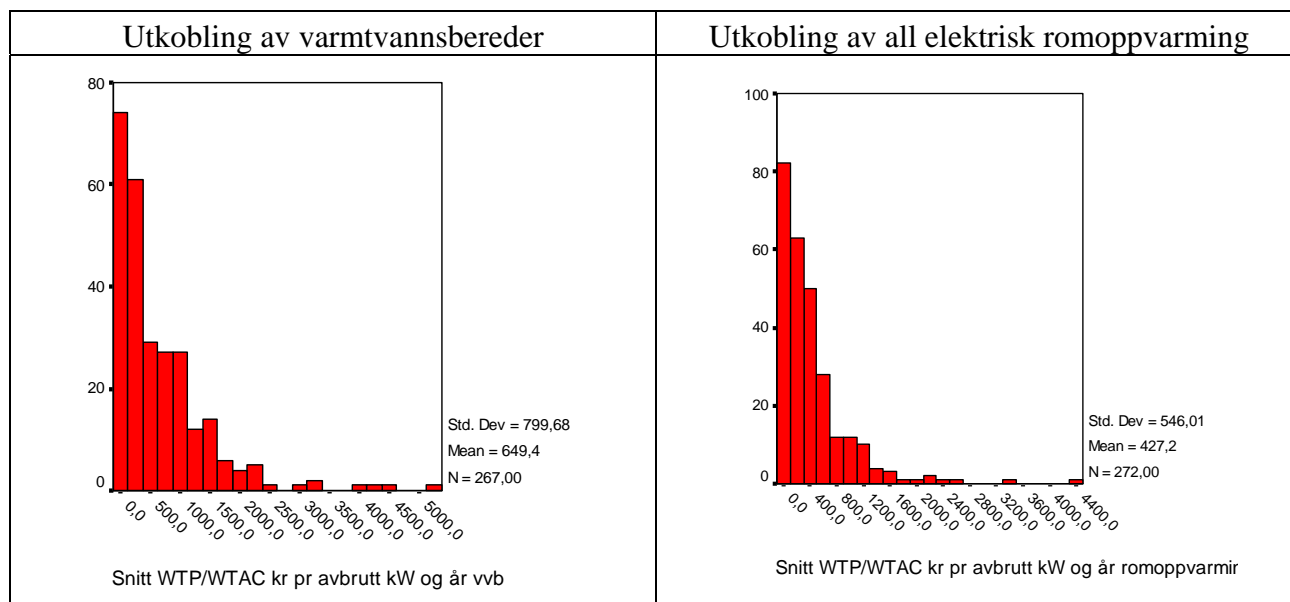
Delforbruk	Rom- oppvarming	Vann- oppvarming	Kjøling og frysing	75% resterende kapasitet	50% resterende kapasitet	Ventila- sjon	Opp- varming	Motordrift	Produk- sjon
Husholdning	427,2 ^a	649,4 ^a							
Offentlig virksomhet	347,4	343,3	2442,7 ^b	129,3	576,9				
Jordbruk						1263,3	372,5	393,1	
Handel og tjenester	254,1	263,7	762,3						
Industri	215,8	233,7	603,1						1078,1

a) Ved beregning av andel av totalt effektuttak til romoppvarming og vannoppvarming er de satt lik hhv 20% og 10% av totalt effektuttak på referansetidspunktet (som ikke er sammenfallende med topplast-scenariotet).

b) Kun 10 observasjoner ligger til grunn for dette estimatet, og det bør ikke tillegges noe vekt.

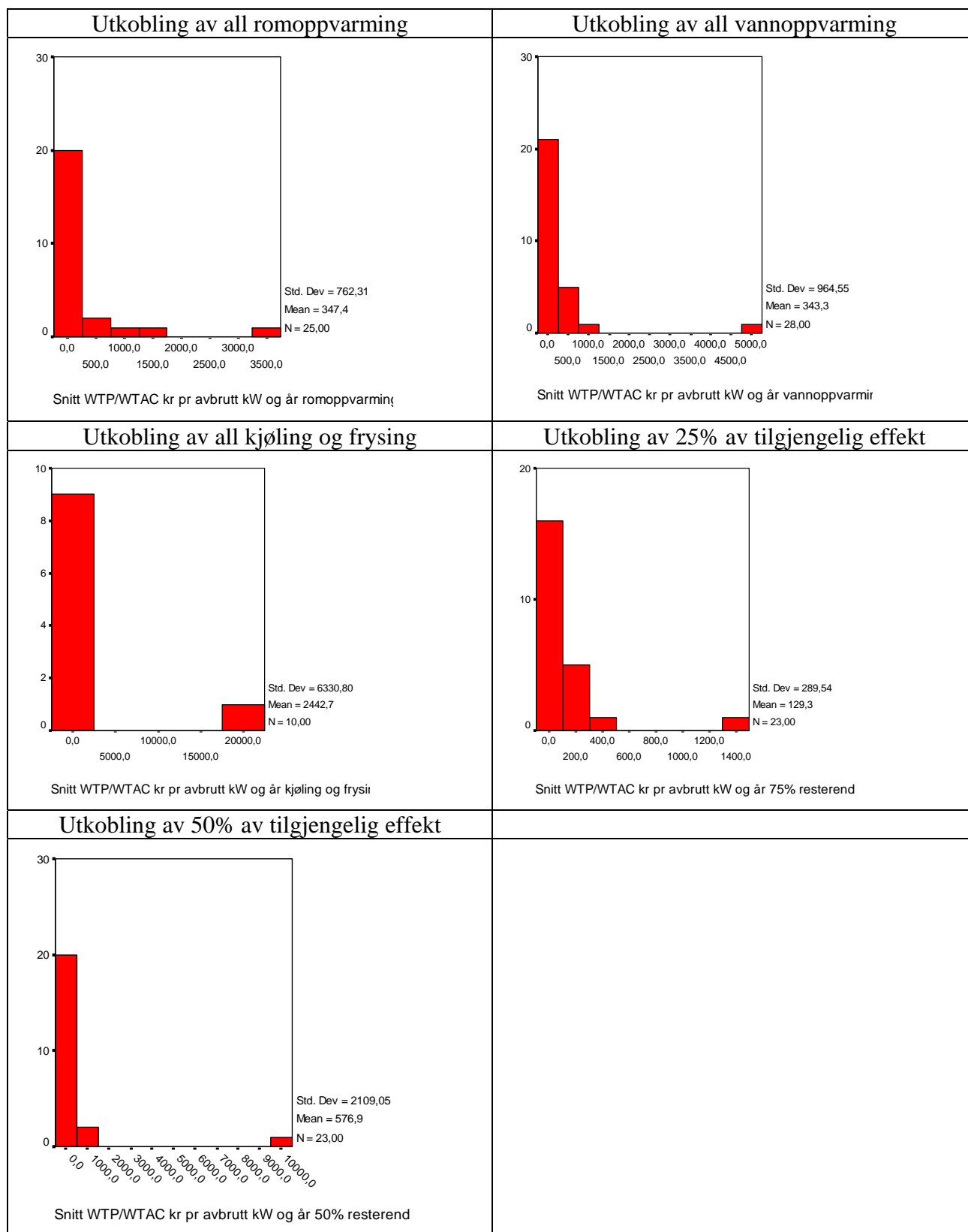
Mer detaljer om de enkelte fordelinger er vist i de følgende kapitler:

2.1 HUSHOLDNING



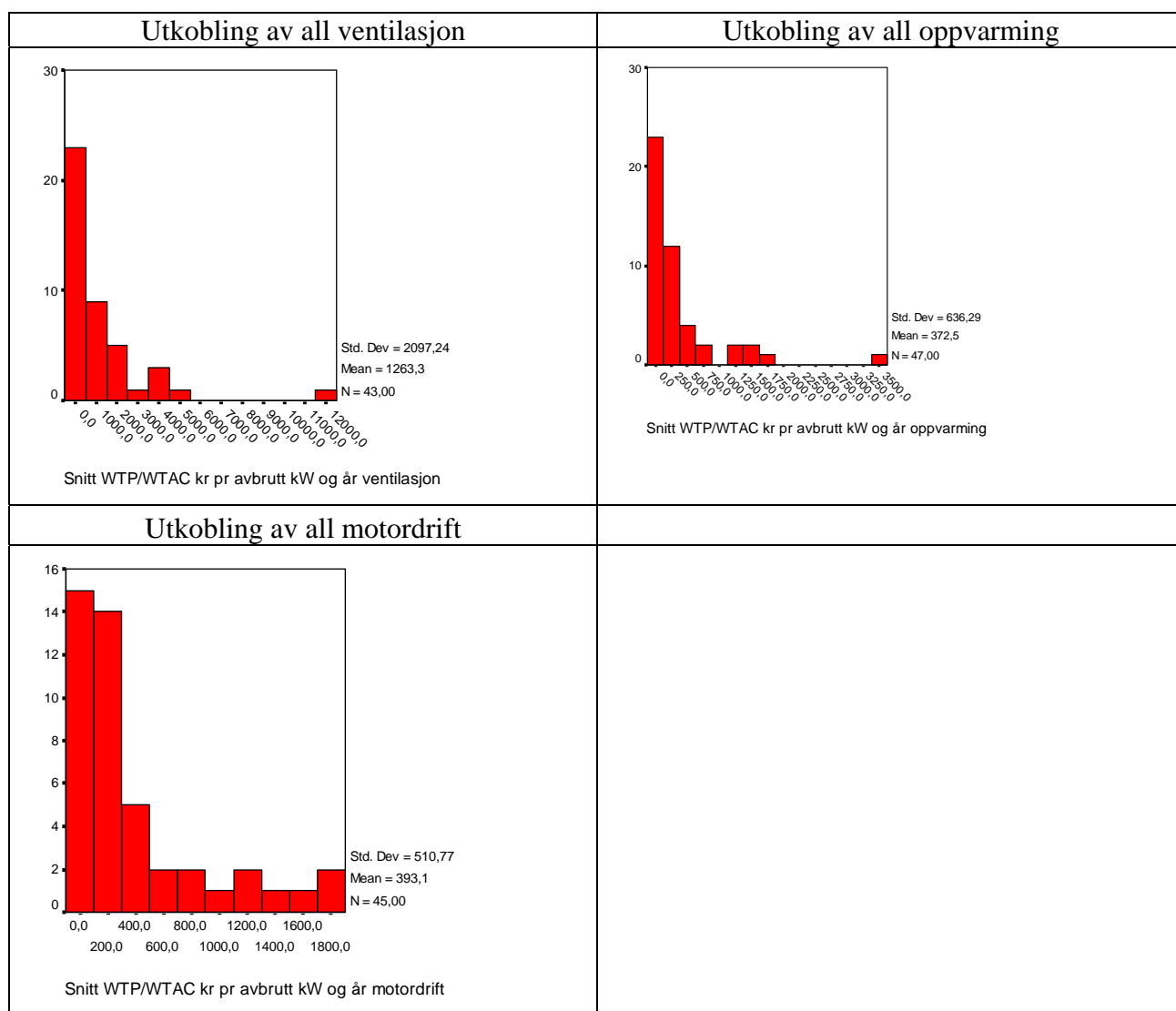
	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Varmtvannsbereder	267	649,4239	365,6040	,00	5280,95	799,68001
Romoppvarming	272	427,2355	275,8264	,00	4345,69	546,01242

2.2 OFFENTLIG VIRKSOMHET



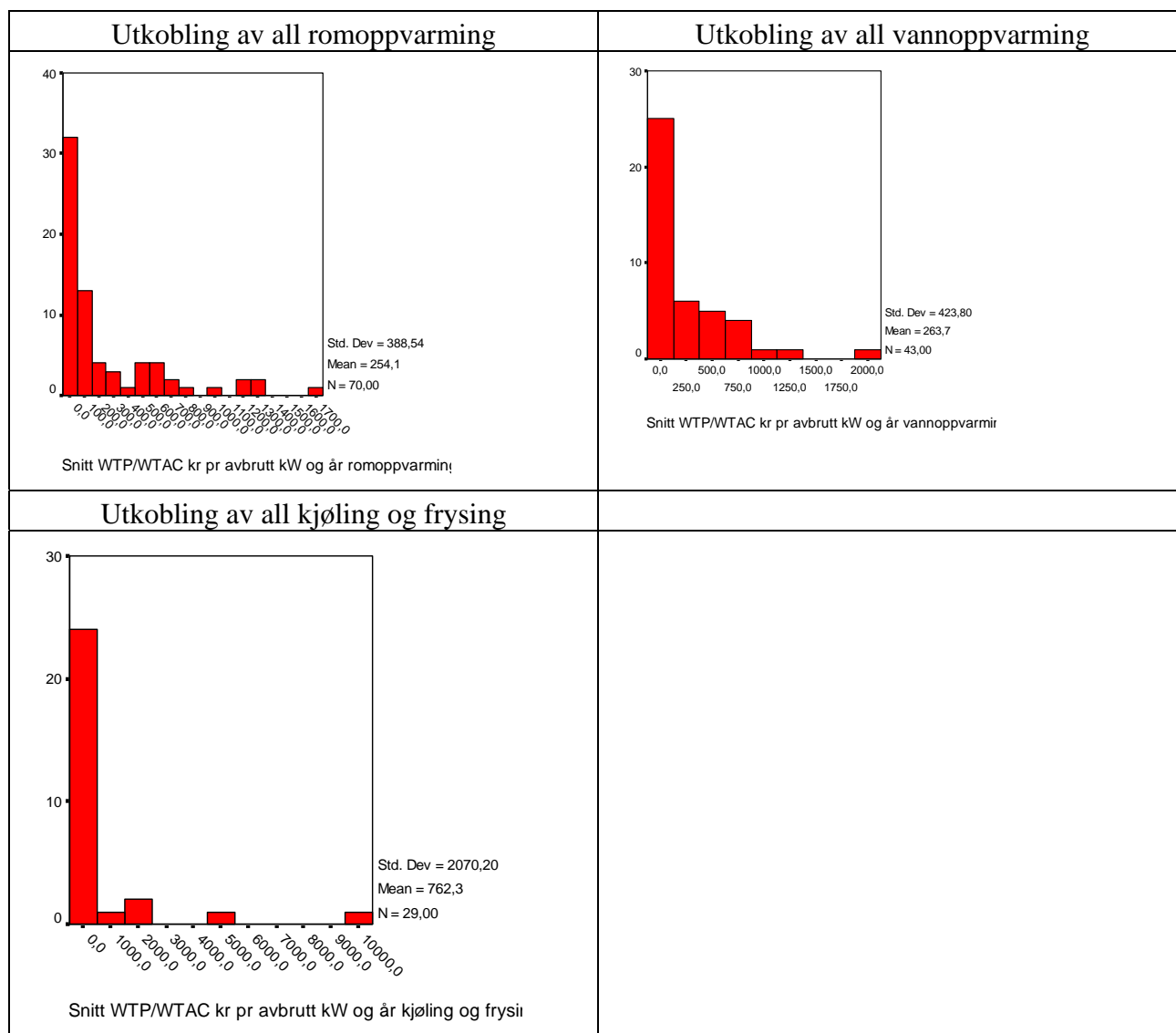
Delforbruk	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Romoppvarming	25	347,3970	121,9387	,00	3511,73	762,30848
Vannoppvarming	28	343,2638	111,3761	,00	5099,44	964,54806
Kjøling og frysing	10	2442,6555	347,5199	,00	20397,76	6330,80243
75% resterende kapasitet	23	129,2879	36,1462	,00	1359,85	289,54463
50% resterende kapasitet	23	576,9403	82,7815	,00	10198,88	2109,05152

2.3 JORDBRUK



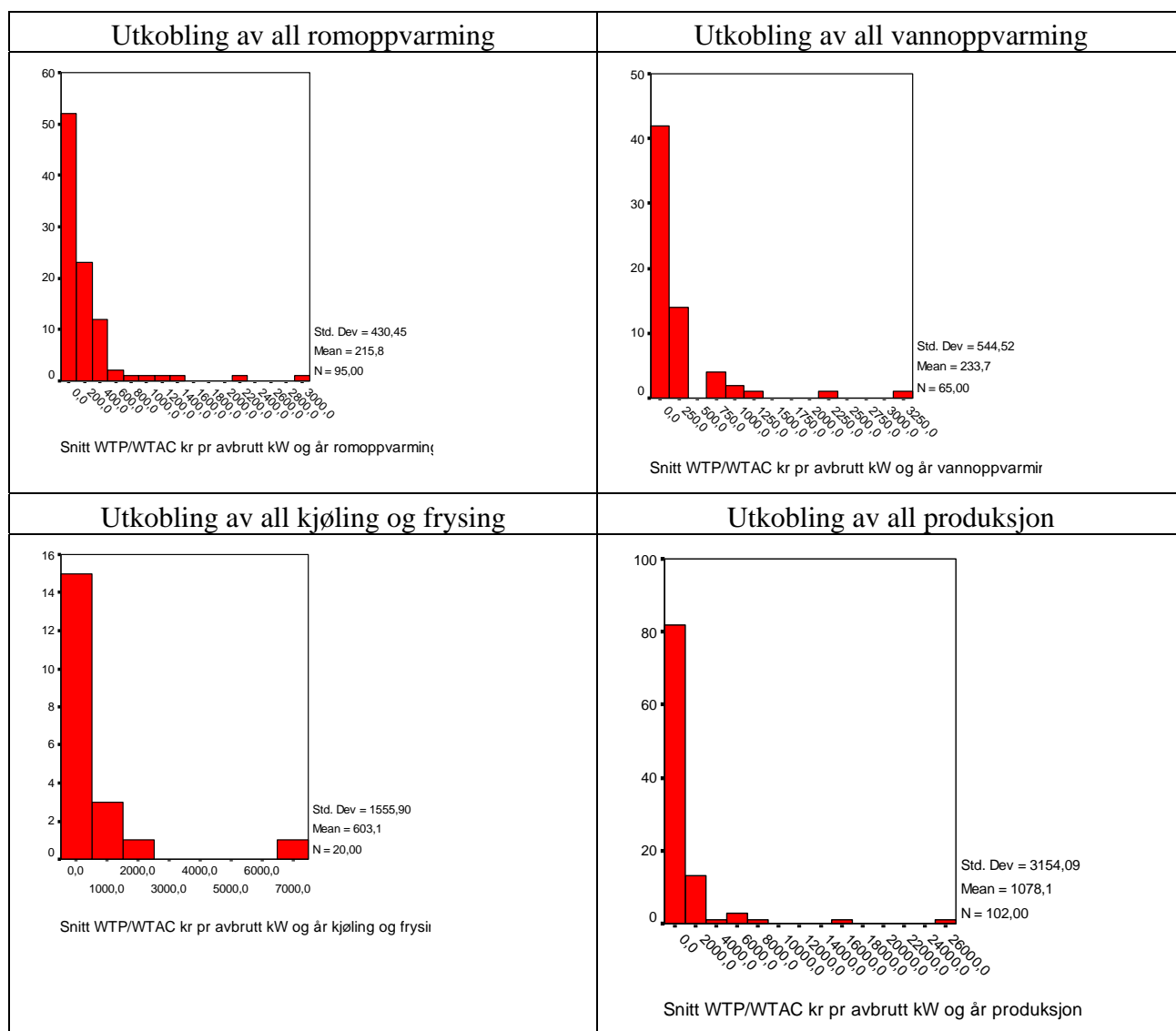
Delforbruk	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Ventilasjon	43	1263,3392	464,4872	,00	11671,73	2097,23695
Oppvarming	47	372,4574	147,5939	,00	3395,64	636,28837
Motordrift	45	393,0632	204,7249	,00	1897,92	510,77361

2.4 HANDEL OG TJENESTER



Delforbruk	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Romoppvarming	70	254,1484	65,7091	,00	1721,75	388,53728
Vannoppvarming	43	263,7382	22,2578	,00	2079,92	423,80055
Kjøling og frysing	29	762,3463	31,2154	,00	10016,03	2070,19962

2.5 INDUSTRI

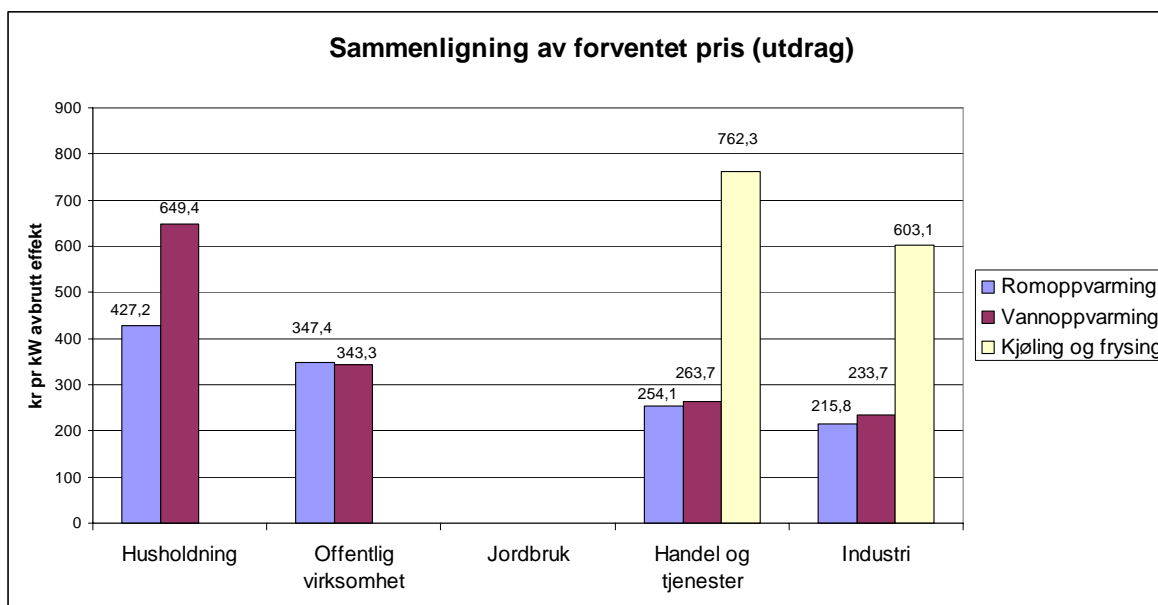


Delforbruk	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Deviation
Romoppvarming	95	215,8053	61,3422	,00	2953,87	430,45198
Vannoppvarming	65	233,7166	1,7149	,00	3355,11	544,52026
Kjøling og frysing	20	603,0837	97,7851	,00	6941,55	1555,89748
Produksjon	102	1078,1197	269,1685	,00	25506,20	3154,08949

3 KONKLUSJONER

De viktigste konklusjonene i dette arbeidsnotatet er:

- Det fremgår av analyseresultatene i kapittel 2 at de tilsynelatende ”billigste” effektpotensialene er romoppvarming og vannoppvarming.
- Med de forutsetninger som her er lagt til grunn er det innenfor Industri og Handel og tjenester at de laveste verdier kommer frem.



Det er imidlertid viktig å presisere at beregning av avbrutt effekt for husholdningsrespondentene er beregnet på en forenklet form*.

Anbefaling til videre arbeid:

Følgende oppgaver bør vies mer oppmerksomhet:

- Estimering av avbrutt effekt for Husholdning
- Analyse av effektpotensialer for Treforedling og Kraftintensiv industri
- Kost/nytte – analyse av hvilke av disse potensialer det vil være realistisk å inkludere i en ”utkoblingsordning”, gitt kostnader ved installasjon og drift av en slik ordning.
- Analyse av hvilke potensialer som er tilgjengelig for Norge totalt sett (effektmessig), og til hvilken pris.

* Ved beregning av andel av totalt effektuttak til romoppvarming og vannoppvarming er de satt lik hhv 20% og 10% av totalt effektuttak på referansetidspunktet (som ikke er sammenfallende med topplast-scenariotet).

4 REFERANSER

- 1 Samdal, K., Kjølle, G., Singh, B., Andersen, C:
Forprosjekt: Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser - Anbefalinger
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2000
TR A5281, ISBN: 82-594-1903-3
- 2 Samdal, K., Heggset, J., Singh, B., Kvitastein, O:
Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser. Avgrensning av prosjektet og
definering av fokus for pilotstudie.
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2001
AN 01.12.101
- 3 Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Anbefaling til nye KILE-satser
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2002
Notat, datert 2002-11-06
- 4 Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 1 av 3: Spørreundersøkelse – Metodeunderlag
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
TR A5752, ISBN: 82-594-2417-7 / EBL-K 135-2003
- 5 Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 2 av 3: Spørreundersøkelse – Resultater
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
TR A5754, ISBN: 82-594-2419-3 / EBL-K 136-2003

VEDLEGG 3

AN 03.12.74:

**Kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser som funksjon
av tidspunkt og varighet.**

 SINTEF SINTEF Energiforskning AS Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50 www.energy.sintef.no Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA		<h1>ARBEIDSNOTAT</h1>	
		Kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser som funksjon av tidspunkt og varighet	
		GÅR TIL Referansegruppe for prosjektet Kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser Interesserte	
AN NR.	GRADERING	GJENNOMGÅTT AV	
AN 03.12.74	Åpen	Knut Samdal	
ELEKTRONISK ARKIVKODE		FORFATTER(E)	DATO
030909GKj104530		Gerd H Kjølle	2003-11-12
PROSJEKTNR.			ANTALL SIDER
12X279.04		gerd.kjolle@sintef.no	49
AVDELING		BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS
Energisystemer		Sem Sælands v 11	73 59 72 50

Sammendrag:.

Spørreundersøkelsen (SNF, SINTEF Energiforskning) viser at kostnaden (i kroner) forbundet med avbrudd i gjennomsnitt over året reduseres til dels betydelig i forhold til kostnaden referert et tidspunkt i januar. Den største reduksjonen finnes innenfor kategoriene Husholdning og Offentlig, der kostnaden reduseres med hhv 32 % og 50 % i gjennomsnitt. Variasjonen i kronebeløp med tidspunkt for avbrudd følger ikke belastningsvariasjonen proporsjonalt. Dette medfører at også den spesifikke kostnaden i kr/kWh til dels har en betydelig variasjon. For Husholdning er f eks den **spesifikke** kostnaden i snitt over året 36 % høyere enn på referansetidspunktet.

Dersom en ikke tar hensyn til at spesifikk kostnad varierer med tidspunkt vil kostnaden i kroner underestimeres for de fleste sluttbrukergruppene. Dette betyr at bruk av de konstante KILE-satsene som er referert et tidspunkt i januar, underestimerer kostnaden for langvarige avbrudd. For Norge totalt underestimeres kostnaden med ca 155 mill kr (16 %). Underestimeringen av årlige avbruddskostnader motvirkes til en viss grad av at KILE-satsene (som gjelder for en gjennomsnittlig avbruddsvarighet) er noe høyere enn om det tas hensyn til fordelingen av avbruddsvarigheten.

Feil- og avbruddsstatistikken viser at det er relativt sett flere avbrudd på hverdager enn helgedager og innenfor arbeidstid (kl 08 – 16) enn utenfor. Særlig gjelder dette avbrudd pga planlagte utkoplinger. Det er undersøkt hvordan dette vil virke inn på den årlige kostnaden for de ulike sluttbrukergruppene. Samvariasjonen mellom kostnad, antall avbrudd og varighet viser seg å ha relativt stor betydning for enkelte grupper ved **planlagte utkoplinger**. For Norge totalt har dette imidlertid mindre betydning. Disse analysene har vist at mesteparten av variasjonen både på landsbasis og innenfor de ulike gruppene kan ivaretas ved å benytte **spesifikke kostnader i gjennomsnitt over året** i stedet for konstante satser (KILE) som gjelder for et tidspunkt i januar.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1	INNLEDNING V3.5
2	ANBEFALTE KILE-SATSER V3.6
3	KOSTNADER SOM FUNKSJON AV TIDSPUNKT V3.7
3.1	HVA SPØRREUNDERSØKELSEN GIR SVAR PÅ DIREKTE V3.7
3.2	SPESIFIKK KOSTNAD SOM FUNKSJON AV TIDSPUNKT V3.7
3.2.1	Spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året..... V3.11
3.2.2	Spesifikk kostnad på vilkårlig tidspunkt..... V3.12
3.2.3	Konsekvenser for KILE..... V3.13
3.3	RELATIV KOSTNADSVARIASJON KONTRA RELATIV LASTVARIASJON V3.14
4	SAMVARIASJON MELLOM KOSTNAD OG TIDSPUNKT FOR LANGVARIGE AVBRUDD V3.17
5	KOSTNADER VED AVBRUDD SOM FUNKSJON AV VARIGHET V3.24
6	REFERANSER V3.27
7	VEDLEGG 1 - RELATIV VARIASJON I KOSTNAD OG BELASTNING V3.29
8	VEDLEGG 2 – KOSTNADENS OG STRØMFORBRUKETS FORDELING PÅ ULIKE FORMÅL V3.32
9	VEDLEGG 3 – VARIASJON I ANTALL OG VARIGHET AV AVBRUDD V3.38
10	VEDLEGG 4 – KORRELASJONSFAKTORER OG TIDSVARIASJON V3.47

1 INNLEDNING

Dette notatet viser resultater av analyser av spesifikke kostnader som funksjon av tidspunkt og varighet. Analysene er gjennomført i prosjektet Kostnader forbundet med strømbrydd og spenningsforstyrrelser.

Hensikten med analysene har vært å finne svar på hvilken betydning det har:

- For den spesifikke kostnaden å ta hensyn til at kostnaden i kroner og belastningen i kWh/h varierer over året, uka og døgnet? Resultater er oppsummert i kap. 2 – 3.
- For den totale kostnaden (eks. KILE) å ikke ta hensyn til dette? Resultater er oppsummert i kap 3.
- Å ta hensyn til samvariasjonen med når avbrydd inntreffer og tilsvarende med variasjonen i avbryddvarigheten? Resultater er oppsummert i kap. 4
- Å ta hensyn til varigheten av avbrydd for den spesifikke kostnaden ved langvarige avbrydd. Resultater er oppsummert i kap. 5.

I 2000 gjennomførte SINTEF Energiforskning en analyse av tilsvarende spørsmål der det ble gjort en sammenlikning med de foreslåtte KILE-satsene [1]. Analysene var den gang basert på datagrunnlaget fra den forrige spørreundersøkelsen i 1989 – 1991 [7-9] og tidligere data fra belastningsdatabasen. Konklusjonene fra analysene i 2000 [1] viste at bruk av konstante KILE-satser referert et tidspunkt i januar, underestimerer den årlige avbryddskostnaden.

Analysene presentert i dette notatet er gjennomført med utgangspunkt i datagrunnlaget fra den nye spørreundersøkelsen [2, 3]. Det er benyttet de samme belastningsdataene som for de ulike sluttbrukergruppene i spørreundersøkelsen, og disse tilsvarer dataene som benyttes i FASIT til estimering av ikke levert energi (ILE) [4].

2 ANBEFALTE KILE-SATSER

Spørreundersøkelsen [2, 3] gir resultater for spesifikke kostnader i kr/kW avbrutt effekt eller kr/kWh ikke levert energi for hhv spenningsforstyrrelser eller kortvarige avbrudd, og langvarige avbrudd. De spesifikke kostnadene har et noe forskjellig referansetidspunkt for de ulike sluttbrukergruppene. Referansetidspunktet er en hverdag i januar, på noe ulike tidspunkt på døgnet. I tabell 8-5 i [3] er det gitt anbefaling til KILE-satser som skal gjelde fra 2003. Disse er senere avrundet til hele kr/kWh av NVE (se f eks www.nve.no). KILE-satsene er beregnet for en gjennomsnittlig avbruddsvarighet for hhv ikke varslede og varslede avbrudd. Tabellen gjengis her:

Tabell 2-1: Anbefaling til nye KILE-satser. Seks sluttbrukergrupper. Kostnadsnivå januar 2002.

Sluttbrukergruppe	NVE/SSB-nr	Ikke varslet avbrudd (1,3 timer) kr/kWh	Varslet avbrudd (2,85 timer) kr/kWh
Industri	7, 8, 27	66,4	46,0
Handel & Tjenester	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20	98,8	68,4
Jordbruk	21, 22	14,8	10,3
Husholdning	23	8,4	7,4
Offentlig	17, 18, 19	12,8	9,7
Treforedling og Kraftintensiv industri*	1, 2, 3, 4, 5, 6	13,3	10,6

*) Treforedling: gruppe 21.1 og deler av 20.20 ihht Standard for næringsgruppering (SN94). Kraftintensiv industri: gruppene 24.1, 27.1, 27.3, 27.421 og 27.43-45.

3 KOSTNADER SOM FUNKSJON AV TIDSPUNKT

3.1 HVA SPØRREUNDERSØKELSEN GIR SVAR PÅ DIREKTE

I kapittel 3 i [3] er det også rapportert hvordan kostnadene varierer med tidspunkt avbrudd inntreffer på. Respondentene ble spurt om relativ endring i kostnaden i forhold til kostnaden på referansetidspunktet. Et eksempel på hva det er spurt om gjengis nedenfor, fra spørreskjemaet til Husholdning:

”Ta utgangspunkt i utgiftene forbundet med et strømbrydd som oppstår uten varsel kl 16.00 en vanlig hverdag i januar”... ” og gi omtrentlig anslag på endringen i utgifter dersom avbrudd oppstod i en annen årstid, ukedag, tid på døgnet.”

Det er altså spurt om endringen i kostnad kun for ikke varslede avbrudd. **I disse analysene forutsettes at den relative variasjonen som respondentene har oppgitt også gjelder for spenningsforstyrrelser og varslede avbrudd.**

Fra spørreundersøkelsen kjenner vi altså absolutt kostnad (i kroner) på et vilkårlig tidspunkt, men gitt som tre relative profiler (se fig. 3-1 til 3-6):

- K_m/K_{ref} – Relativ kostnad hvis avbruddet skjer i en annen måned enn januar
- K_d/K_{ref} – Relativ kostnad hvis avbruddet skjer på en annen ukedag enn torsdag/hverdag
- K_h/K_{ref} – Relativ kostnad hvis avbruddet skjer på et annet tidspunkt enn f.eks. kl 10

Det forutsettes her at disse profilene er uavhengige av hverandre. Relativ kostnad på et vilkårlig tidspunkt (måned m , ukedag d i time h) kan da finnes på følgende måte:

$$\frac{K_{m,d,h}}{K_{ref}} = \frac{K_m}{K_{ref}} \cdot \frac{K_d}{K_{ref}} \cdot \frac{K_h}{K_{ref}}$$

der

$K_{m,d,h}/K_{ref}$ = relativ kostnad i måned m , på ukedag d , i time h

K_m/K_{ref} = relativ kostnad i måned m , gitt fra spørreundersøkelsen

K_d/K_{ref} = relativ kostnad på ukedag d , gitt fra spørreundersøkelsen

K_h/K_{ref} = relativ kostnad i time h , gitt fra spørreundersøkelsen

3.2 SPESIFIKK KOSTNAD SOM FUNKSJON AV TIDSPUNKT

Spesifikk kostnad på et vilkårlig tidspunkt kan videre finnes ved å beregne relativ lastvariasjon. Metoden er beskrevet i rapporten ”Data om avbruddskostnader. Fra spørreundersøkelser til spesifikke kostnader” (TR A4755) [5] og i en artikkel [6]. Belastningsvariasjonen er beregnet for hver enkelt respondent i spørreundersøkelsen i form av tre profiler som for kostnaden i kr. Det er benyttet generelle lastkurver som beskrevet i FASIT kravspesifikasjonen [4] og i del 1 av

rapporten [2]. Gjennomsnittlig relativ lastvariasjon pr sluttbrukergruppe er videre beregnet ut fra de individuelle lastvariasjonene.

Relativ belastning i en vilkårlig time er gitt ved:

$$\frac{P_{m,d,h}}{P_{ref}} = \frac{P_m}{P_{mid}} \cdot \frac{P_d}{P_{mid}} \cdot \frac{P_h}{P_{mid}} \cdot \frac{P_{mid}}{P_{ref}}$$

der

$P_{m,d,h}/P_{ref}$ = relativ belastning i måned m, på ukedag d, i time h

P_{ref} = belastningen på referansetidspunktet i kWh/h

P_{mid} = midlere belastning over året = årlig levert energi/8760 i kWh/h

P_m/P_{mid} = relativ belastning i måned m ($1/12 \sum P_m/P_{mid} = 1.0$), referert årsmiddel

P_d/P_{mid} = relativ belastning på ukedag d ($1/7 \sum P_d/P_{mid} = 1.0$), referert årsmiddel

P_h/P_{mid} = relativ belastning i time h ($1/24 \sum P_h/P_{mid} = 1.0$), referert årsmiddel

P_{mid}/P_{ref} = forholdet mellom midlere belastning over året og belastning på ref.tidspkt.

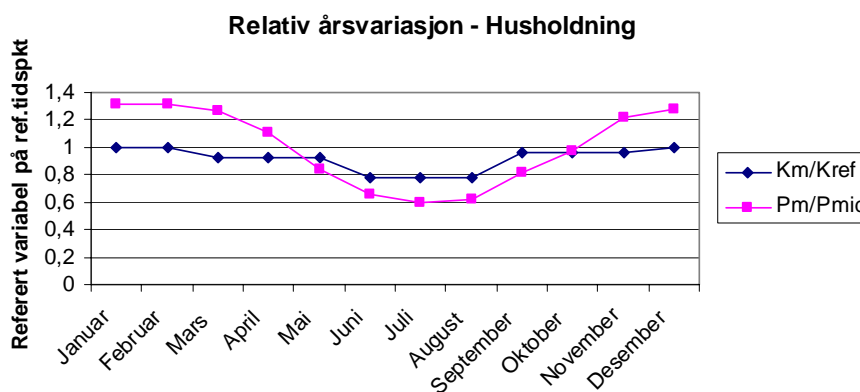
Spesifikk kostnad på vilkårlig tidspunkt blir da:

$$\frac{k_{ILEm,d,h}}{k_{ILEref}} = \frac{\frac{K_{m,d,h}}{P_{m,d,h}}}{\frac{K_{ref}}{P_{ref}}}$$

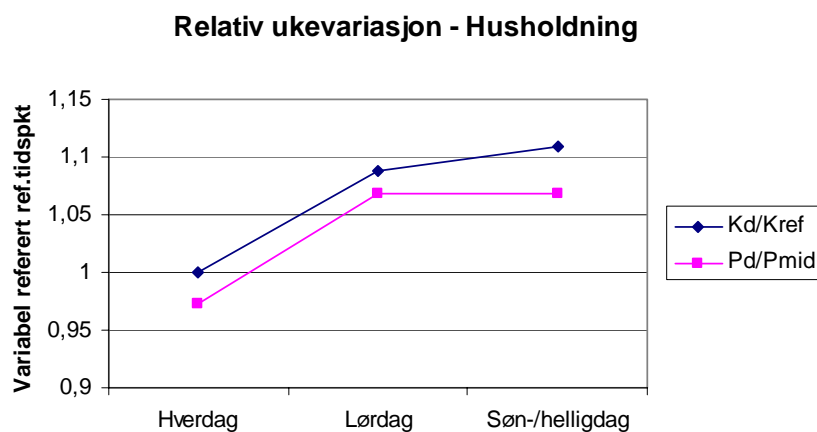
der

$k_{ILEm,d,h}/k_{ILEref}$ = relativ spesifikk kostnad i måned m, på ukedag d, i time h

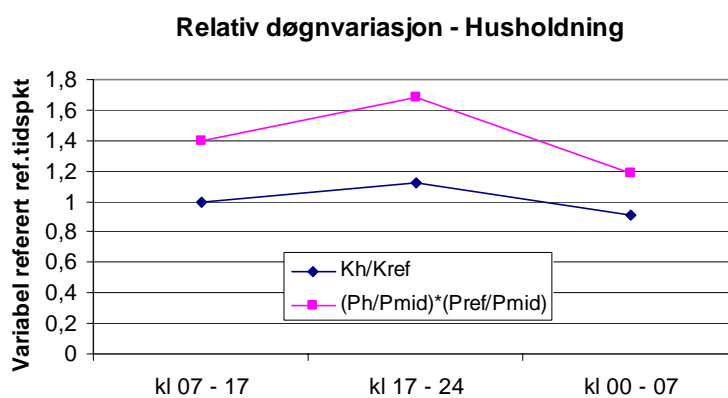
I figurene 3-1 til 3-6 nedenfor er de tre profilene sammenstilt for relativ kostnad og relativ belastning for kategoriene Husholdning og Industri. Legg merke til at referansen er forskjellig for de forskjellige faktorene i likningene for kostnads- og lastvariasjon.



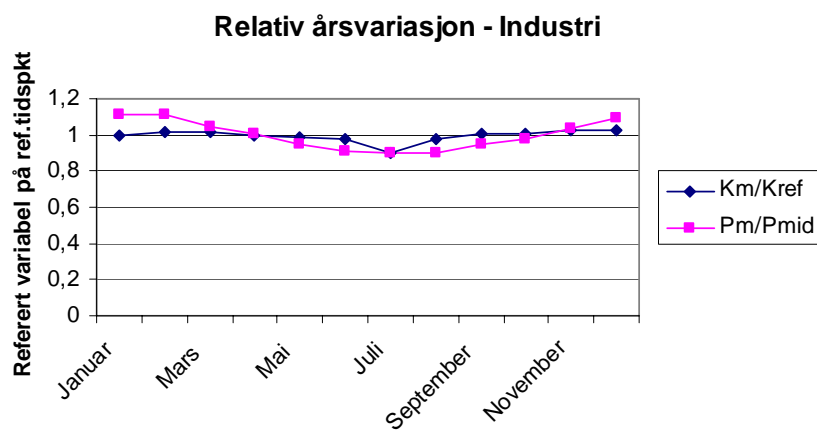
Figur 3-1 Relativ årsvariasjon i kronebeløp og belastning – Husholdning



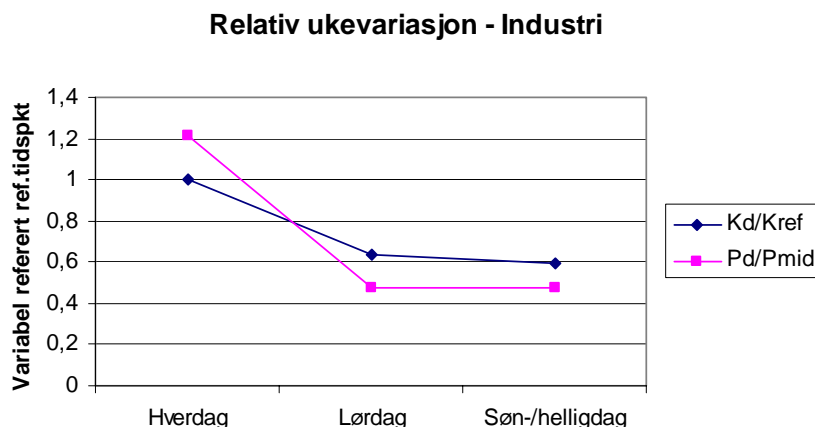
Figur 3-2 Relativ ukevariasjon i kronebeløp og belastning – Husholdning



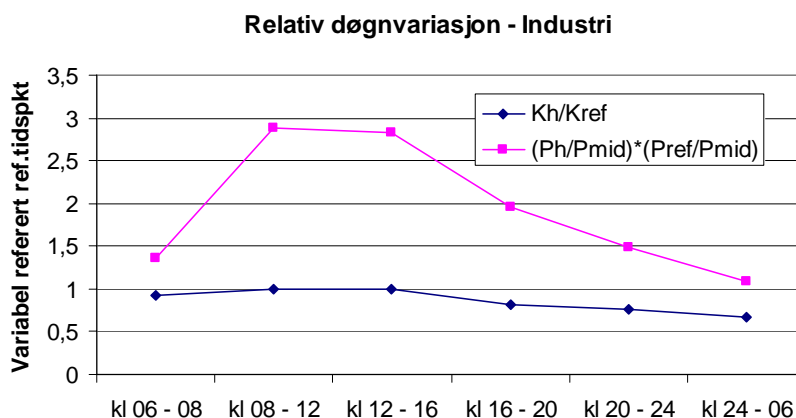
Figur 3-3 Relativ døgnvariasjon i kronebeløp og belastning – Husholdning



Figur 3-4 Relativ årsvariasjon i kronebeløp og belastning – Industri



Figur 3-5 Relativ ukevariasjon i kronebeløp og belastning – Industri



Figur 3-6 Relativ døgnavariasjon i kronebeløp og belastning – Industri

Figurene 3-1 til 3-6 viser at den relative lastvariasjonen fra tidspunkt til tidspunkt er større enn den relative kostnadsvariasjonen. For Husholdning er forskjellen størst over året, mens den for Industri er størst over døgnet. Dersom kostnad og belastning varierte ”i takt” med samme relative avvik fra referansen, ville den spesifikke kostnaden være konstant uansett tidspunkt. Disse figurene tyder på at så ikke er tilfelle. Hva dette betyr for den spesifikke kostnaden i gjennomsnitt over året er vist i det følgende.

3.2.1 Spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året

Spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året kan uttrykkes som følger:

$$k_{ILE} = \frac{k_{ILEref} \cdot f_K}{P_{mid} / P_{ref}}$$

der

k_{ILE} = gjennomsnittlig spesifikk kostnad over året i kr/kWh

f_K = relativ absolutt kostnad over året = $(K_m/K_{ref} \cdot K_d/K_{ref} \cdot K_h/K_{ref})$

Eksempler:

Husholdning:

Spesifikk kostnad for 1 times avbrudd er beregnet til 8,6 kr/kWh på referansetidspunktet. Relativ absolutt kostnad over året, f_K , er lik 0,96, dvs 4 % reduksjon. Gjennomsnittlig belastning over året i forhold til belastning på referansetidspunktet er lik 0,70. Dette settes inn i likningen ovenfor, og gjennomsnittlig spesifikk kostnad over året kan beregnes til 11,7 kr/kWh (+36 %).

Industri:

Spesifikk kostnad for 1 times avbrudd er beregnet til 70,5 kr/kWh på referansetidspunktet. Relativ absolutt kostnad over året, f_K , er lik 0,74, dvs 26 % reduksjon. Gjennomsnittlig belastning over året i forhold til belastning på referansetidspunktet er lik 0,52. Dette settes inn i likningen ovenfor, og gjennomsnittlig spesifikk kostnad over året kan beregnes til 99,6 kr/kWh (+41 %).

I tabell 3-1 er det sammenstilt verdier for relativ endring i kostnaden i kr og belastning med spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året.

Tabell 3-1: Relativ endring i kronebeløp, belastning og spesifikk kostnad. Gjennomsnitt over året

Sluttbrukergruppe	% avvik i kronebeløp i gj.snitt over året i forhold til referanse-tidspunktet	Gjennomsnittlig belastning over året referert til belastning på referanse-tidspunktet, i %	% avvik i spesifikk kostnad i gj. snitt over året i forhold til referanse-tidspunktet
Industri	-26,0	-48,0	41,0
Handel & Tjenester	-32,3	-41,0	15,1
Jordbruk	-9,8	3,0	-12,4
Husholdning	-4,0	-30,0	36,2
Offentlig	-50,0	-48,0	-3,3
Prosessindustri*	-6,1	-39,0	54,5

*) Det har ikke vært mulig å framstille slik informasjon for gruppene Treforedling og Kraftintensiv industri, kun for Prosessindustri som var en gruppe i selve spørreundersøkelsen.

De gjennomsnittlige spesifikke kostnadene over året ligger altså i størrelsesorden 15 – 40 % over spesifikke kostnad på referansetidspunktet, med unntak for Jordbruk og Offentlig der spesifikke kostnad i gjennomsnitt over året er noe lavere enn på referansetidspunktet. For Industri og Prosessindustri er gjennomsnittlig spesifikke kostnad beregnet til å være hhv 41 % og 54,5 % høyere enn på referansetidspunktet. Det er den relativt store lastvariasjonen for disse to gruppene i som gir utslaget. Se tabell 3-1. For alle gruppene er det benyttet generelle lastkurver basert på belastningsdatabasen hos SINTEF Energiforskning. Dette er de samme lastkurvene som brukes i FASIT til å estimere ikke levert energi og KILE, se [3, 4]. Lastkurvene for industri-kategoriene anses imidlertid å være de minst representative generelt sett ettersom dette er lite homogene grupper. Særlig for gruppen Prosessindustri antas det at belastningen har mindre variasjon over året enn det som framgår av tabellen. Dette innebærer også at den spesifikke kostnaden over året generelt sett, antas å ha mindre avvik fra referansetidspunktet enn disse beregningene viser.

3.2.2 Spesifikk kostnad på vilkårlig tidspunkt

Det er vist foran at spesifikke kostnad (relativ verdi) på et vilkårlig tidspunkt kan beregnes slik:

$$\frac{k_{ILEm,d,h}}{k_{ILEref}} = \frac{\frac{K_{m,d,h}}{K_{ref}}}{\frac{P_{m,d,h}}{P_{ref}}}$$

De relative kostnads- og belastningsfaktorene som inngår i likningen er ikke vist her men framgår av vedlegg 1. I det følgende vises et par eksempler på betydningen av å ta hensyn til tidspunkt.

Eksempel, Husholdning:

Et avbrudd som skjer i januar med varighet 1 time fører til ILE lik 10 kWh. Avbruddskostnaden blir da:
10 kWh · 8,6 kr/kWh = 86,0 kr

Hvis avbruddet skjedde i juli i stedet ville ILE bli redusert til 60 % pga lavere belastning (se vedlegg 1):
10 kWh · 0,60 = 6,0 kWh

Det gir en spesifikke kostnad i juli lik (se faktorer i vedlegg 1):
 $k_{ILEj} = 8,6 \text{ kr/kWh} \cdot 0,78 \cdot 1/0,60 = 11,2 \text{ kr/kWh}$, dvs 30 % høyere enn på referansetidspunktet

Det gir en avbruddskostnad i juli lik:
6,0 kWh · 11,2 kr/kWh = 67,2 kr, som er 22 % lavere enn i januar

Dersom vi benyttet samme spesifikke kostnad i juli som i januar (8,6 kr/kWh) ville avbruddskostnaden bli beregnet til 51,6 kr, mao **underestimert med ca 23 %**.

Eksempel på konsekvenser i forhold til KILE, Industri:

For en industri-bedrift gir et ikke varslet avbrudd en hverdag i januar kl 10 ikke levert energi lik 1000 kWh. KILE-sats for Industri: 66 kr/kWh.

Det gir KILE lik $1000 \text{ kWh} \cdot 66 \text{ kr/kWh} = 66\,000 \text{ kr}$

I gjennomsnitt over året vil ett avbrudd gi følgende KILE med dagens ordning:

ILE: $1000 \text{ kWh} \cdot (1-0,48) = 520 \text{ kWh}$ (hensyn tatt til lastreduksjon, bruker Pmid/Pref)

KILE: $520 \text{ kWh} \cdot 66 \text{ kr/kWh} = 34\,320 \text{ kr}$

Hvis vi tar hensyn til at spesifikk kostnad varierer med tidspunkt og forutsetter at tilsvarende avbrudd har samme sannsynlighet for å inntre på en vilkårlig ukedag, måned og tid på døgnet, vil kostnaden bli:

KILEny: $520 \cdot 66 \text{ kr/kWh} \cdot f_K \cdot \text{Pref}/\text{Pmid} = 520 \cdot 66 \text{ kr/kWh} \cdot 0,74 \cdot 1/0,52 = 48\,840 \text{ kr}$

Mao: Slik KILE i dag er utformet vil vi underestimere avbruddskostnaden for denne industribedriften med ca 30 % $(= (1-34320/48840) \cdot 100 \%)$

3.2.3 Konsekvenser for KILE

Eksemplene foran viser at dersom en ikke tar hensyn til at spesifikk kostnad er en funksjon av tidspunkt, vil kostnaden underestimeres. Hva ville KILE-satsene bli dersom vi tok hensyn til dette? KILE-satser i gjennomsnitt over året er vist i tabell 3-2 for ikke varslede og varslede avbrudd, med relativ endring i % i forhold til gjeldende KILE-satser:

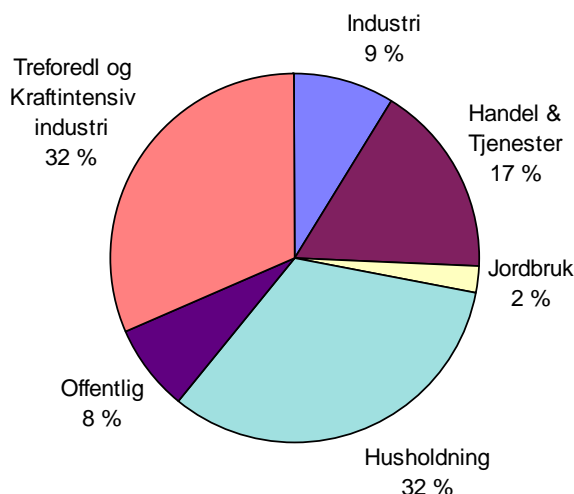
Tabell 3-2: KILE-satser referert ref.tidspkt og i gjennomsnitt over året

Sluttbrukergruppe	Ikke varslede avbrudd		Varslede avbrudd	
	KILE-satser som gjelder fra 01.01.03 i kr/kWh	KILE-satser i gj. snitt over året kr/kWh	KILE-satser som gjelder fra 01.01.03 i kr/kWh	KILE-satser i gj. snitt over året kr/kWh
Industri	66	93 (+41 %)	46	65 (+41 %)
Handel & Tjenester	99	114 (+15 %)	68	78 (+15 %)
Jordbruk	15	13 (-13 %)	10	9 (-10 %)
Husholdning	8	11 (+ 38 %)	7	10 (+43 %)
Offentlig	13	12 (- 8 %)	10	10 (0 %)
Treforedling og Kraftintensiv industri*	13	13 (uendret)	11	11 (uendret)
Gjennomsnitt for Norge	31,0	36,9 (+19 %)	22,4	26,7 (+19 %)

*) Det har ikke vært mulig å framstille slik informasjon for gruppene Treforedling og Kraftintensiv industri, kun for Prosessindustri som var en gruppe i selve spørreundersøkelsen.

I tabellen er det også vist gjennomsnittlige satser for Norge. Disse er beregnet på basis av de opprinnelig anbefalte KILE-satsene (som NVE i etterkant har avrundet – i tabell 3-2) og fordelingen av levert energi som vist i figuren under. I gjennomsnitt over året ligger satsene for Norge 19 % høyere enn gjennomsnittet referert januar.

Fordelingen av levert energi i Norge (2001)



Figur 3-7 Fordelingen av levert energi i Norge i 2001, totalt 110,7 TWh.

ILE pr år i snitt for årene 1996 – 2001 var 29155 MWh totalt for Norge, der 63 % skyldtes ikke varslede og 37 % skyldtes varslede avbrudd. Det gir følgende årlige KILE-kostnad med satser i gjennomsnitt over året:

$$36,9 * 29155000 * 0,63 + 26,7 * 29155000 * 0,37 = 967 \text{ mill kr}$$

Årlig KILE-kostnad med satser referert januar er tidligere beregnet til 810 mill kr [3], basert på de anbefalte KILE-satsene i tabell 2-1.

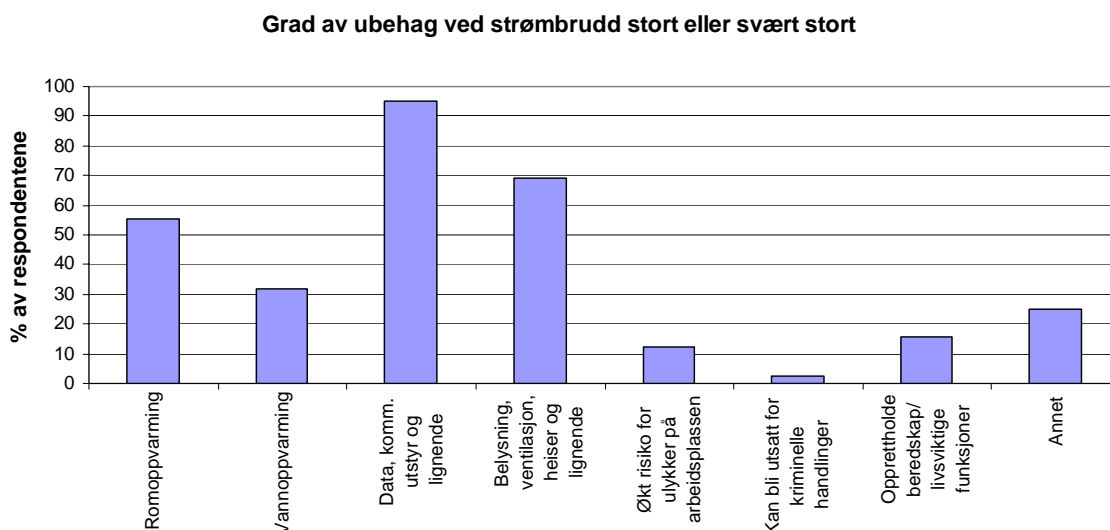
Konklusjon:

Bruk av konstante KILE-satser referert et tidspunkt i januar underestimerer kostnaden for langvarige avbrudd med 16 %, i snitt for Norge. Dette tilsvarer et beløp på ca 155 mill kr pr år.

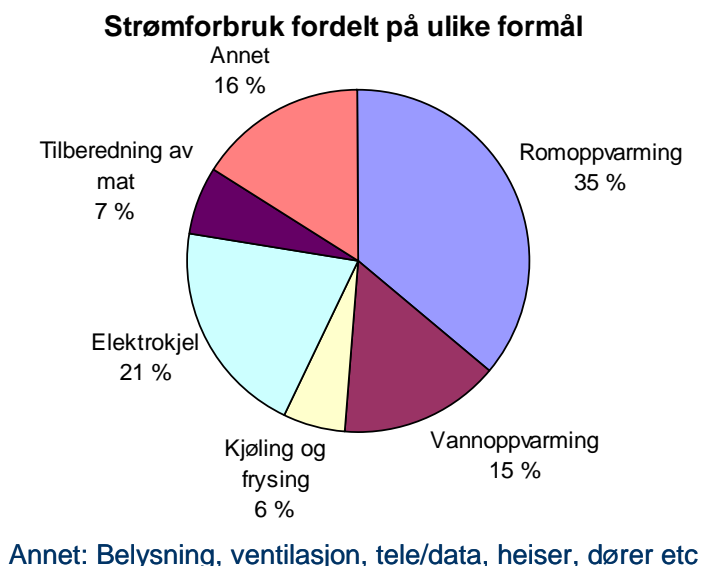
3.3 RELATIV KOSTNADSVARIASJON KONTRA RELATIV LASTVARIASJON

I kapitlene foran er det vist at den spesifikke kostnaden ikke er konstant over året og at dette henger sammen med at kostnaden i kroner og belastningen ikke er direkte proporsjonale. Selv om belastningen i perioder av året eller døgnet er vesentlig lavere enn på referansetidspunktet, betyr ikke det nødvendigvis at kostnaden ved avbrudd eller spenningsforstyrrelser reduseres tilsvarende.

Hva kan være årsaken til dette? I spørreundersøkelsen ble det spurt om hvordan kostnaden fordeler seg på ulike formål i bedriftene. Ved å sammenholde denne fordelingen med fordelingen av elektrisitetsforbruket på ulike formål, kan vi få en pekepinn om sammenhengene mellom kostnad og belastning. For gruppene Husholdning og Offentlig ble det spurt om grad av ubehag og vansker ved strømbrudd. Nedenfor er det som eksempler vist hvordan kostnaden fordeler seg for hhv gruppene Offentlig og Handel & Tjenester.



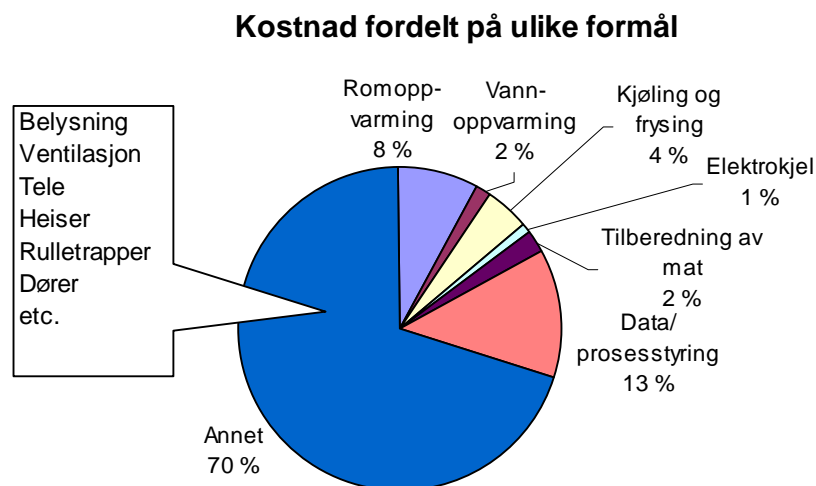
Figur 3-8 Grad av ubehag og vansker ved strømbrudd – Offentlig. NB! Summen er større enn 100 % fordi to spørsmål er slått sammen i svarfordelingen i figuren.



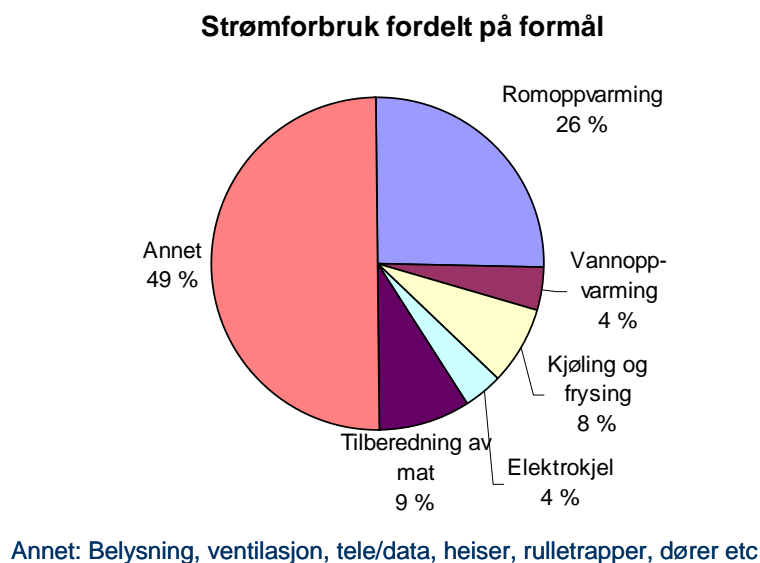
Figur 3-9 Elektrisitetsforbruk fordelt på ulike formål – Offentlig

Blant respondentene fra offentlig sektor har mer enn 90 % svart at grad av ubehag ved strømbrudd er stort eller svært stort for data- og kommunikasjonsutstyr og lignende, mens 70 % har svart det samme for belysning, ventilasjon, heiser med mer. Ser vi på fordelingen av strømforbruket inngår disse formål i gruppen Annet som står for kun 16 %.

Tilsvarende figurer for Handel & Tjenester viser at 70 % av kostnaden er knyttet til belysning, ventilasjon, tele, heiser, rulletrapper, dører osv., og 13 % til data/prosesstyring, mens strømforbruket til tilsvarende formål står for 49 %.



Figur 3-10 Kostnad ved strømbrydd fordelt på ulike formål – Handel & Tjenester



Figur 3-11 Elektrisitetsforbruk fordelt på ulike formål – Handel & Tjenester

Tilsvarende figurer for de øvrige sluttbrukergruppene er vist i vedlegg 2. Figurene viser altså at avbruddskostnaden for noen sluttbrukergrupper typisk er knyttet til lite energikrevende formål som rom- og vannoppvarming. Dette medfører at kostnadsvariasjonen ikke vil følge lastvariasjonen proporsjonalt, og kostnaden vil derfor relativt sett kunne ha mindre variasjon fra tidspunkt til tidspunkt enn belastningen.

4 SAMVARIASJON MELLOM KOSTNAD OG TIDSPUNKT FOR LANGVARIGE AVBRUDD

I kapittel 3 er det vist at avbruddskostnaden (i kroner) er en funksjon av tidspunkt for når avbrudd inntreffer. Det er også vist at det samme gjelder den **spesifikke** kostnaden. Grunnen til dette er at kostnadsvariasjonen ikke er direkte proporsjonal med belastningsvariasjonen. Dersom avbrudd inntreffer jevnt over året, uka og døgnet vil den totale avbruddskostnaden over året kun være påvirket av den gjennomsnittlige kostnadsvariasjonen gitt som %-avvik i kronebeløp i tabell 3-1. Siden f eks KILE-ordningen er basert på å benytte spesifikke kostnader i kr/kWh, er det i praksis den gjennomsnittlige belastningsvariasjonen over året og %-avvik i spesifikk kostnad (tabell 3-1) som påvirker totalkostnaden. Dette er vist i likningen nedenfor for ett avbrudd med varighet 'r' timer:

$$K_{\text{år}} = k_{\text{ILE}} \cdot \text{ILE}_{\text{år}} = \frac{k_{\text{ILEref}} \cdot f_K}{P_{\text{mid}} / P_{\text{ref}}} \cdot P_{\text{mid}} \cdot r$$

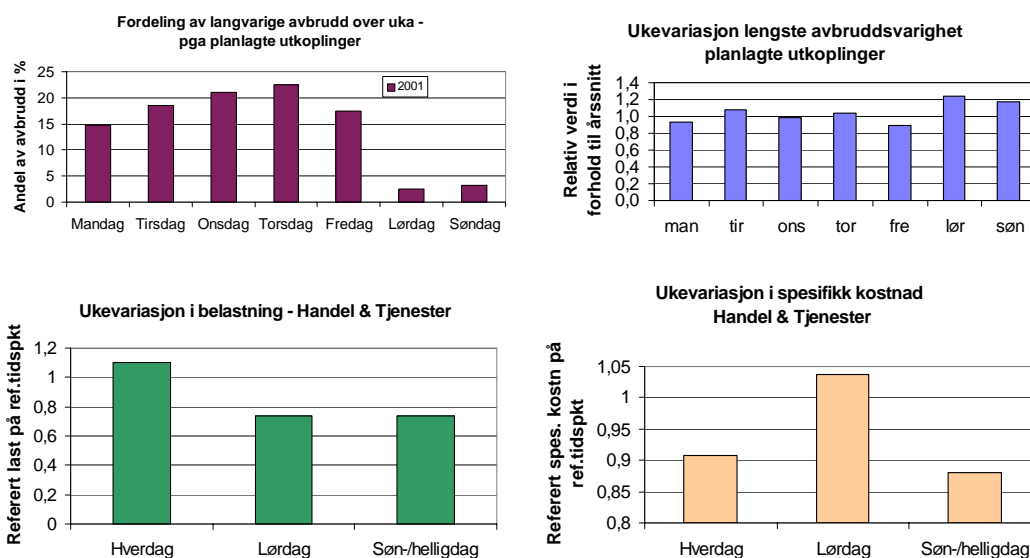
der

$K_{\text{år}}$ = årlig avbruddskostnad i kr

$\text{ILE}_{\text{år}}$ = årlig ikke levert energi

øvrig variable som foran

Imidlertid viser feil- og avbruddsstatistikken at avbrudd ikke inntreffer jevnt verken over året, uka eller døgnet. Dessuten er varigheten av de langvarige avbruddene også forskjellig avhengig av når avbrudd inntreffer. Hvilken betydning får det så for den totale avbruddskostnaden over året å ta hensyn til disse variasjonene? Et eksempel på variasjon i de fire variablene som bestemmer kostnaden ved langvarige avbrudd er vist i figur 4-1, mens likningen nedenfor viser et uttrykk for årlig avbruddskostnad som hensyntar samvariasjon mellom disse variablene.



Figur 4-1 Eksempel på ukevariasjon i variable som bestemmer årlig avbruddskostnad.

$$K_{\text{år}} = k_{\text{ILE}} \cdot ILE_{\text{år}} \cdot b'$$

der

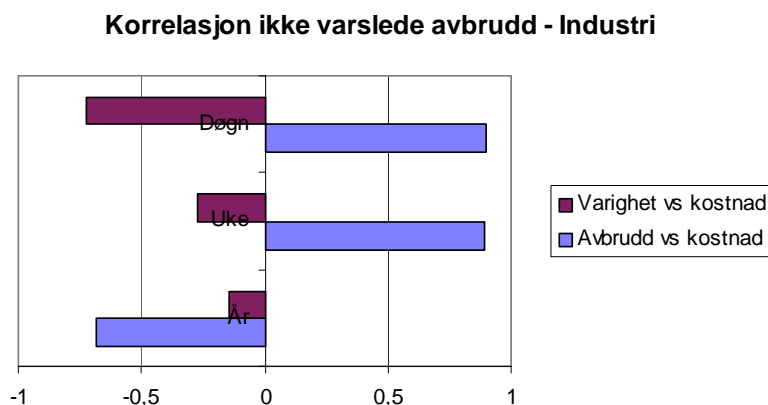
b' = en faktor som korrigerer for betydningen av samvariasjon mellom antall og varighet av langvarige avbrudd, belastning og spesifikk kostnad

Hvordan faktoren b' finnes er vist i en tidligere rapport [5]. Metodikken i [5] er basert på å benytte spesifikk kostnad på referansetidspunktet k_{ILEref} sammen med en faktor b . Siden vi her benytter spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året, kalles faktoren b' .

Variasjonen i antall og varighet av langvarige avbrudd er vist i vedlegg 3. Avbruddsvarigheten er representert ved variabelen "lengste avbruddsvarighet" i FASIT. For variasjonen i antall avbrudd er det benyttet data for årene 1996 – 2001, mens variasjonen i lengste avbruddsvarighet er basert på data fra 2001. FASIT-databasen viser at dette året ikke skiller seg vesentlig ut fra tidligere år, slik det også fremgår av figurene i vedlegg 3.

Videre i dette kapitlet gis det resultater fra analyser av samvariasjonen på ulike tidspunkt mellom variablene som illustrert i figur 4-1. I disse analysene er det skilt mellom avbrudd pga driftsforstyrrelser (ikke varslede avbrudd) og avbrudd pga planlagte utkoplinger (varslede avbrudd)

Hva samvariasjonen kan bety mellom avbruddskostnaden (kronebeløp) og antall og varighet av avbrudd kan illustreres ved å beregne korrelasjonsfaktorer for de ulike sluttbrukergruppene. Et par eksempler er vist i figur 4-2 og 4-3. Her er det benyttet variasjonen i antall og varighet av avbrudd for alle typer nett i distribusjonsnettet. Den underliggende ukevariasjonen i variablene som ligger til grunn for figur 4-2 er vist i tabell 4-1.

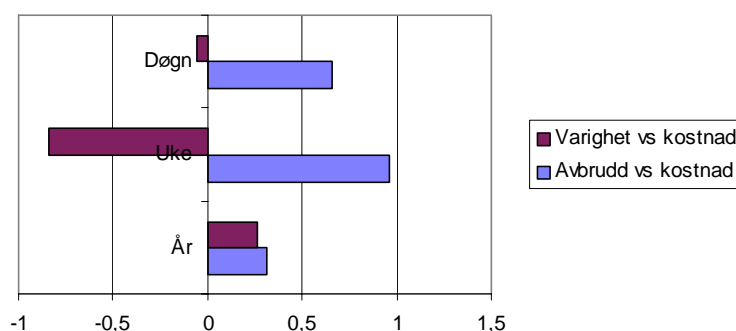


Figur 4-2 Korrelasjon mellom kostnad og avbrudd, hhv varighet, pga driftsforstyrrelser. Industri

Tabell 4-1 Ukevariasjon i antall og varighet av langvarige avbrudd (ikke varslede) og avbruddskostnad (kronebeløp) for Industri

Ukedag	Man	Tir	Ons	Tor	Fre	Lør	Søn
Antall avbrudd (andel av årsgjennomsnitt)	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,13	0,13
Lengste avbruddsvarighet (referert årlig gjennomsnitt)	0,82	0,96	0,78	1,27	0,94	1,10	1,0
Kostnad (i forhold til på ref.tidspunkt)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,63	0,59

Korrelasjon varslede avbrudd - Industri



Figur 4-3 Korrelasjon mellom kostnad og avbrudd, hhv varighet, pga planlagte utkompl. Industri

Eksemplene viser at det typisk er en viss positiv korrelasjon mellom kostnad (kronebeløp) og antall avbrudd. Positiv korrelasjon betyr at det relativt sett skjer flere avbrudd i perioder der kostnaden er høy. Dette samsvarer med det feil- og avbruddsstatistikken viser, se figurer i vedlegg 3, og gjelder spesielt over uka og døgnet. Denne positive korrelasjonen motvirkes av en negativ korrelasjon mellom kostnad og varighet for langvarige avbrudd. Dette betyr at de lengste varighetene typisk forekommer i perioder der kostnaden er lavere. Hvordan dette slår ut er noe forskjellig for de ulike sluttbrukergruppene. Korrelasjonsfaktorer for alle sluttbrukergrupper er gitt i vedlegg 4. Faktorene er beregnet på basis av hva feil- og avbruddsstatistikken viser om variasjon i antall og varighet av avbrudd samt resultater fra spørreundersøkelsen om variasjon i kostnad (kronebeløp). Det har ikke vært mulig å gjennomføre detaljerte studier av betydningen av korrelasjonen mellom variablene, for å undersøke om korrelasjonen f.eks skyldes tilfeldige variasjoner eller om den er signifikant. Korrelasjonsfaktorene er beregnet for å illustrere en mulig samvariasjon mellom de variablene som bestemmer årlig avbruddskostnad.

Figurene 4-4 og 4-5 viser eksempler på en sammenstilling i kurveform av relativ variasjon i antall og varighet av avbrudd, belastning og kostnad. Slike kurver kan også gi et inntrykk av samvariasjonen.

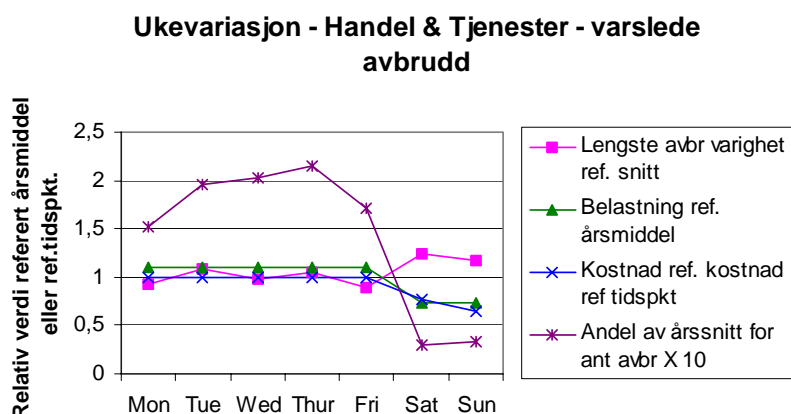


Fig 4-4 Ukevariasjon i variablene ved varslede avbrudd. Handel & Tjenester

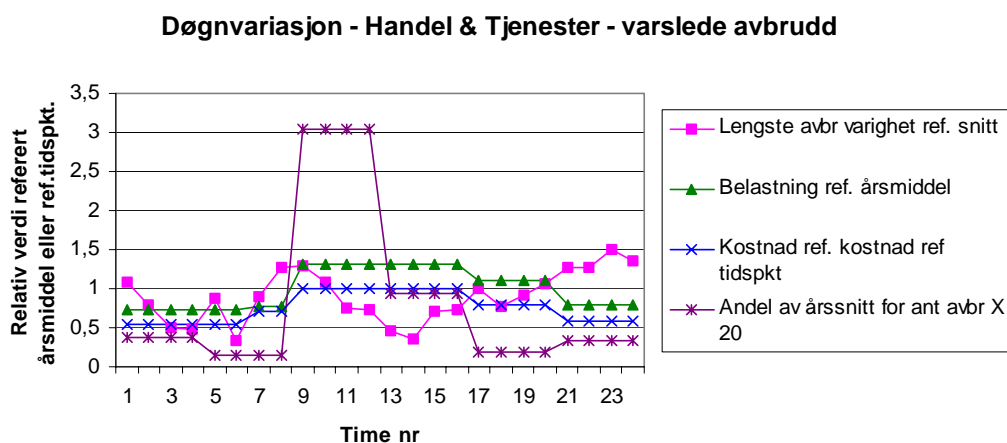
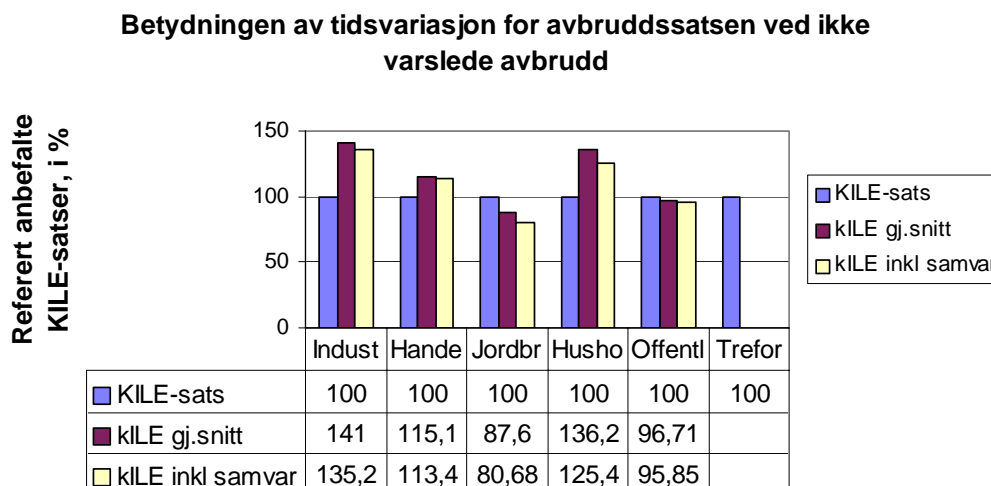


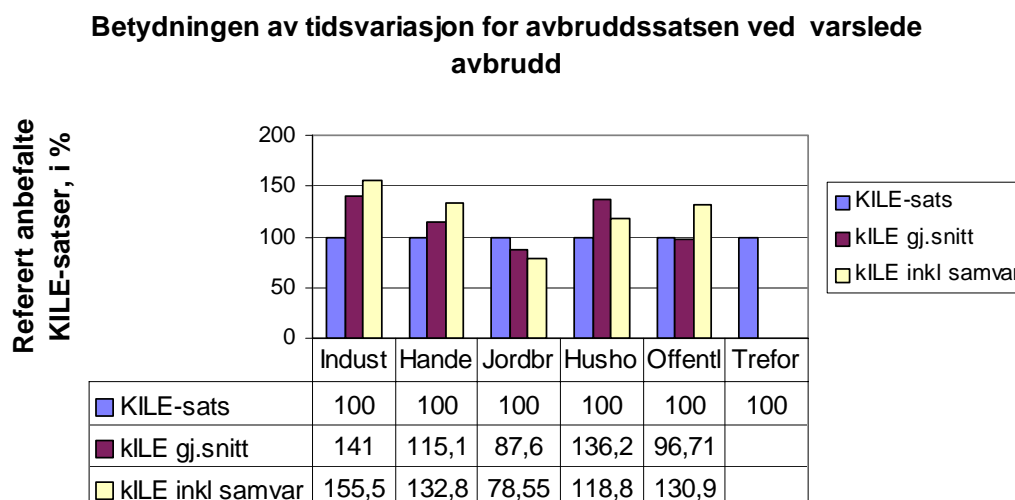
Fig 4-5 Døgnvariasjon i variablene ved varslede avbrudd. Handel & Tjenester

Betydningen av samvariasjon for den **spesifikke kostnaden** er vist for alle sluttbrukergrupper i figurene 4-6 og 4-7. I figurene er det gjort en relativ sammenlikning med anbefalte KILE-satser og spesifikke kostnader i gjennomsnitt over året fra kap. 3. De relative verdiene framgår av tabellene.



NB! Det har ikke vært mulig å beregne tids- og samvariasjon for den spesifikke kostnaden for Treforedling og Kraftintensiv industri

Figur 4-6 Spesifikk kostnad inkl. samvariasjon relativt til anbefalte KILE-satser for ikke varslede avbrudd.



NB! Det har ikke vært mulig å beregne tids- og samvariasjon for den spesifikke kostnaden for Treforedling og Kraftintensiv industri

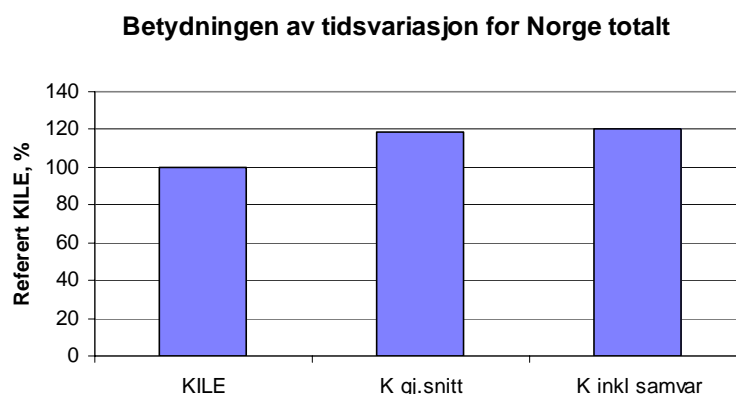
Figur 4-7 Spesifikk kostnad inkl. samvariasjon referert til anbefalte KILE-satser for varslede avbrudd.

Figurene 4-6 og 4-7 viser at det generelt sett har relativt liten betydning å ta hensyn til samvariasjon med når avbruddene inntreffer og variasjoner i varigheten over året, uka eller døgnet i tillegg til å ta hensyn til at spesifikk kostnad er en funksjon av tidspunkt. For noen av gruppene gir samvariasjonen en viss reduksjon i gjennomsnittlig spesifikk kostnad ved driftsforstyrrelser (ikke varslede avbrudd), mens det for andre grupper knapt gir endring. Ved planlagte utkoplinger har samvariasjonen større betydning for spesifikk kostnad, som øker med i

størrelsesorden 15 – 35 % for gruppene Industri, Handel og Tjenester og Offentlig, mens den reduseres med 9 % for Jordbruk og 18 % for Husholdning.

Disse analysene er basert på gjennomsnittlig variasjon i antall og varighet av langvarige avbrudd for alle typer distribusjonsnett. Det har ikke vært mulig å gjennomføre mer realistiske analyser for de ulike sluttbrukergruppene da vi ikke kjenner fordelingen av hvor de ulike sluttbrukergruppene er tilknyttet. Det gir derfor lite mening å rapportere spesifikke kostnader i kr/kWh inklusive samvariasjon for de ulike gruppene. Imidlertid er det mulig å skille på hhv luftnett og kabelnett. Det er vist figurer for variasjonen i antall og varighet oppdelt på begge typer nett i vedlegg 3, men det har ikke vært anledning til å studere dette mer i detalj innenfor rammene av dette prosjektet.

Betydningen av samvariasjonen for Norge totalt sett er estimert med utgangspunkt i de spesifikke kostnadene som ligger til grunn for figurene 4-6 og 4-7 og fordelingen av levert energi vist i figur 3-7. Se figur 4-8. Gjennomsnittlig spesifikk kostnad over året (k gj.snitt i figurene) er gitt i tabell 3-2.



Figur 4-8 Kostnader ved langvarige avbrudd for Norge totalt inkl. tidsvariasjon og samvariasjon, sammenliknet med kostnaden basert på KILE-satser referert januar.

For Norge totalt gir det en relativt liten økning i kostnaden å ta hensyn til samvariasjon utover å benytte gjennomsnittlige KILE-satser over året. Kostnaden i mill kr er som følger:

KILE basert på KILE-satser referert januar:	ca 810 mill kr
KILE basert på gjennomsnittlige KILE-satser over året:	ca 965 mill kr
KILE basert på gjennomsnittlige KILE-satser over året og samvariasjon:	ca 975 mill kr

Konklusjonen er omtrent som i forrige kapittel:

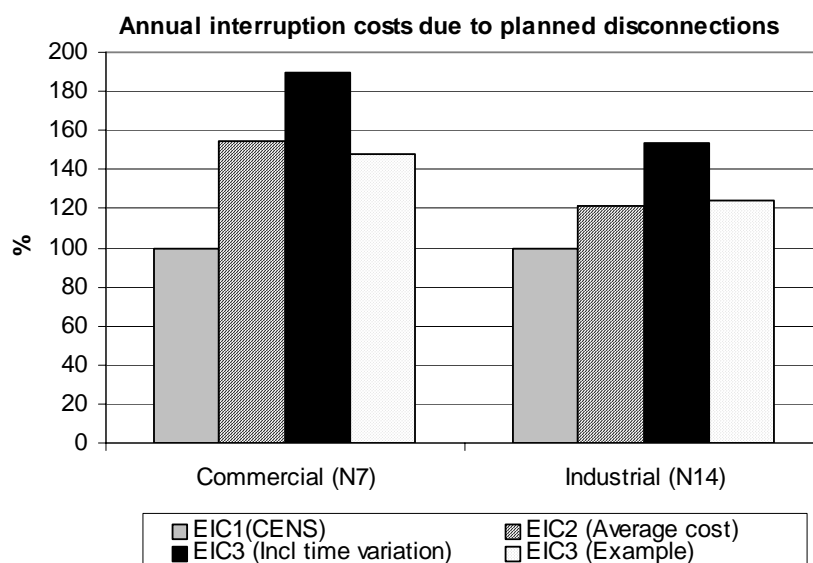
Bruk av konstante KILE-satser referert et tidspunkt i januar underestimerer kostnaden for langvarige avbrudd med 16-17 %, i snitt for Norge.

En hovedårsak til at det å ta hensyn til variasjon med tidspunkt, og samvariasjonen i tillegg, har så vidt liten betydning for Norge totalt sett, er at KILE-satsen som har vært benyttet for Treforedling

og Kraftintensiv industri i disse analysene er uforandret. Dette skyldes at det ikke har vært mulig å beregne spesifikk kostnad som funksjon av tidspunkt for denne gruppen basert på de foreliggende data. Denne gruppen utgjør 32 % av elektrisitetsforbruket i Norge. På den annen side antas det også å være riktig at spesifikk kostnad for denne sluttbrukergruppen er relativt konstant uansett tidspunkt, både fordi kostnaden i kroner og belastningen antas å være relativt konstant over året.

Analysene viser likevel at tidsvariasjonen i spesifikk kostnad kan ha svært stor betydning for enkelte av sluttbrukergruppene. I tillegg kan samvariasjonen ha relativt stor betydning for enkelte grupper ved planlagte utkoplinger.

Dette er også vist i et tidligere arbeid presentert i en artikkel [6] der avbruddskostnaden for varslede avbrudd ble beregnet til å være vel 20 % høyere når en tok hensyn til samvariasjonen i tillegg til å benytte spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året. Vil det være mulig å redusere den totale avbruddskostnaden dersom en flytter vedlikeholdsarbeidet (planlagte utkoplinger) til andre tidspunkt på døgnet? I [6] er det vist et scenario der en flytter alle planlagte utkoplinger til utenfor arbeidstid, mao i tidsrommet kl 16 – 08. I dette tilfellet ble kostnaden redusert til omtrent det samme som ved å benytte spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året. Se figur 4-9.



Figur 4-9 Eksempel på kostnader ved varslede avbrudd. Sammenlikning av kostnad i hht KILE-ordningen (CENS), ved å benytte spesifikk kostnad i gjennomsnitt over året (EIC2), ved å ta hensyn til samvariasjon (EIC3 incl time variation) og til slutt scenariet der de planlagte utkoplingene er flyttet til tidsrommet kl 16 – 08 (EIC3 Example). Fra [6].

5 KOSTNADER VED AVBRUDD SOM FUNKSJON AV VARIGHET

KILE-satsene som gjelder fra og med 2003 er konstante satser i kr/kWh referert januar og beregnet for en gjennomsnittlig avbruddsvarighet for Norge: 1,3 timer for ikke varslede avbrudd og 2,85 timer for varslede avbrudd. Resultatene fra spørreundersøkelsen presentert i [3] viser at spesifikk kostnad for langvarige avbrudd (>3 min) er en funksjon av varigheten. Dette er vist i tabellen nedenfor:

Tabell 5-1: Spesifikke kostnader som funksjon av varighet (M-estimat), fra [3]

Sluttbrukergruppe	1 time kr/kWh	2 timer kr/kWh	4 timer kr/kWh	8 timer kr/kWh	24 timer kr/kWh
Industri	70,5	-	57,1	-	36,1
Handel & Tjenester	99,6	-	97,1	-	56,1
Jordbruk	16,2	-	11,8	-	8,6
Husholdning	8,6	8,3	8,7	7,4	-
Offentlig	11,9	-	14,8	-	7,9
Treforedling og Kraftintensiv industri	14,4	-	10,8	-	8,8

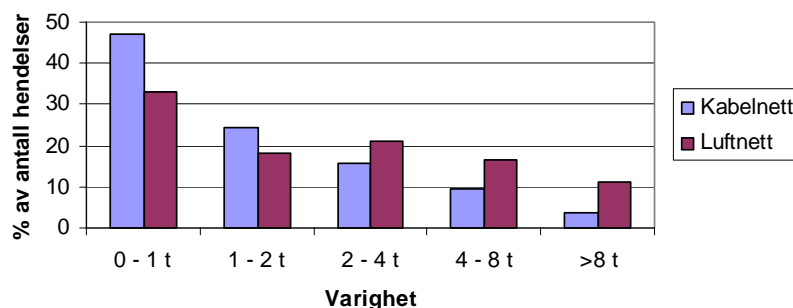
Tabellen viser at den spesifikke kostnaden i kr/kWh for Husholdning er relativt konstant med varigheten. For øvrige kategorier avtar den spesifikke kostnaden i kr/kWh med varigheten med unntak av Offentlig der det er en økning fra 1 time til 4 timers varighet. Til sammenlikning viste resultatene fra den forrige spørreundersøkelsen fra 1989 – 1991 at spesifikk kostnad økte med varigheten spesielt for Husholdning og Jordbruk, relativt sett mer enn for Handel & Tjenester, mens spesifikk kostnad for Industri avtok med varigheten.

Det er grunn til å anta at gruppene Husholdning og Jordbruk i større grad enn andre kategorier er tilknyttet luftnett, mens bedrifter i hovedsak er tilknyttet kabelnett. Dette betyr at det generelt sett vil være flest innen førstnevnte kategori som opplever lange avbruddsvarigheter. Innsamlet datagrunnlag om antall og varighet av avbrudd er imidlertid ikke fordelt på kategorier av sluttbrukere, men kan deles opp på luftnett og kabelnett.

For å kunne undersøke betydningen av å ta hensyn til varigheten av avbrudd tas det utgangspunkt i fordelingen av avbruddsvarighet. FASIT landsstatistikk viser fordelingen av ”lengste avbruddsvarighet” som er lengste tidsperiode en sluttbruker har avbrudd innenfor en driftsforstyrrelse eller planlagt utkopling [4]. Å bruke denne fordelingen kan gi en pekepinn på betydningen av varigheten for den totale avbruddskostnaden. Som eksempel tas det utgangspunkt i fordelingen av lengste avbruddsvarighet i forbindelse med planlagte utkoplinger og driftsforstyrrelser i fordelingsnett fra FASIT-databasen for 2001, fordelt på luftnett og kabelnett. Fordelingene for øvrige år det finnes data for i perioden 1996 – 2001 er svært lik denne.

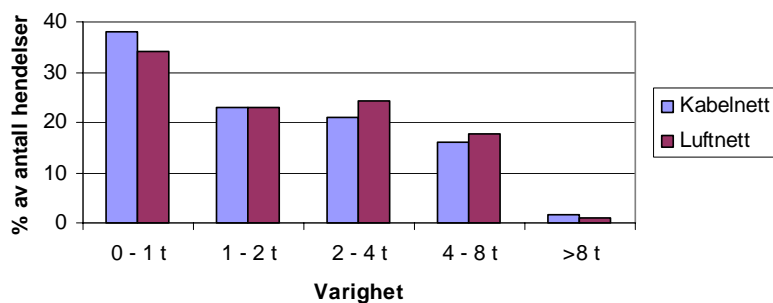
Fordelingene for langvarige avbrudd er vist i figurene 5-1 og 5-2. Figurene viser at de langvarige avbruddene i luftnett typisk har noe lengre varigheter enn i kabelnett.

Fordeling av lengste avbruddsvarighet pga driftsforstyrrelser - 2001



Figur 5-1 Prosentvis fordeling av lengste avbruddsvarighet pga driftsforstyrrelser, 2001.
Gjennomsnittlig varighet av langvarige ikke varslede avbrudd i 1996 – 2001: 1,3 timer

Fordeling av lengste avbruddsvarighet pga planlagte utkoplinger (varslede) - 2001



Figur 5-2 Prosentvis fordeling av lengste avbruddsvarighet pga planlagte utkoplinger, 2001.
Gjennomsnittlig varighet av langvarige varslede avbrudd i 1996 – 2001: 2,85 timer

Basert på disse fordelingene og spesifikke avbruddskostnader fra tabell 5-1, beregnes en veid spesifikk avbruddskostnad for hhv varslede og ikke varslede avbrudd. Det benyttes spesifikke avbruddskostnader for en varighet lik øvre grense i intervallene (f eks for intervallet 4 - 8 t benyttes kostnad for 8 timers varighet). Gjennomsnittlige spesifikke kostnader (referert et tidspunkt i januar) blir da som vist i tabell 5-2. I parentes er det vist anbefalte KILE-satser i forhold til veid gjennomsnitt i %.

Tabell 5-2: Spesifikke kostnader veid med fordelingen av lengste avbruddsvarighet ^{*)}

Sluttbrukergruppe	Ikke varslede avbrudd		Varslede avbrudd	
	Luftnett kr/kWh	Kabelnett kr/kWh	Luftnett kr/kWh	Kabelnett kr/kWh
Industri	57,9 (+15%)	62,5 (+6 %)	47,0 (-2 %)	47,5 (-3 %)
Handel & Tjenester	89,4 (+11%)	94,6 (+4 %)	65,5 (+4 %)	65,5 (+4 %)
Jordbruk	12,8 (+16 %)	13,9 (+7 %)	11,1 (-7 %)	11,2 (-8 %)
Husholdning	8,2 (+3 %)	8,4 (+1 %)	7,2 (+2 %)	7,2 (+2 %)
Offentlig	12,2 (+5 %)	12,5 (+2 %)	8,6 (+13 %)	8,5 (+14 %)
Treforedling og Kraftintensiv industri	11,8 (+13 %)	12,6 (+6 %)	11,3 (-6 %)	11,5 (-8 %)

^{*)} I parentes: Anbefalt KILE-sats relatert til veid gjennomsnitt

Resultatene fra disse analysene viser at de anbefalte KILE-satsene ved ikke varslede avbrudd er 3 – 16 % høyere i luftnett enn satser som er veid med varigheten av avbrudd. I kabelnett er anbefalte KILE-satser 1 – 7 % høyere enn veide satser ved ikke varslede avbrudd. Årsaken til disse forskjellene ligger i at det typisk er lengre varigheter i luftnett, spesielt ved driftsforstyrrelser, og at den spesifikke kostnaden (i kr/kWh) avtar med varigheten. For varslede avbrudd er forskjellen mellom anbefalt KILE-sats og veid sats i størrelsesorden (–8) - (+14) %.

Dette eksemplet indikerer at det har mindre betydning å ta hensyn til spesifikk varighet pr avbrudd i stedet for et gjennomsnitt på hhv 1,3 timer og 2,85 timer for hhv ikke varslede og varslede avbrudd.

Som tabell 5-2 viser er anbefalte KILE-satser (som gjelder for en gjennomsnittlig avbruddsvarighet) for de fleste sluttbrukergrupper noe høyere enn om det tas hensyn til fordelingen av avbruddsvarigheten. Dette motvirker til en viss grad at årlige avbruddskostnader underestimeres som følge av at KILE-satsene ikke tar hensyn til tidspunkt for avbrudd.

6 REFERANSER

- [1] Kjølle, G.:
Samfunnsøkonomiske avbruddskostnader og KILE-satser
Trondheim: SINTEF Energiforskning 2000
Notat 2000-02-28

- [2] Samdal, K., Kjølle, G., Kvitastein, O., Singh, B.:
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 1 av 3: Spørreundersøkelse – Metodeunderlag
Trondheim: SINTEF Energiforskning 2003
TR A5752, ISBN: 82-594-2417-7 / EBL-K 135-2003

- [3] Samdal, K., Kjølle, G., Kvitastein, O., Singh, B.:
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 2 av 3: Spørreundersøkelse – Resultater
Trondheim: SINTEF Energiforskning 2003
TR A5754, ISBN: 82-594-2419-3 / EBL-K 136-2003

- [4] Heggset, J., Kjølle, G., Samdal, K., Mogstad, O.:
FASIT Kravspesifikasjon. Versjon 2003
Trondheim: SINTEF Energiforskning 2002
TR A5621, ISBN: 82-594-2280-8 / EBL-K 76-2002

- [5] Kjølle, G.:
Data om avbruddskostnader. Fra spørreundersøkelser til spesifikke kostnader.
Trondheim: SINTEF Energiforskning 1999
TR A4755

- [6] Kjølle, G., Holen, A. T., Samdal, K., Solum, G.:
Adequate interruption cost assessment in a quality based regulation regime.
IEEE Porto Powertech, Porto, Sept. 2001

- [7] Kvitastein, O., Singh, B.:
Leveringskvalitet på elektrisk kraft: Avbruddskostnader og avsavnsverdier i Industri,
Handel og Tjenester
Bergen: SNF 1991
SNF-rapport 9/91

- [8] Kvitastein, O., Singh, B.:
Leveringskvalitet på elektrisk kraft: Avbruddskostnader og avsavnsverdier i
Husholdninger
Bergen: SNF 1991
SNF-rapport 10/91

- [9] Kvitastein, O., Singh, B.:
Leveringskvalitet på elektrisk kraft: Avbruddskostnader og avsavnsverdier i Jordbruket
Bergen: SNF 1991
SNF-rapport 11/91

- [10] Definisjoner knyttet til feil og avbrudd i det elektriske kraftsystemet. Versjon 2.
NVE, EBL Kompetanse, Statnett, SINTEF Energiforskning 2001.

7 VEDLEGG 1 - RELATIV VARIASJON I KOSTNAD OG BELASTNING

Spesifikk kostnad (relativ) på et vilkårlig tidspunkt finnes på følgende måte:

$$\frac{k_{ILEm,d,h}}{k_{ILEref}} = \frac{\frac{K_{m,d,h}}{K_{ref}}}{\frac{P_{m,d,h}}{P_{ref}}}$$

der relativ kostnad på et vilkårlig tidspunkt (måned m, ukedag d i time h) finnes av følgende uttrykk:

$$\frac{K_{m,d,h}}{K_{ref}} = \frac{K_m}{K_{ref}} \cdot \frac{K_d}{K_{ref}} \cdot \frac{K_h}{K_{ref}}$$

der

$K_{m,d,h}/K_{ref}$ = relativ kostnad i måned m, på ukedag d, i time h

K_m/K_{ref} = relativ kostnad i måned m, gitt fra spørreundersøkelsen

K_d/K_{ref} = relativ kostnad på ukedag d, gitt fra spørreundersøkelsen

K_h/K_{ref} = relativ kostnad i time h, gitt fra spørreundersøkelsen

Relativ belastning i en vilkårlig time er gitt ved:

$$\frac{P_{m,d,h}}{P_{ref}} = \frac{P_m}{P_{mid}} \cdot \frac{P_d}{P_{mid}} \cdot \frac{P_h}{P_{mid}} \cdot \frac{P_{mid}}{P_{ref}}$$

der

$P_{m,d,h}/P_{ref}$ = relativ belastning i måned m, på ukedag d, i time h

P_{ref} = belastningen på referansetidspunktet i kWh/h

P_{mid} = midlere belastning over året = årsenergien/8760 i kWh/h

P_m/P_{mid} = relativ belastning i måned m ($1/12 \sum P_m/P_{mid} = 1.0$), referert årsmiddel

P_d/P_{mid} = relativ belastning på ukedag d ($1/7 \sum P_d/P_{mid} = 1.0$), referert årsmiddel

P_h/P_{mid} = relativ belastning i time h ($1/24 \sum P_h/P_{mid} = 1.0$), referert årsmiddel

P_{mid}/P_{ref} = forholdet mellom midlere belastning over året og belastning på ref.tidspkt.

Faktorene i disse likningene er gitt i tabellene nedenfor.

Månedsvariasjon

Månedsvariasjo	Avbruddskostnad i kroner			Km/Kref								
	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember
Handel og tjenester	1,00	0,98	0,97	0,96	0,97	0,92	0,85	0,97	1,00	1,03	1,04	0,98
Industri	1,00	1,01	1,01	1,00	0,99	0,98	0,90	0,98	1,00	1,01	1,02	1,02
Husholdning	1,00	1,00	0,93	0,93	0,93	0,78	0,78	0,78	0,96	0,96	0,96	1,00
Jordbruk	1,00	1,07	1,10	1,06	0,94	0,87	0,85	0,86	0,96	1,01	1,09	1,10
Offentlig virksomhet	1,00	0,99	0,98	0,93	0,82	0,72	0,61	0,77	0,90	0,98	1,00	0,99
Prosessindustri	1,00	1,02	1,01	0,99	0,95	0,93	0,91	0,94	0,94	1,00	1,00	0,99

	Ikke levert energi 1 times varigt Pm/Pmid											
	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember
Handel og tjenester	1,17	1,17	1,06	1,01	0,93	0,87	0,86	0,86	0,92	0,97	1,04	1,14
Industri	1,12	1,11	1,04	1,01	0,95	0,91	0,90	0,90	0,95	0,98	1,03	1,09
Husholdning	1,32	1,31	1,27	1,10	0,84	0,65	0,60	0,62	0,82	0,97	1,22	1,28
Jordbruk	1,16	1,15	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	1,12
Offentlig virksomhet	1,21	1,21	1,18	1,07	0,89	0,77	0,73	0,75	0,88	0,98	1,15	1,19
Prosessindustri	1,11	1,11	1,05	1,01	0,95	0,91	0,90	0,90	0,95	0,98	1,03	1,09

Ukevariasjon

Ukevariasjon	Avbruddskostnad i kroner		Kd/Kref
	Hverdag	Lørdag	Søn-/helligdag
Handel og tjenester	1,00	0,77	0,65
Industri	1,00	0,63	0,59
Husholdning	1,00	1,09	1,11
Jordbruk	1,01	1,06	1,14
Offentlig virksomhet	1,00	0,47	0,40
Prosessindustri	1,00	0,94	0,93

	Ikke levert energi 1 times varigt Pd/Pmid		
	Hverdag	Lørdag	Søn-/helligdag
Handel og tjenester	1,10	0,74	0,74
Industri	1,21	0,47	0,47
Husholdning	0,97	1,07	1,07
Jordbruk	1,00	0,99	0,99
Offentlig virksomhet	1,12	0,71	0,71
Prosessindustri	1,21	0,48	0,48

Døgnvariasjon

Døgnvariasjon	Avbruddskostnad i kroner			Kh/Kref		
	kl 06 - 08	kl 08 - 12	kl 12 - 16	kl 16 - 20	kl 20 - 24	kl 24 - 06
Handel og tjenester	0,70	1,00	1,01	0,80	0,58	0,54
Industri	0,92	1,00	0,99	0,82	0,75	0,66
Husholdning	1,00	1,00	1,00	1,12	1,12	0,91
Jordbruk	1,00	0,92	0,71	1,04	0,84	0,82
Offentlig virksomhet	0,58	1,00	1,00	0,70	0,49	0,36
Prosessindustri	0,98	1,00	1,00	0,97	1,00	0,95

Ikke levert energi 1 times varigt Ph/Pmid						
	kl 06 - 08	kl 08 - 12	kl 12 - 16	kl 16 - 20	kl 20 - 24	kl 24 - 06
Handel og tjenester	0,76	1,30	1,31	1,09	0,80	0,74
Industri	0,72	1,51	1,48	1,02	0,78	0,57
Husholdning	0,99	0,99	0,99	1,19	1,19	0,84
Jordbruk	0,83	1,18	0,92	1,29	0,93	0,85
Offentlig virksomhet	0,85	1,35	1,27	0,95	0,84	0,78
Prosessindustri	0,85	1,25	1,24	1,01	0,90	0,79

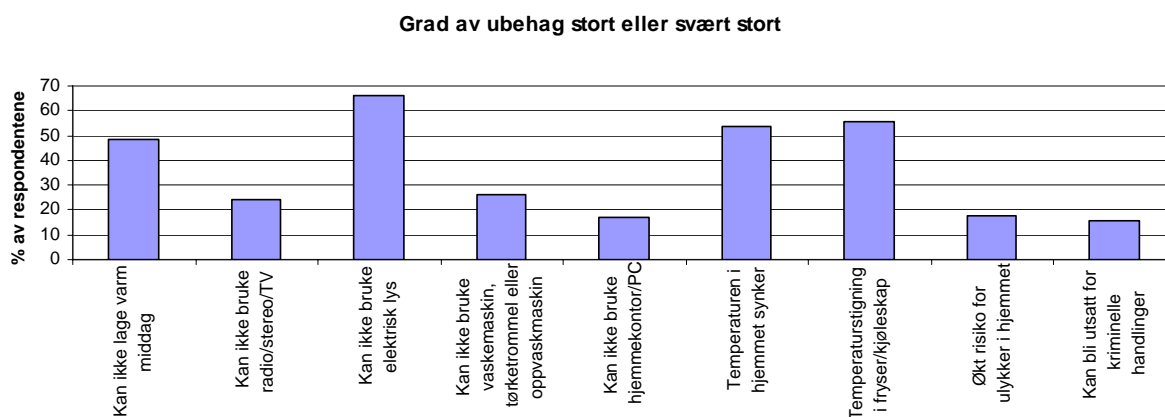
Belastning på referansetidspunktet i forhold til midlere belastning over året

	Pref/Pmid
Handel og tjenester	1,70
Industri	1,91
Husholdning	1,42
Jordbruk	0,97
Offentlig virksomhet	1,93
Prosessindustri	1,65

8 VEDLEGG 2 – KOSTNADENS OG STRØMFORBRUKETS FORDELING PÅ ULIKE FORMÅL

HUSHOLDNING

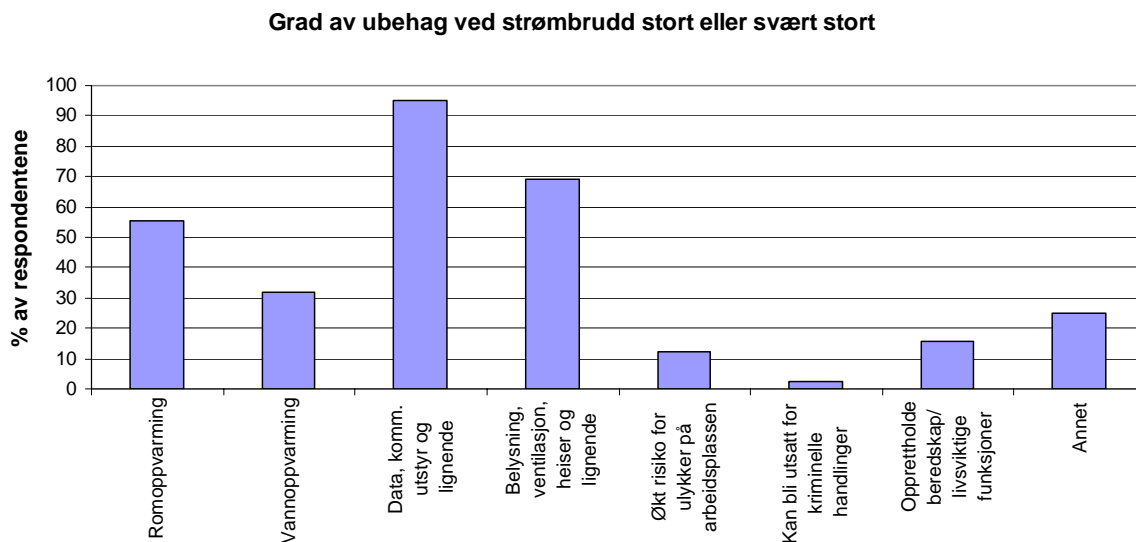
Ubehag ved strømbrudd



NB! Summen er større enn 100 % i figuren pga sammenslåing av to spørsmål

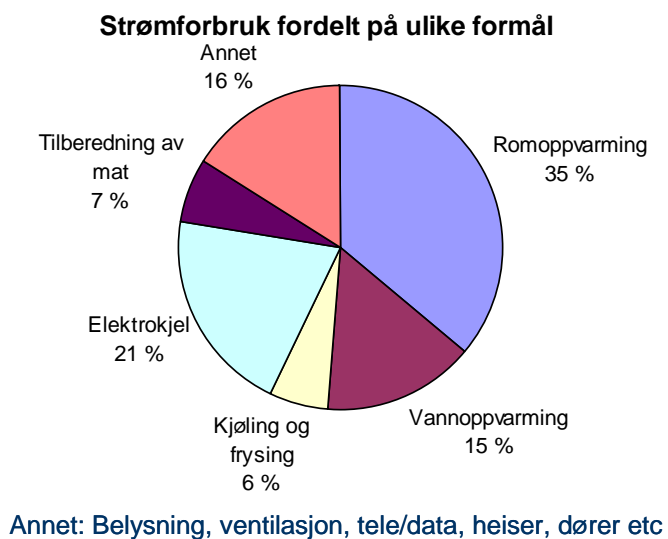
OFFENTLIG

Ubehag ved strømbrudd



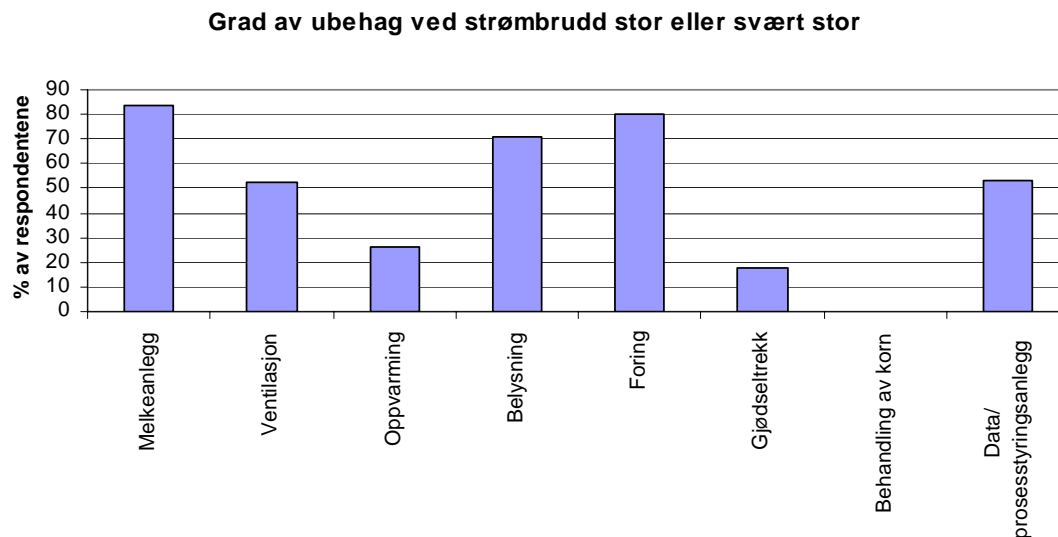
NB! Summen er større enn 100 % i figuren pga sammenslåing av to spørsmål

Fordeling av strømforbruk



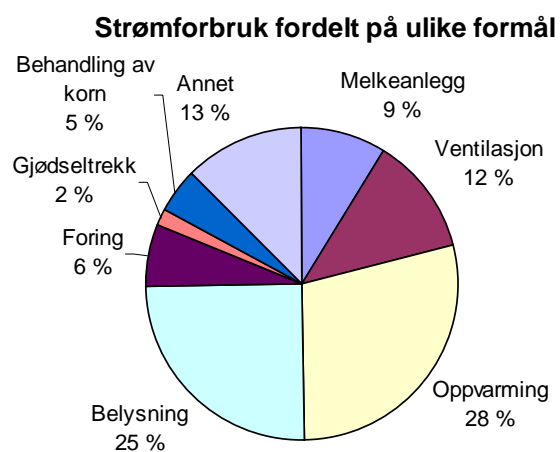
JORDBRUK

Ubehag ved strømbrudd



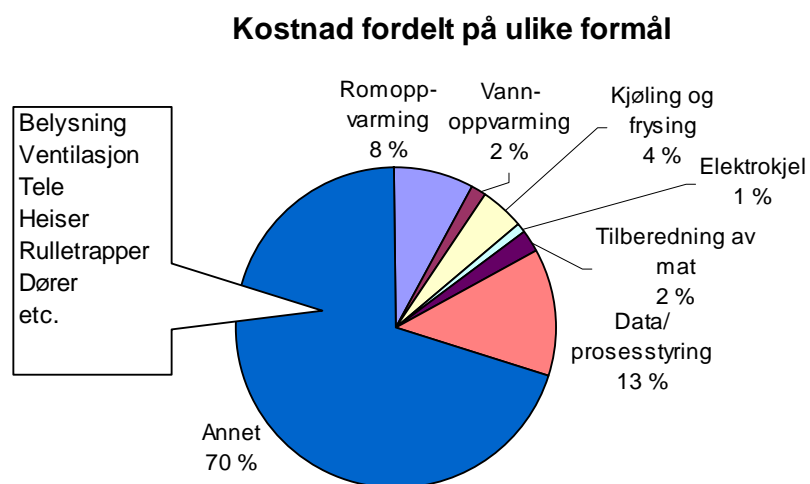
NB! Summen er større enn 100 % i figuren pga sammenslåing av to spørsmål

Fordeling av strømforbruk

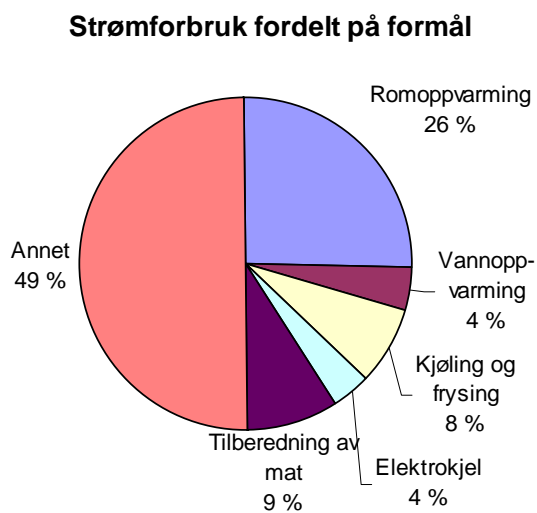


HANDEL OG TJENESTER

Fordeling av kostnad ved strømbrudd



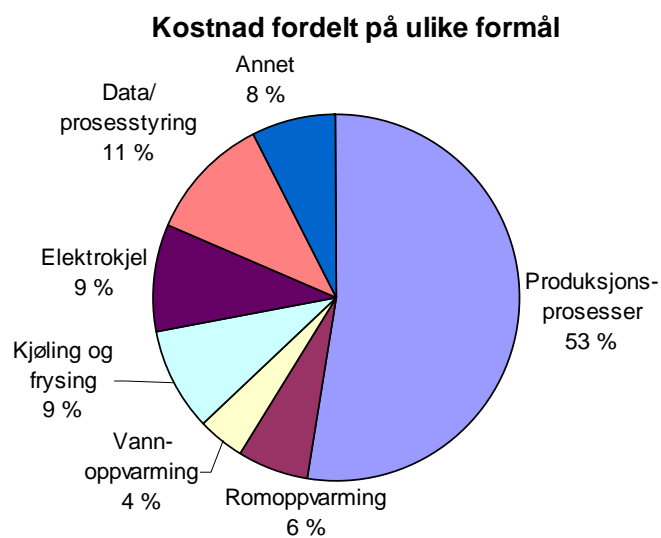
Fordeling av strømforbruk



Annet: Belysning, ventilasjon, tele/data, heiser, rulletrapper, dører etc

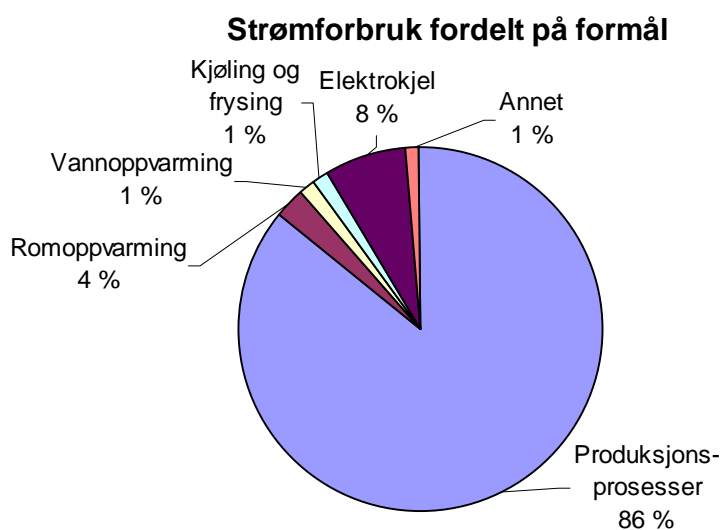
INDUSTRI

Fordeling av kostnad ved strømbrudd



Annet: Belysning, ventilasjon, tele/data, heiser, rulletrapper, dører etc

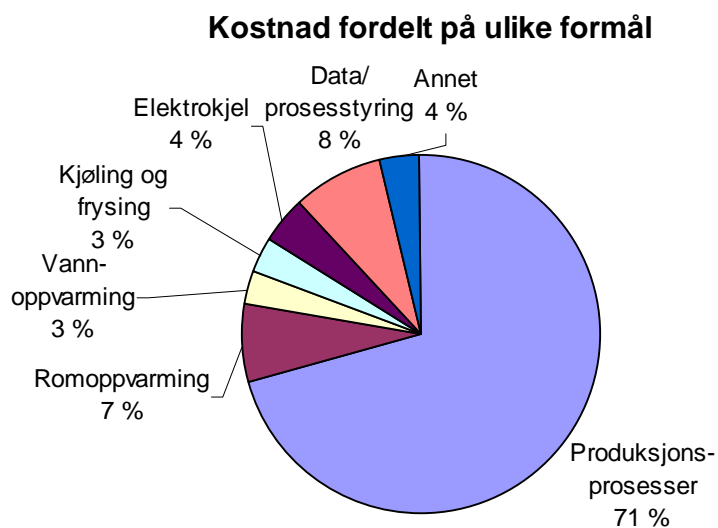
Fordeling av strømforbruk



Annet: Belysning, ventilasjon, tele/data, heiser, rulletrapper, dører etc

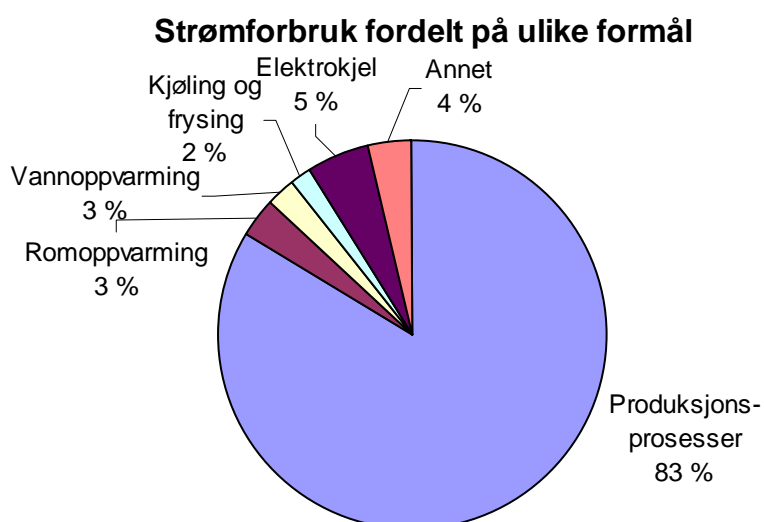
PROSESSINDUSTRI

Fordeling av kostnad ved strømbrudd



Annet: Belysning, ventilasjon, tele/data, heiser, rulletrapper, dører etc

Fordeling av strømforbruk



Annet: Belysning, ventilasjon, tele/data, heiser, rulletrapper, dører etc

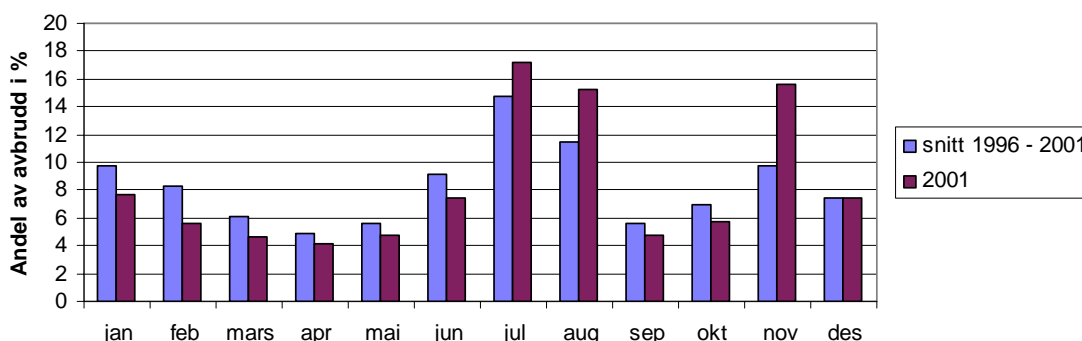
9 VEDLEGG 3 – VARIASJON I ANTALL OG VARIGHET AV AVBRUDD

I dette vedlegget er det vist hvordan antall langvarige avbrudd og lengste avbruddsvarighet varierer over året, uka og døgnet. Det er benyttet data fra FASIT for årene 1996 – 2001.

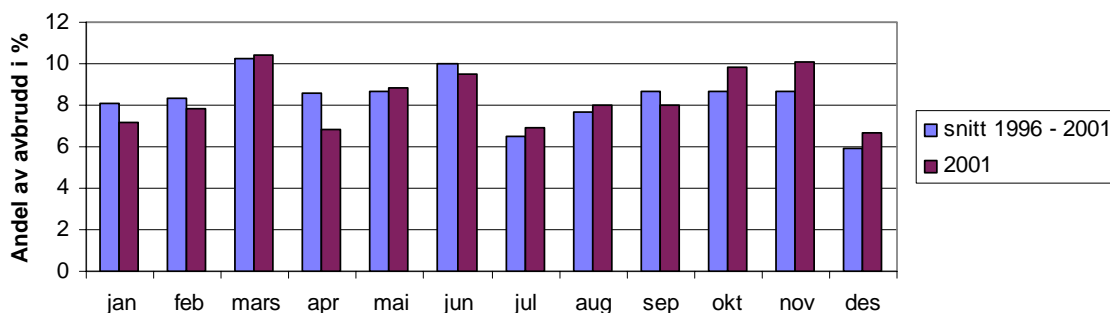
GJENNOMSNITT ALLE TYPER DISTRIBUTJONSNETT

Månedsvariasjon i antall langvarige avbrudd

Fordeling av langvarige avbrudd over året - pga driftsforstyrrelser



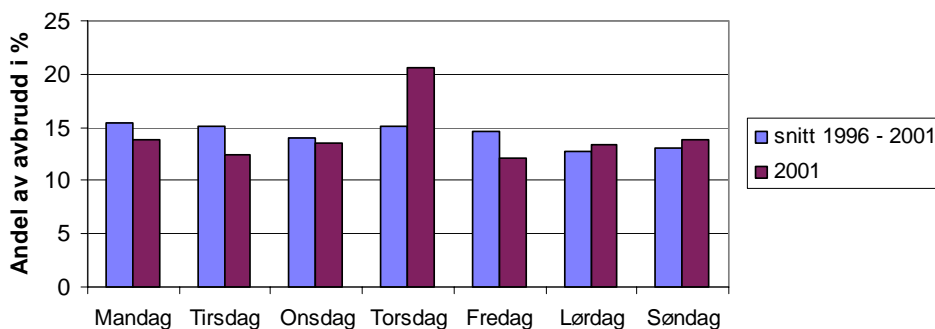
Fordeling av langvarige avbrudd over året - pga planlagte utkoplinger



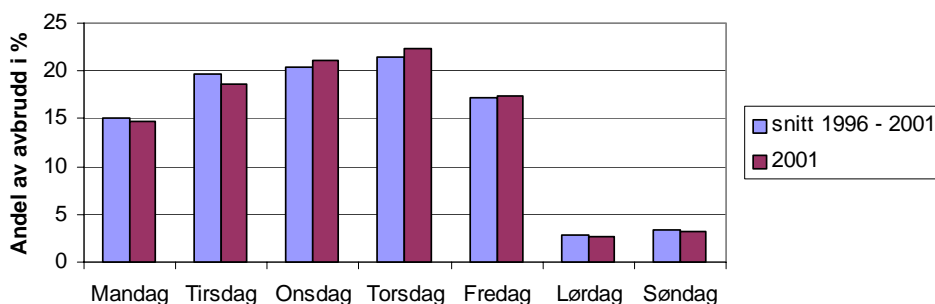
Figurene viser at det er en topp i antall langvarige avbrudd pga driftsforstyrrelser om sommeren, og i november og januar, mens planlagte utkoplinger foregår relativt jevnt over året med en viss nedgang ved påsketider, i juli og i desember.

Ukevariasjon i antall langvarige avbrudd

**Fordeling av langvarige avbrudd over uka -
pga driftsforstyrrelser**



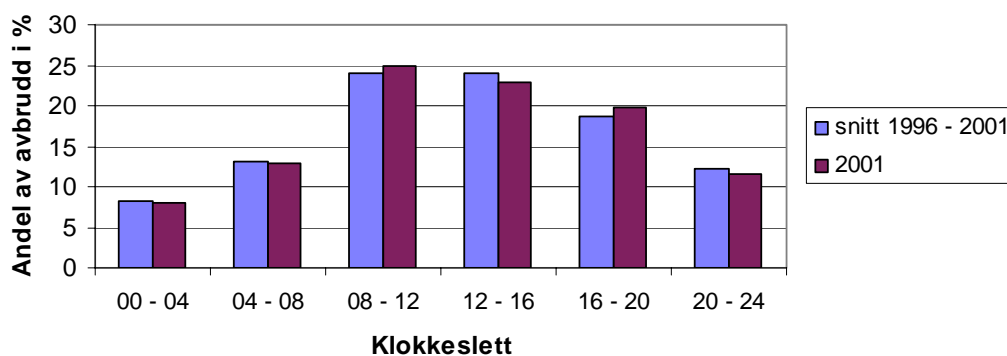
**Fordeling av langvarige avbrudd over uka -
pga planlagte utkoplinger**



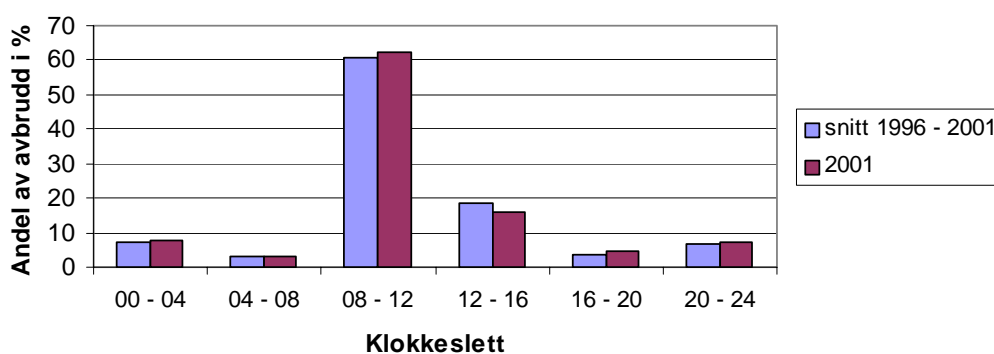
Antall langvarige avbrudd pga driftsforstyrrelser er relativt jevnt over uka, mens **over 90 % av de planlagte utkoplingene som leder til langvarige avbrudd startes på hverdager.**

Døgnvariasjon i antall langvarige avbrudd

**Fordeling av langvarige avbrudd over døgnet -
pga driftsforstyrrelser**



**Fordeling av langvarige avbrudd over døgnet -
pga planlagte utkoplinger**



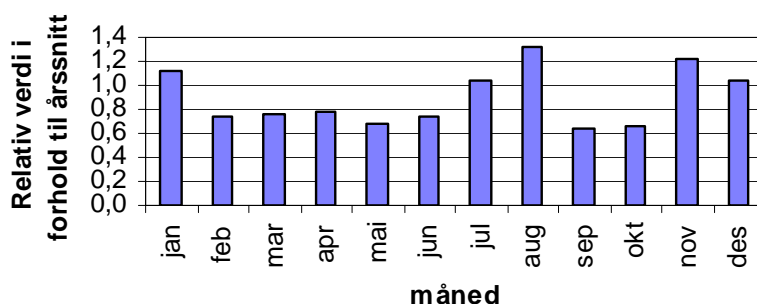
Nesten 50 % av de langvarige avbruddene pga driftsforstyrrelser inntreer **i arbeidstiden**, i tidsrommet 08.00 – 16.00, og nesten **80 % av de langvarige avbruddene pga planlagte utkoplinger**.

Variasjon i lengste avbruddsvarighet

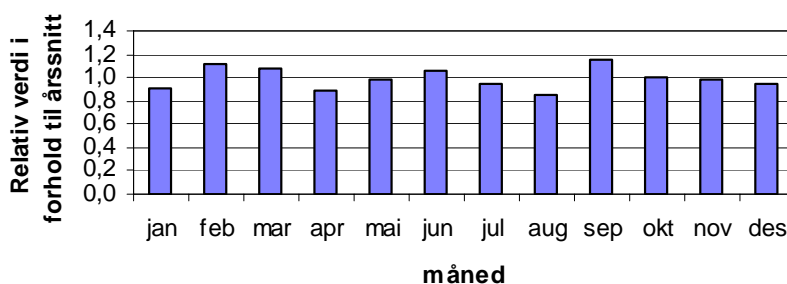
Lengste avbruddsvarighet er den lengste tidsperiode en sluttbruker har avbrudd innenfor en driftsforstyrrelse eller planlagt utkopling [10]. For variasjonen i lengste avbruddsvarighet er det vist noen eksempler i de følgende figurer, som en relativ verdi referert til årlig gjennomsnitt. **Kun 2001-data ligger til grunn** for disse figurene.

Lengste avbruddsvarighet ved driftsforstyrrelser følger noenlunde samme mønsteret over året som variasjonen i antall avbrudd. Over uka og døgnet er det relativt lite variasjon i varigheten pga driftsforstyrrelser. **Lengste avbruddsvarighet pga planlagte utkoplinger er relativt sett større i helgene, tidlig på arbeidsdagen og om natta.** Dette betyr altså at planlagte utkoplinger som gir lange varigheter i større grad foregår i disse tidsrommene.

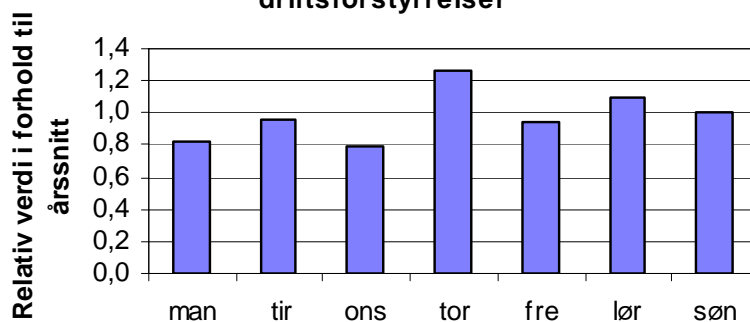
**Årsvariasjon lengste avbruddsvarighet
driftsforstyrrelser**



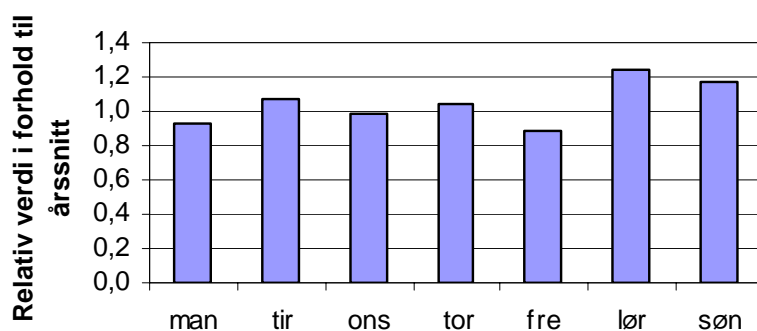
**Årsvariasjon lengste avbruddsvarighet planlagte
utkoplinger**



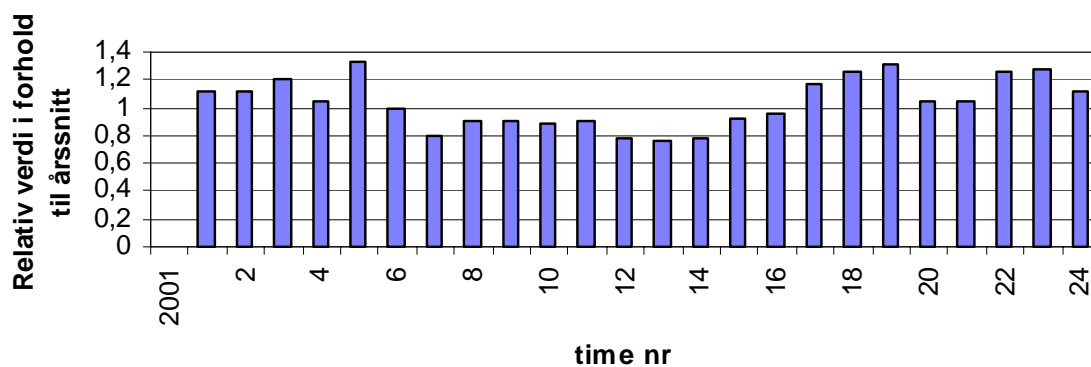
Ukevariasjon lengste avbruddsvarighet driftsforstyrrelser

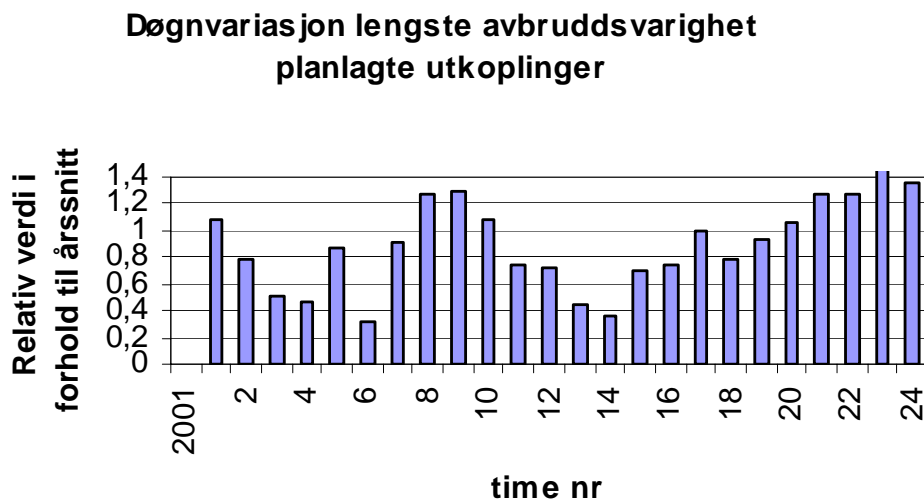


Ukevariasjon lengste avbruddsvarighet planlagte utkoplinger



Døgnvariasjon lengste avbruddsvarighet driftsforstyrrelser





KABELNETT KONTRA LUFTNETT

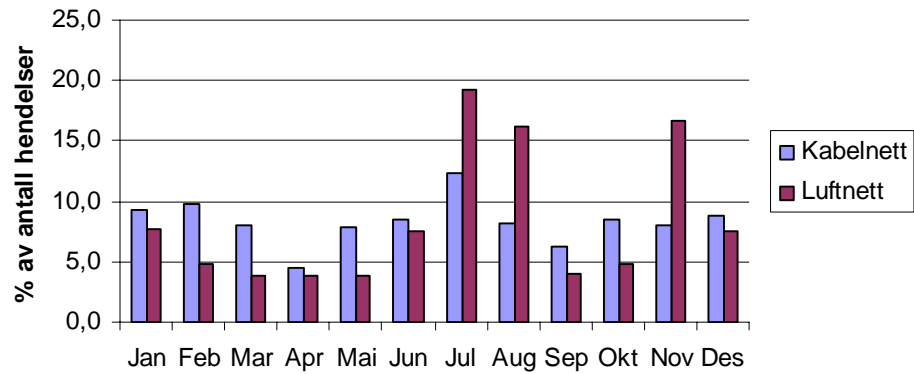
Nedenfor er det vist figurer for variasjonen i antall langvarige avbrudd i kabelnett og luftnett. Figurene er basert på FASIT-data for 2001.

Figurene viser f eks at avbrudd pga driftsforstyrrelser i kabelnett opptrer mer jevnt over året i motsetning til i luftnett der det er en topp om sommeren og høst/vinter. Varslede avbrudd pga planlagte utkoplinger fordeler seg relativt likt over året i luftnett og kabelnett. Dette gjelder også fordelingene over uka for de varslede avbruddene, med relativt sett flest avbrudd på hverdager og svært få i helgene i begge typer nett. Mens avbrudd pga driftsforstyrrelser i luftnett fordeler seg relativt jevnt over uka, er det en tendens i kabelnett til flere avbrudd (relativt sett) pga driftsforstyrrelser på hverdager enn på helgedager. Over døgnet er fordelingene av avbrudd pga driftsforstyrrelser også relativt like, men andelen innenfor arbeidstid er noe større i kabelnett i forhold til i luftnett. I luftnett er det svært små andeler av de varslede avbruddene som skjer utenfor arbeidstid. I kabelnett er det relativt sett flere varslede avbrudd om natten enn i luftnett.

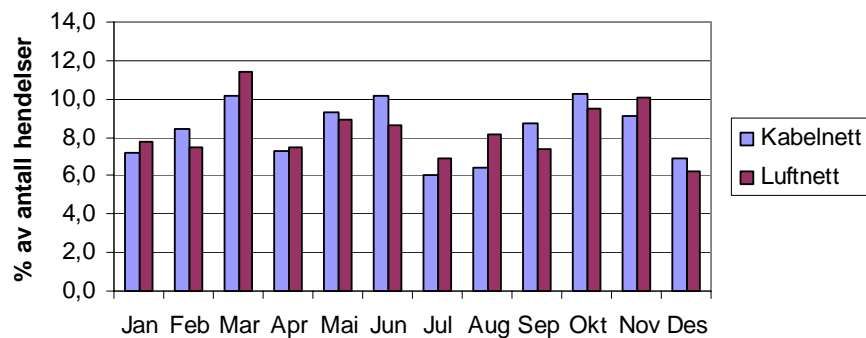
Disse mønstrene viser at **avbrudd pga driftsforstyrrelser i luftnett grovt sett er preget av klima, mens tilsvarende avbrudd i kabelnett i større grad er preget av samfunnsaktiviteter**. Aktivitetene mht planlagte utkoplinger ser ut til å være relativt likt plassert over året og uka i begge typer nett, med **relativt sett noen flere varslede avbrudd om natten i kabelnett**.

Månedsvariasjon

Fordeling av langvarige avbrudd pga driftsforstyrrelser - 2001

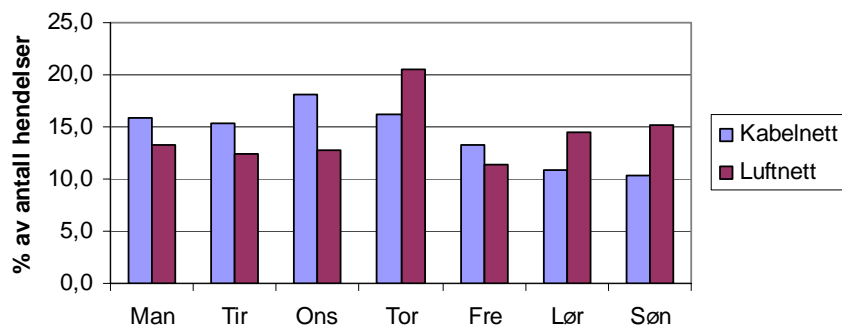


Fordeling av langvarige avbrudd (varslede) pga planlagte utkoplinger - 2001

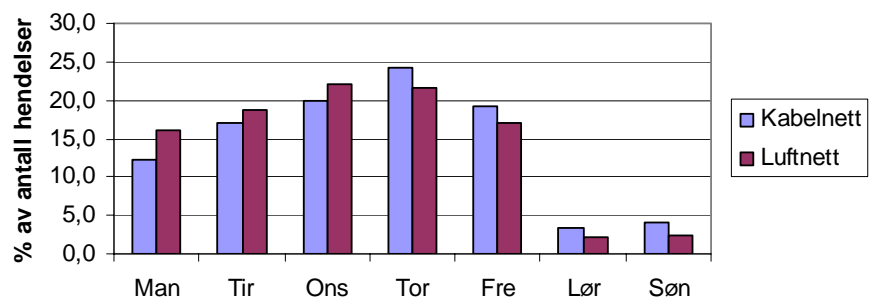


Ukevariasjon

Fordeling over uka av langvarige avbrudd pga driftsforstyrrelser - 2001

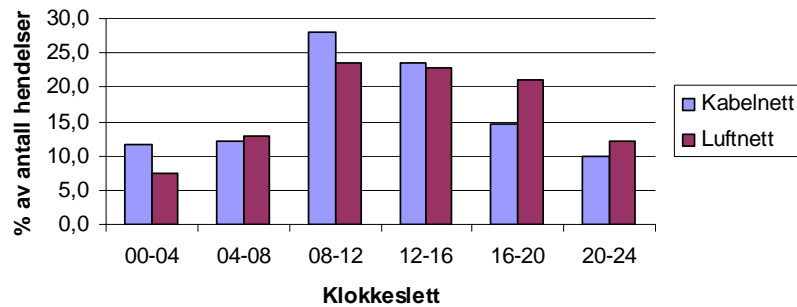


Fordeling over uka av langvarige avbrudd (varslede) pga planlagte utkoplinger - 2001

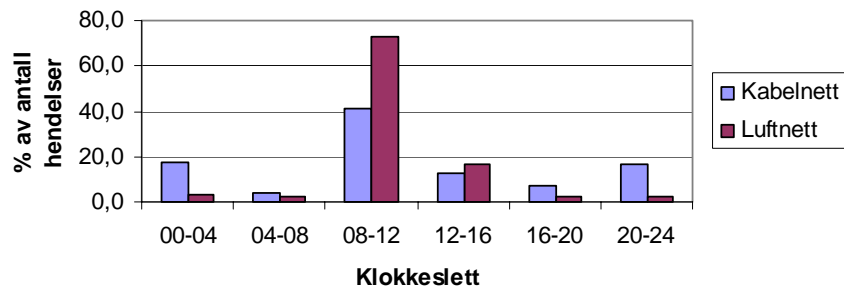


Døgnvariasjon i antall langvarige avbrudd

Fordeling over døgnet av langvarige avbrudd pga driftsforstyrrelser - 2001



Fordeling over døgnet av langvarige avbrudd (varslede) pga planlagte utkoplinger - 2001



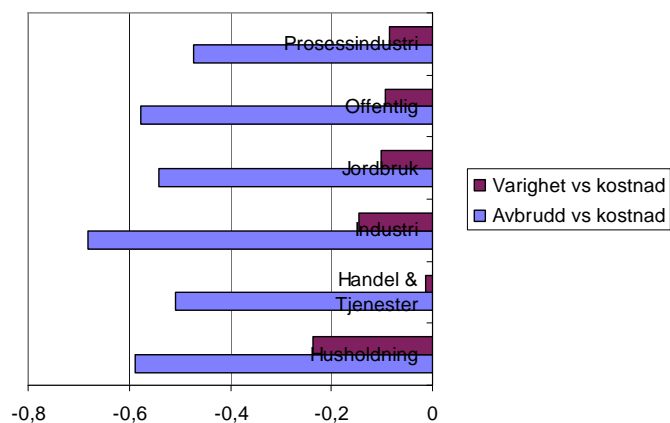
10 VEDLEGG 4 – KORRELASJONSFAKTORER OG TIDSVARIASJON

KORRELASJON MELLOM KOSTNAD I KRONER OG ANTALL AVBRUDD, HHV VARIGHET AV AVBRUDD

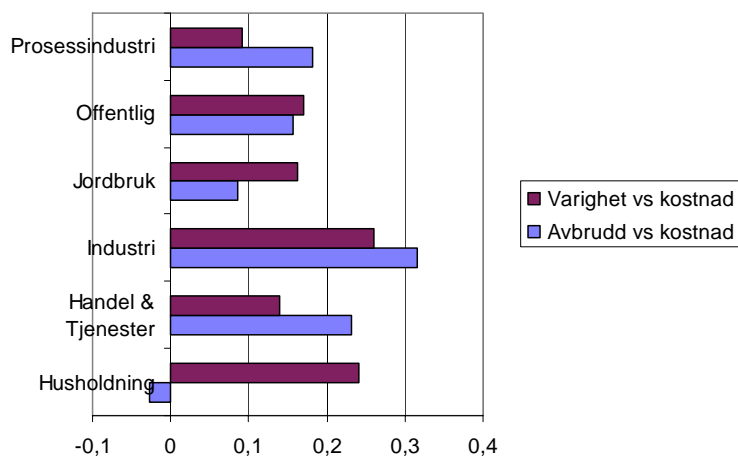
Månedsvariasjon

	Ikke varslede avbrudd		Varslede avbrudd	
	Avbrudd vs kostnad	Varighet vs kostnad	Avbrudd vs kostnad	Varighet vs kostnad
Husholdning	-0,59	-0,24	-0,03	0,24
Handel & Tjenester	-0,51	-0,01	0,23	0,14
Industri	-0,68	-0,15	0,32	0,26
Jordbruk	-0,54	-0,10	0,09	0,16
Offentlig	-0,58	-0,09	0,16	0,17
Prosess-industri	-0,47	-0,09	0,18	0,09

Korrelasjonsfaktorer ved ikke varslede avbrudd - årsvariasjon



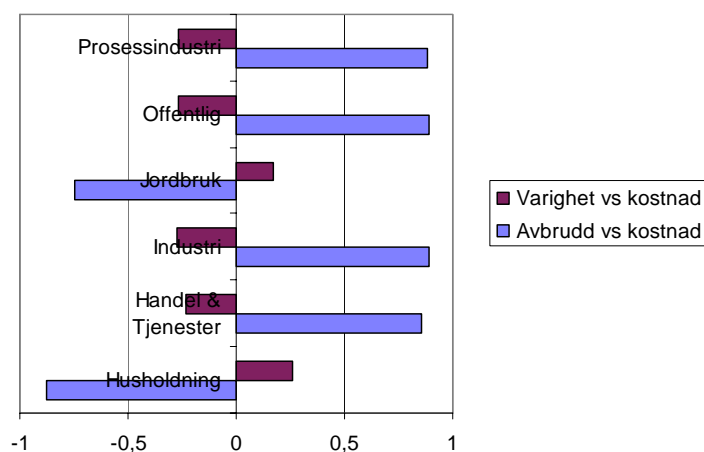
Korrelasjonsfaktorer ved varslede avbrudd - årsvariasjon



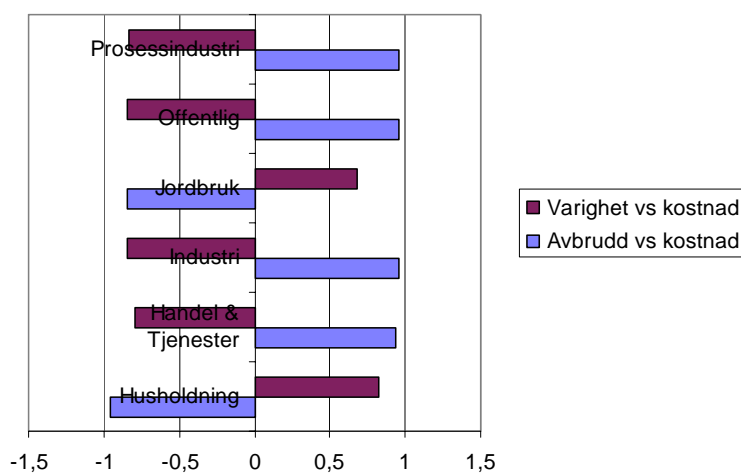
Ukevariasjon

	Ikke varslede avbrudd		Varslede avbrudd	
	Avbrudd vs kostnad	Varighet vs kostnad	Avbrudd vs kostnad	Varighet vs kostnad
Husholdning	-0,88	0,26	-0,95	0,83
Handel & Tjenester	0,85	-0,24	0,93	-0,80
Industri	0,89	-0,27	0,96	-0,84
Jordbruk	-0,75	0,17	-0,84	0,68
Offentlig	0,89	-0,27	0,96	-0,84
Prosessindustri	0,89	-0,27	0,96	-0,84

Korrelasjonsfaktorer ved ikke varslede avbrudd - ukevariasjon



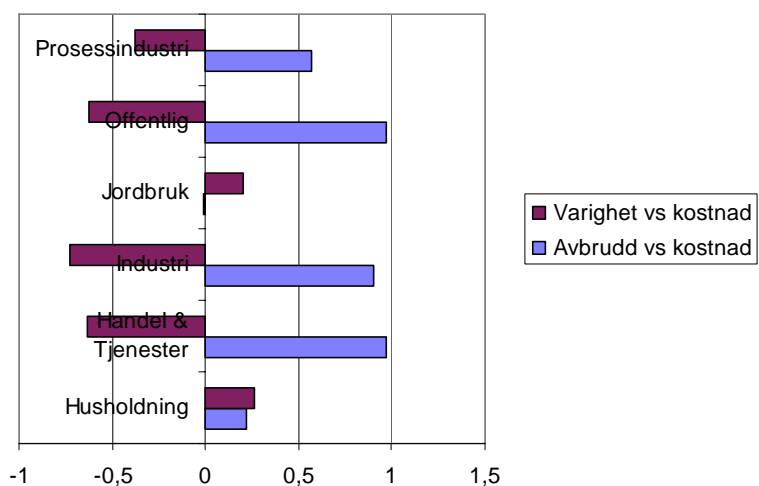
Korrelasjonsfaktorer ved varslede avbrudd - ukevariasjon



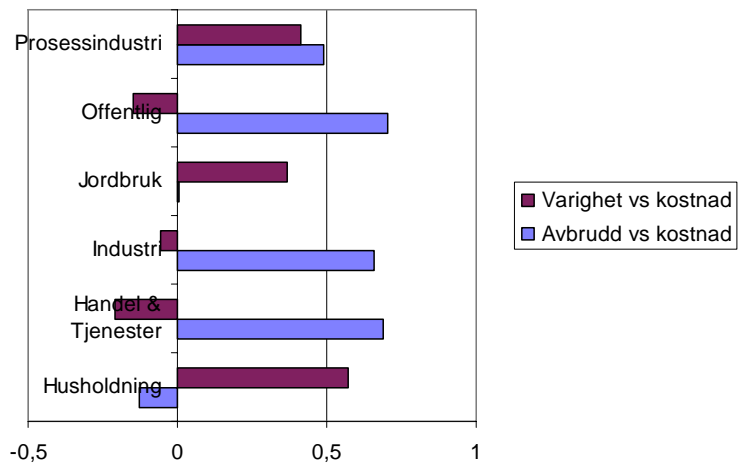
Døgnvariasjon

	Ikke varslede avbrudd		Varslede avbrudd	
	Avbrudd vs kostnad	Varighet vs kostnad	Avbrudd vs kostnad	Varighet vs kostnad
Husholdning	0,22	0,26	-0,13	0,57
Handel & Tjenester	0,97	-0,64	0,69	-0,21
Industri	0,90	-0,72	0,66	-0,05
Jordbruk	-0,01	0,20	0,01	0,37
Offentlig	0,97	-0,63	0,71	-0,15
Prosess-industri	0,57	-0,37	0,49	0,42

Korrelasjonsfaktorer ved ikke varslede avbrudd - døgnvariasjon



**Korrelasjonsfaktorer ved varslede avbrudd -
døgnvariasjon**

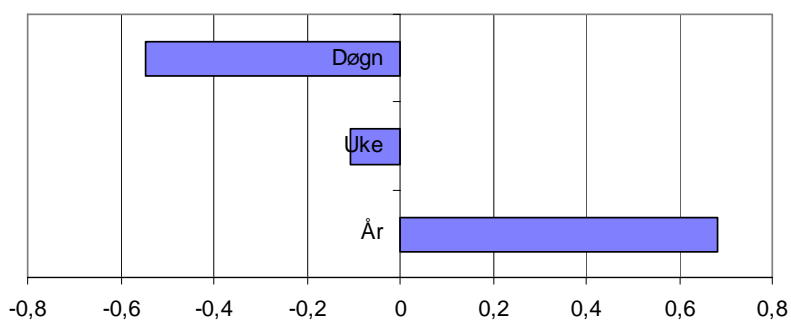


KORRELASJON MELLOM ANTALL OG VARIGHET AV AVBRUDD

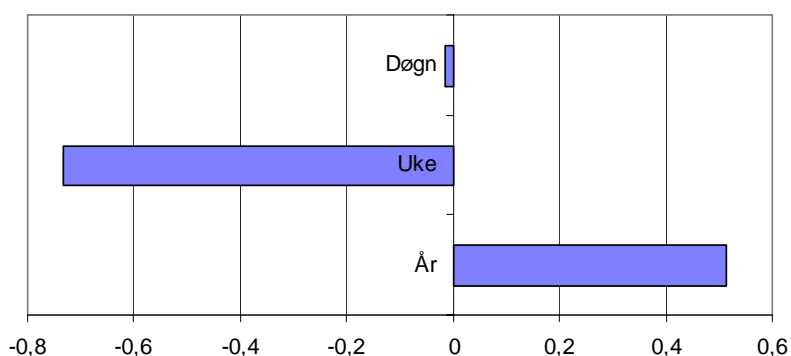
Korrelasjonsfaktorene for korrelasjon mellom antall og varighet av langvarige avbrudd er basert på FASIT-data for perioden 1996 – 2001 og gjelder i gjennomsnitt for alle typer distribusjonsnett.

		Ikke varslede avbrudd	Varslede avbrudd
Avbrudd vs varighet	Måned	0,68	0,51
	Uke	-0,11	-0,73
	Døgn	-0,55	-0,02

Korrelasjon ikke varslede avbrudd - antall og varighet



Korrelasjon varslede avbrudd - antall og varighet



VEDLEGG 4

**SNF – notat, Arbeidsnotat nr. 3/2004:
En sammenligning av estimer fra 1989-1991 og 2001-2002.**

Arbeidsnotat nr. 3/2004

**Sluttbrukeres kostnader forbundet med
strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
En sammenligning av estimer
fra 1989–1991 og 2001-2002**

av

**Balbir Singh
Nils Risholm**

SNF- prosjekt nr.: 3620
Kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser

Prosjektet er finansiert av EBL, NVE, Norsk Hydro, Statnett og NFR

**SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS
BERGEN, JANUAR 2004**

ISSN 1503-2140

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale
med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo.
Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale
og i strid med åndsverkloven er straffbart
og kan medføre erstatningsansvar.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Del 1 Innledning	V4.5
Del 2 Sammenligning av markedsundersøkelser:	
Noen generelle betraktninger	V4.5
2.1 Scenario forskjeller	V4.6
2.2 Om beregning av verdiene: Metodologiske forskjeller	V4.7
2.3 Forskjeller i tilført leveringskvalitet mellom 1990 og 2001	V4.8
2.4 Forskjeller i tiltak som er gjort av sluttbrukere for å redusere konsekvenser knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser	V4.8
Del 3 Kostnader ved strømbrudd: En sammenligning av resultater	V4.8
3.1 Omfang av undersøkelsene	V4.9
3.2 Kostnader ved strømbrudd	V4.9
Del 4 Konsekvenser og Kostnader ved spenningsforstyrrelser: En sammenligning av resultater	V4.12
Del 5 Avsavnsverdier : En sammenligning av resultater	V4.16
Del 6 Konklusjon	V4.18
Referanser	V4.19

DEL 1 INNLEDNING

Kunnskap om forskjellige kategorier av sluttbrukeres kostnader knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser er av stor betydning for samfunnsoptimal dimensjonering, prising og regulering av nettvirksomhet i et deregulert kraftmarked. Dette gjelder kunnskap både om nivået på slike kostnader og ikke minst hvordan slike kostnader utvikler seg over tid. Informasjon om norske sluttbrukeres kostnader knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser er godt dokumentert via to spørreundersøkelser. Data er innsamlet fra landsomfattende undersøkelser utført i tidsrom 1989-1991 i Kvitastein O. og B. Singh (1991a,1991b,1991c) og i 2001-2002 i Samdal K., G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003a,2003b).

I dette arbeidsnotatet sammenligner vi det tilgjengelige tallmaterialet fra disse to undersøkelsene for å analysere utvikling i norske sluttbrukeres kostnader knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Følgende analyser dokumenteres i dette notatet.

Sammenligning av kostnader for langvarige avbrudd med varighet 1-4 timer

Sammenligning av informasjon/kostnader knyttet spenningsforstyrrelser

Sammenligning av kostnader for langvarige avbrudd (8-24 timer) i 2001 undersøkelse med avsnnsverdier fra 1990 undersøkelse.

DEL 2 SAMMENLIGNING AV MARKEDSUNDERSØKELSER:

NOEN GENERELLE BETRAKTNINGER

Analyser av kostnader knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser har vært gjennomført ved flere studier i flere land og på forskjellige tidspunkt. En rask gjennomgang av estimatene på tvers av studier, indikerer variasjoner i estimatene selv for samme sluttbrukergruppe i samme land. Det kan være flere årsaker til forskjeller i verdiene for avbrudd. I Norge, er tallmaterialet hovedsakelig fra landsomfattende undersøkelse utført i tidsrom 1989-1991 i Kvitastein O., and B. Singh (1991a,1991b,1991c) og informasjon innsamlet i 2001-2002 i Samdal K., G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003a,2003b).

I de ovennevnte undersøkelsene, kan følgende fire mulige årsaker påpekes som de meste relevante:

Forskjeller i avbrudds scenariene som er lagt til grunn i spørreskjema

Forskjeller i beregningsmetodikk

Forskjeller i tilført leveringskvalitet mellom 1990 og 2001

Forskjeller i tiltak som er gjort av sluttbrukere for å redusere konsekvenser knyttet strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

2.1 Scenario forskjeller

En kilde til variasjon i estimatene kan være definisjonsforskjeller i scenariene som legges til grunn for beregning av kostnadene. I vårt tilfelle er tallmaterialet, når det gjelder langvarige strømbrudd med varighet utover 4 timer, ikke direkte sammenlignbart mellom de to undersøkelsene. I 1990-undersøkelsen var langvarig avbrudd spesifisert med varighet 8 timer, mens det i 2001-undersøkelsen er dette spesifisert med en varighet på 24 timer.

En annen definisjonsforskjell mellom 1990- og 2001-undersøkelsene gjelder spesifisering av sluttbrukeres betalingsvillighet for å unngå strømbrudd. Hensikten med å undersøke betalingsvillighet er begrunnet med å få et indirekte anslag på hvordan sluttbrukere verdsetter kostnader ved strømbrudd. Dette er gjort på to måter. I den første formuleringen har hovedmålsetningen vært å få et indirekte estimat for betalingsvillighet. En har innhentet informasjon om reserveutstyr¹ som respondenten har for å beskytte seg mot brudd i leveranser. Informasjonen er kombinert med opplysninger om investeringer og driftskostnader for å beregne kostnadene ved reserveutstyret. Dette tolkes som indirekte anslag på brukerens verdsetting av avbruddskostnader. Resonnementet bygger på forutsetningen om at en er villig til å betale et kronebeløp minst lik kostnader knyttet reserveutstyret. Dette spørsmålet er sammenlignbart mellom de to undersøkelsene. I den andre formuleringen har målsetningen vært å få et direkte anslag på betalingsvillighet (WTP- "willingness to pay") for å unngå strømbrudd, og alternativt antatt kompensasjon (WTA-willingness to accept) for å akseptere strømbrudd. I 1990 har dette tema vært behandlet på en enkel måte og bare kvalitativ informasjon er innhentet i denne forbindelsen. I 2001 har en derimot forsøkt å kvantifisere

¹ Det er likevel små forskjeller mellom 1990- og 2001-undersøkelsen når det gjelder selve beregningen av disse kostnadene. I 1990 undersøker en om tekniske detaljer om reserveutstyr og kombinerte dette med informasjon om priser på reserveutstyr og brensel for å beregne kostnadene ved reservekraft. I 2001-undersøkelsen innhenter en kostnadsinformasjon direkte fra brukeren og dermed overlatt alle beregningene til respondenten.

både WTP og WTA grundig. Mulighetene for å sammenligne disse verdiene mellom de to undersøkelsene er derfor begrenset.

2.2 Om beregning av verdiene: Metodologiske forskjeller

Kostnader knyttet strømbrydd blir vanligvis beregnet enten ved direkte metoder eller indirekte metoder (Samdal et al.:2003b). I 1990-undersøkelsen for jordbruk, industri, handel og tjenester er beregninger basert på egenrapporterte opplysninger om kostnader ved strømbrydd. For hushold har vi brukt anslag på hvor mye hushold er villig til å betale for å unngå et strømbrydd som en indikator for kostnader knyttet til strømbrydd. I 2001-undersøkelsen har vi spurt om kostnader ved avbrydd og betalingsvillighet for å unngå avbrydd. Størrelsen på forskjellene synes i dette tilfellet å være avhengig av strategisk adferd hos respondentene. Nærmere analyser av data fra 2001-undersøkelsen viser en systematisk overestimering i egenrapporterte kostnadstall sammenlignet med betalingsvillighet for et sammenlignbart avbryddscenario. Dette er forhold som er forventet brukeradferd i et markedsbasert system. I 1990 var kraftomsetningen underlagt et helt annet regime hvor sannsynligheten for strategisk respons var langt mindre. Under slik sektor- organisering forutsetter vi at egenrapporterte kostnadstall vil være i samsvar med betalingsvillighet. For å justere for disse forskjellene har vi beregnet gjennomsnittet av de egenrapporterte kostnadene og gjennomsnittet av betalingsvillighet for avbrydd (Samdal et al.:2003b). Det er disse antakelsene som gjør at en kan sammenligne tall fra 1990 med estimatene som er beregnet på grunnlag av tallmaterialet fra 2001.

En annen kilde for forskjell kan være kvaliteten på datagrunnlaget som er tatt i bruk for normalisering av kostnader. I 1990 er kostnadstall for jordbruk, industri, handel og tjenester normaliserte ved bruk av forbruksdata som er hentet direkte fra respondentene. For husholdninger er det innhentet informasjon om bolig og beregnet strømforbruk ved hjelp av data fra (EFI). I 2001 undersøkelsen er informasjon om strømforbruk innhentet direkte fra respondentene. Spesielt for husholdningene kan forskjeller i normaliserte kostnader være avhengig av kvaliteten på tallmaterialet som blir brukt i 1990-undersøkelsen for å beregne husholdningenes strømforbruk.

2.3 Forskjeller i tilført leveringskvalitet mellom 1990 og 2001

For å forstå forholdet mellom leveringskvalitet og kostnader knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser, er det nyttig å se på sammenhengen mellom leveringskvalitet og etterspørsel etter strøm. Tar vi utgangspunkt i forutsetningen om rasjonelle aktører, f. eks en profittmaksimerende, risikoaverserende bedrift som står overfor usikkerhet med hensyn til kvalitet på innsatsfaktorer, kan det vise seg at det under rimelige forutsetninger om produksjonsteknologi, vil en bedring i kvaliteten på en eller flere innsatsfaktorer bidra til en endring i sammensetningen av innsatsfaktorene. En får økning i intensiteten i bruk av innsatsfaktorer med forbedret kvalitet som i neste omgang kan bidra til større avhengighet og tilsvarende større kostnader ved avbrudd. Tidsperioden mellom 1990 og 2001 kan være preget av forbedring i leveringskvaliteten og bør tas i betraktning når en skal tolke forskjeller mellom de to undersøkelsene.

2.4 Forskjeller i tiltak som er gjort av sluttbrukere for å redusere konsekvenser knyttet til strømbrudd og spenningsforstyrrelser

Egenrapporterte direkte kostnader knyttet strømbrudd er avhengig av hvilke tiltak som er gjort av sluttbruker for å unngå eller redusere konsekvenser knyttet strømbrudd og spenningsforstyrrelser. For eksempel: hvis vi ser bort fra selve investerings og drifts kostnader for reserveutstyr, kan direktekostnader være lik null dersom sluttbruker har reserveutstyr som vil kunne forsyne brukerens hele elektrisitetsbehov under et strømbrudd.

DEL 3 KOSTNADER VED STRØMBRUDD: EN SAMMENLIGNING AV RESULTATER

Sammenligning av resultater fra de to undersøkelsene er en vanskelig oppgave da det kan være forskjeller i design, metode, levert nivå på leveringskvalitet og blant annet type tiltak som brukere har foretatt for å beskytte seg fra konsekvenser ved strømbrudd og spenningsforstyrrelser. Dette ble diskutert i kapittel 1. Imidlertid kan en begynne med å identifisere hvilke sammenligninger er mulig når det gjelder kostnader ved strømbrudd.

3.1 Omfang av undersøkelsene

Undersøkelsenes omfang er vist i tabell 1. Tall i kursiv gjelder 1990 undersøkelse mens alle andre tall referer seg til 2001 undersøkelsen.

Tabell 1 Omfang av undersøkelsene

	Hushold	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri
Utvalgstørrelse (antall)	1000 <i>(4000)</i>	2400 <i>(2100*)</i>	1800 <i>(2300)</i>	800 <i>(2052)</i>	800 --	220 --
Kilde	DM-Huset Telenor 180 <i>SSB</i>	SSB <i>SSB</i>	SSB <i>SSB</i>	SSB <i>L. Dep.</i>	SSB --	PIL <i>SSB</i>
Postal (dato) 1st utsending	14/11 <i>06/08</i>	16/11 <i>22/05</i>	19/11 <i>31/05</i>	14/11 <i>31/05</i>	28/11	Uke 47
1.purring	26/11 <i>19/09</i>	28/11 <i>20/08</i>	27/11 <i>20/08</i>	26/11 <i>24/08</i>	6/12 --	6/12 --
2. utsendelse	6/12 --	12/12 --	12/12 --	7/12 --	9/1 --	9/1 --
2. purring	10/01 --	11/01 --	11/01 --	10/01 --	-- --	15/01 --
Svarprosent	45 <i>39</i>	27 <i>19</i>	25 <i>21</i>	43 <i>33</i>	45 --	45 --

Note: *: Inkluderer prosessindustri.
-- Ingen data

Tabell 1 viser at forskjeller i design, innhenting av data og svarprosent for begge undersøkelsene. 2001 undersøkelsen har hatt en bedre svarprosent for alle brukergrupper. Dog er antall returnerte skjema i 1990-undersøkelsen (3000) større enn i 2001-undersøkelsen hvor antall svar var lik 2214. Lavere svarprosent i 1990 skyldes også at gruppene ble purret bare en gang. Det kunne vært ønskelig med flere purringer, men dette var ikke mulig siden utvalgskilden SSB tillot bare en purring ved bruk av sine registre.

3.2 Kostnader ved strømbrydd

Figur 1 viser et utdrag av spørreskjema for industri fra 2001. Lignende spørsmål var stilt til andre brukergrupper også for å innhente informasjon om direkte kostnader relatert til avbrudd som skyldes tilfeldig svikt i leveranser. Det er kun kostnader knyttet til avbrudd med varighet 1 time og 4 timer som er sammenlignbare med det tilsvarende tallmaterialet fra 1990.

Figur 1

DEL 2 Kostnader ved strømbrudd og spenningsreduksjon.

Med strømbrudd menes at forsyningen fra nettselskapet er brutt.

Med redusert spenning menes her at spenningen for en kort tid er redusert i forhold til det normale.

Anslå kostnader ved strømbrudd/spenningsreduksjon

11	Anta at strømbrudd/spenningsreduksjon skjer uten varsel en torsdag kl 10.00 i januar . Varigheten er ikke kjent på forhånd. Anslå kostnader ved ulike varigheter.					
		Spenningen er redusert til det halve, med varighet:	Strømbrudd med varighet			
		1 sekund, inntre kl 10	Inntil 1 minutt, kl 10.00-10.01	Inntil 1 time, kl 10.00-11.00	Inntil 4 timer, kl 10.00-14.00	Inntil 24 timer, kl 10.00-10.00
	Totale kostnader					
	<i>Hvis mulig, vennligst angi fordeling av kostnadene:</i>					
	A. Skader på utstyr og vrakproduksjon eller forringet kvalitet (dvs ødelagte råvarer og ferdigvarer)					
	B. Tap fra produksjon som ikke kan tas igjen (målt som tapt dekningsbidrag *)					
	C. Ekstra omkostninger ved produksjon som må tas igjen (f. eks. overtid)					
	D. Kostnader ved oppstart av produksjonsprosessen					
	E. Ekstra omkostninger i administrasjonen (f eks ekstra kontorarbeid)					
F. Andre kostnader, spesifiser:						

*) Tapt dekningsbidrag er tapt omsetning fratrukket sparte kostnader for tapt produksjonsmengde.

Sammenlignings
grunnlag for
1990 og 2001
undersøkelsen

Tabell 2 gjengir sammenlignbare resultater fra de to undersøkelsene når det gjelder kostnader knyttet strømbrudd. Forskjeller kan være fremkommet på grunn av flere årsaker. Et viktig moment i denne sammenhengen er muligheter for strategisk svargivning i spørreskjemaene (Samdal et al:2003a,2003b). En rask sammenligning av egenrapporterte kostnader med deres betalingsvillighet for å unngå strømbrudd viser et stor avvik. Mens et avviket er som forventet er det fortsatt vanskelig å fastslå eksakt størrelse som skyldes strategisk svargivning. En måte å korrigere for strategisk svargivning er å benytte et gjennomsnitt av egenrapporterte kostnader og betalingsvillighet og tolke en slik estimat som de reelle kostnader knyttet strømbrudd.

**Tabell 2 Egenrapporterte direkte kostnader ved strømbrudd for ulike brukere
(kr./ikkelevert kWh-2001 kr.)**

	Hushold*	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri
Kostnader						
1 time	11,46 <i>3,01</i>	123,03 <i>68,56</i>	201,46 <i>47,83</i>	16,57 <i>1,42</i>	19,89 --	23,77 <i>19,3</i>
Differanse 1 time	8,45	54,47	153,63	15,12	--	4,47
4 timer	12,69 <i>11,25</i>	107,32 <i>54,18</i>	166,53 <i>49,94</i>	13,83 <i>4,95</i>	25,61 --	20,65 <i>27,13</i>
Differanse 4 timer	1,44	53,14	116,59	8,88	--	-6,48

Note : Tall i kursiv gjelder 1990-undersøkelsen oppjustert til 2001 kr. Alle andre tall referer seg til 2001-undersøkelsen.

* Kostnadstall for gruppe hushold for 1990-undersøkelsen referer seg til betalingsvillighet.

-- Ingen data

Forskjeller kan være fremkommet på grunn av flere årsaker. Et viktig moment i denne sammenhengen er muligheter for strategisk svargivning i spørreskjemaene.(Samdal et al:2003a,2003b). En rask sammenligning av egenrapporterte kostnader med deres betalingsvillighet for å unngå strømbrudd viser et stor avvik. Mens et avviket er som forventet er det fortsatt vanskelig å fastslå eksakt størrelse som skyldes strategisk svargivning. En måte å korrigere for strategisk svargivning er å benytte et gjennomsnitt av egenrapportert kostnader og betalingsvillighet og tolke en slik estimat som de reelle kostnader knyttet strømbrudd. Tabell 3 viser en sammenligning av 1990 tall med et estimert tall for 2001 hvor en har korrigert for strategisk svargivning.

Tabell 3 Avbruddskostnader for ulike brukere (kr./ikke-levert kWh-2001 kr.)

	Hushold*	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri
Kostnader						
1 time	8,59 <i>3,01</i>	70,47 <i>68,56</i>	99,60 <i>47,83</i>	16,16 <i>1,42</i>	11,86 --	14,44 <i>19,3</i>
Diff.1 time	5,58	1,91	51,77	14,74	--	-4,86
4 timer	8,65 <i>11,25</i>	57,11 <i>54,18</i>	97,10 <i>49,94</i>	25,61 <i>4,95</i>	14,76 --	10,80 <i>27,13</i>
Diff.4 timer	-2,60	2,93	47,16	20,66	--	-16,33

Note :Tall i kursiv gjelder 1990-undersøkelsen oppjustert til 2001 kr. Tall for 2001-undersøkelsen er en aritmetisk middel av egenrapporterte kostnader og betalingsvillighet for å unngå strømbrudd.

* Kostnadstall for gruppe hushold for 1990-undersøkelse referer seg til betalingsvillighet.

-- Ingen data

Tabell 3 viser at det for industri, handel og tjenester og jordbruk har skjedd en merkbar reell økning i kostnader knyttet strømbrudd i tidsperioden 1990-2001. For prosessindustri viser tallene et nedgang i reelle kostnader.

Når det gjelder sammenligningen av betalingsvillighet kan vi bare analysere dette for husholdninger. Dette skyldes at det for brukergruppene industri, handel og tjenester og jordbruk, ikke er gjennomført en detaljert undersøkelse av betalingsvillighet i 1990-undersøkelsen.

**Tabell 4 Betalingsvillighet for å unngå konsekvenser knyttet strømbrudd
(kr./ikkelevert kWh-2001 kr.)**

	Hushold*	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri
Betalingsvillighet						
1 time	5,04 <i>3,01</i>	17,52 --	22,89 --	15,74 --	1,55 --	9,82 --
Diff.1 time	2,03					
4 timer	4,47 <i>11,25</i>	13,90 --	15,51 --	9,24 --	2,34 --	10,18 --
Diff.4 timer	6,68					

Note :Tall i kursiv gjelder 1990-undersøkelsen oppjustert til 2001 kr.

Alle andre tall referer seg til 2001- undersøkelsen.

-- Ingen data

DEL 4 KONSEKVENSER OG KOSTNADER VED SPENNINGSFORSTYRRELSER: EN SAMMENLIGNING AV RESULTATER


Informasjon omkring forhold knyttet variasjon i tilført spenning og konsekvenser og kostnader knyttet spenningsforstyrrelser har vært et tema i begge undersøkelsene. Omfanget av dette temaet er begrenset i 1990-undersøkelsen. Informasjon omkring konsekvenser og kostnader knyttet spenningsforstyrrelser er innhentet ved hjelp av to spørsmål i begge undersøkelsene. Det første spørsmål innhenter opplysninger om brukerens opplevelse når det gjelder uregelmessigheter i tilført spenning. Figur 2 viser et utdrag av spørreskjema for industri fra 2001. Lignende spørsmål var stilt i 1990 undersøkelsen og informasjon fra begge undersøkelsene er direkte sammenlignbare på dette punktet.

Figur 2**Informasjon om uregelmessigheter i spenningen**

Nedenfor er angitt mulige konsekvenser av uregelmessigheter i spenningen.

Har bedriften vært utsatt for noen av disse fenomenene i løpet av det siste året? (Svar etter best evne)

Funksjonssvikt i EDB-anlegg	Kortvarige overspenninger
Problemer med å starte elektriske motorer	For høy stasjonær spenning
Funksjonssvikt i prosess-styringsanlegg	For lav stasjonær spenning
Elektriske motorer koblet fra nettet av motor-vernet	Hurtig spenningsvariasjoner/ lysflimmer
Kortere levetid på glødelamper	Asymmetri i spenningen
Varmgang i elektrisk utstyr	Overharmoniske spenninger
Kortvarige underspenninger	
Annet (spesifiser): _____	

Note:  Sammenlignbare resultater 2001 og 1990

Tabell 5 gjengir sammenlignbare resultater fra de to undersøkelsene når det gjelder brukernes opplevelse av uregelmessigheter i tilført spenning.

Tabell. 5 Brukers opplevelse av uregelmessigheter i spenningen 2001 og 1990.

(Andel av brukere %)

	Industri		Handel og tjenester		Jordbruk	
	2001	1990	2001	1990	2001	1990
Spenningsforstyrrelser						
Kortere levetid på glødelamper	4,7	10,4	8,0	12,1	17,8	31,0
Varmgang på elektrisk utstyr	2,4	4,1	1,9	1,9	2,2	5,7
Dårlig lysutbytte fra glødelamper	--	2,2	--	2,1	--	10,8
Problemer med å starte el. motorer	11,3	4,4	4,2	1,9	6,9	6,6
Sjenerende lysflimmer*	10,2	5,3	6,1	4,4	8,8	11,1
Unormal brumming	--	5,3	--	4,4	--	10,0
Skadelig oppvarming	--	0,3	--	0,2	--	2,2
Motorer koplet fra av motorvernet	14,4	9,4	4,0	4,4	10,9	13,2
Funksjonssvikt i EDB-anlegget	39,2	26,4	40,0	27,3	9,4	3,2
Funksjonssvikt i prosessstyringsanlegg	15,9	10,4	2,8	1,6	0,6	1,2
Forstyrrelser-skader på elektrisk utstyr	--	13,5	--	7,5	--	--
Kortvarige underspenninger	10,5	--	4,9	--	8,4	--
Kortvarige overspenninger	8,9	--	5,4	--	5,9	--
For høy stasjonær spenning	1,0	--	0,9	--	1,3	--
For lav stasjonær spenning	2,4	--	1,4	--	4,1	--
Asymmetri i spenningen	0,5	--	0,9	--	1,9	--
Overharmoniske spenninger	1,1	--	0,9	--	0,3	--

Note: -- Ingen data

Innen industri viser det seg at funksjonssvikt i EDB- og prosess-styringsanlegget, motorer frakoblet motorvernet, problemer med å starte elektriske motorer samt sjenerende lysflimmer synes å berøre flere bedrifter i 2001 enn i 1990. Innen handel og tjenester er det særlig funksjonssvikt i EDB-anlegget som vil berøre flere bedrifter i 2001. Funksjonssvikt i EDB-anlegget berører også flere gårdsbruk enn i 1990. Den generelle nedgangen i spenningsforstyrrelser i jordbruket kan sannsynligvis forklares med en utjevning av leveringskvaliteten mellom by og land i perioden 1990 til 2001.

Tabell 6 viser faktiske tiltak som er gjort blant brukerne for å redusere konsekvenser av strømbrudd og spenningsvariasjon. Sammenlignet med 1990, for handel og tjenesteyting viser det en nedgang i andel bedrifter som har satt i verk slike tiltak. En forklaring for nedgangen innen handel og tjenester kan være den sterke veksten i nyetableringer innen forretningsmessig tjenesteyting i forhold til andre bransjer i perioden mellom 1990 og 2001 (Statistisk årbok:1992:2003). Det kan være at nyetablerte bedrifter, spesielt små bedrifter vurderer utgifter til å anskaffe seg utstyr for forebygge skadevirkninger av strømbrudd og spenningsvariasjon på en annen måte enn mer etablerte bedrifter. For de bedriftene som har gjennomført tiltak for å redusere virkningene av strømbrudd og spenningsforstyrrelser er det sterk økning i anskaffelser av UPS og overspenningsvern. Prosessindustrien er den bransjen der flest bedrifter har iverksatt tiltak for redusere konsekvenser av strømbrudd og spenningsforstyrrelser. Blant bedriften i denne gruppen har man gjennomført flere tiltak i hver bedrift enn det en finner i de øvrige gruppene.

Tabell 6 Tiltak for verne seg uregelmessigheter i spenningen 2001 og 1990.

(Andel av brukere %)

	Industri		Handel og tjenester		Jordbruk		Prosess-industri	
	2001	1990	2001	1990	2001	1990	2001	1990
Ingen tiltak	38,3	38,4	46,9	31,7	38,0	--	20,0	--
Kontaktet everket	17,5	14,2	4,6	9,3	4,3	--	28,6	--
Reserveaggregat	10,1	7,9	8,9	4,9	24,3	--	32,9	--
Installert spenningsstabilisatorer	--	15,4	--	13,3		--	--	--
Installert overspenningsvern	26,8	10,7	20,9	7,0	38	--	34,3	--
Installert overharmonisk filter	2,7	0,6	1,5	1,4	0,3	--	10,0	--
Installert UPS	33,8	8,8	29,8	5,1	1,8	--	57,1	--
Relevante forsikringsordninger	11,5	--	5,8	--	26,3	--	25,7	--
Fasekompenseringsutstyr	6,6	--	0,3	--	0	--	20,0	--

Note: -- Ingen data

Sammenligningsgrunnlag for å foreta kvantitative vurderinger over endringer i kostnader knyttet spenningsforstyrrelser i tidsperiode 1990-2001 er begrenset. I 2001 undersøkelsen ble dette tema håndtert på en grundig måte. Figur 3 viser et utdrag av spørreskjema for industri fra 2001.

Figur 3

Anslå kostnader strømbrudd/spenningsreduksjon ved strømbrudd/spenningsreduksjon

Anta at skjer uten varsel **en torsdag kl 10.00 i januar**. Varigheten er ikke kjent på forhånd.

Anslå kostnader ved ulike varigheter.

	Spenningen er redusert til det halve, med varighet:
	1 sekund, inntre kl 10
Totale kostnader	
A. Skader på utstyr og vrakproduksjon eller forringet kvalitet (dvs ødelagte råvarer og ferdigvarer)	
B. Tap fra produksjon som ikke kan tas igjen (målt som tapt dekningsbidrag *)	
C. Ekstra omkostninger ved produksjon som må tas igjen (f. eks. overtid)	
D. Kostnader ved oppstart av produksjonsprosessen	
E. Ekstra omkostninger i administrasjonen (f eks ekstra kontorarbeid)	
F. Andre kostnader, spesifiser:	

*) Tapt dekningsbidrag er tapt omsetning fratrasket sparte kostnader for tapt produksjonsmengde.

Samdal (2003) gir en detaljert analyse av innhentet informasjon fra 2001-undersøkelsen når det gjelder kostnader knyttet spenningsforstyrrelser. Rapporten dokumenterer at det betydelig kostnader knyttet til spenningsforstyrrelser spesielt innen prosessindustri. I 1990 undersøkelse, innhentet en informasjon om brukerens investeringer i utstyr for verne seg mot denne type uregelmessigheter. Hensikten var å beregne en indirekte estimat for kostnader knyttet spenningsforstyrrelser på basis av denne informasjon. På grunn av svakheter i datagrunnlag på dette spørsmålet, ble det ikke gjort noen videre analyser.

Data innhentet i 1990 og 2001 indikerer at spenningskvalitet er viktig. I tillegg er det dekning for at og det finnes muligheter for individuelle lokale løsninger for å verne seg mot dette problemet. Tall materialet også indikerer at brukere har tatt i bruk lokale løsninger i økende grad fra 1990 til 2001. Behovet for en omfattende regulering av spenningskvalitet bør

vrurderes i lys av dette. Ved å utarbeide en omfattende reguleringsregime som inkluderer regulering av spenningskvalitet risikerer en utstenging av lokale løsninger som kan være effektiv både i økonomisk og teknologisk forstand.

DEL 5 AVSAVNSVERDIER : EN SAMMENLIGNING AV RESULTATER

Beregning av kostnader ved strømbrudd krever et skille mellom avbrudd som oppstår på grunn teknisk svikt i forsyningen og det som skyldes *mangel på energi*. Det er de siste nevnte som betegnes *avsavnsverdi*. Energimangel kan forekomme i år med lite nedbør. Dette kan skape behov for rasjonering av strøm. Energimangel i et vannkraft basert system kan i en viss grad forutsies og derfor blir rasjonering ofte planlagt i god tid. Det er de kortsiktige kostnader knyttet slik planlagt rasjonering som avsavnsverdi skal avspeile. Avvik mellom kostnader ved strømbrudd og avsavnsverdi skyldes forskjeller i forutsigbarhet mellom de to situasjonene og brukeres muligheter til å redusere kostnader på grunn av varsling. Det er lang tradisjon i Norge, når det gjelder beregning av avsavnsverdier og det finnes data fra flere studier. Estimering av avsavnsverdi var en viktig tema i 1990 undersøkelsen. Figurene 4 og 5 viser et utdrag av spørsmål som ble brukt for å innhente informasjon om rasjonerings forhold

Figur 4

DEL 3. RASJONERING

*Vannkraften er hovedkilden for elektrisk kraft i Norge. Derfor kan det i år med lite nedbør oppstå en krisesituasjon, hvor det blir nødvendig å rasjonere elektrisiteten over en gitt tidsrom, for eksempel én eller flere måneder. I denne delen ønsker vi å se på hvilke konsekvenser rasjonering har for konsumentene. Anta at det blir nødvendig å foreta strømrasjonering **en måned** på vinteren. Rasjoneringen blir gjennomført ved at hver forbruker får tildelt en viss kvote elektrisitet for måneden. Kvoten er angitt i prosent av normalt forbruk. Innenfor måneden kan brukeren selv fordele den tildelte mengden over tid og på formål. **Varsel** om rasjonering skjer 3 uker før rasjoneringsmåneden.*

I hvilken grad vil De redusere strømforbruket i de ulike brukerområder?

Anta at bedriften får tildelt en kvote på 80% av normalt forbruk i januar måned.	Reduksjon i strømforbruket (Avmerk passende alternativ)					
	0%	-20%	-40%	-60%	-80%	-100%
Belysnings innendørs...						
Belysning utendørs...						
Romoppvarming...						
Vannoppvarming...						
Ventilasjon...						
Heiser, rulletrapper, dører...						
Kjøling og frysing...						
Data, kassaapparater o.l...						
Tilberedning av mat...						
Annet, spesifiser						

Figur 5**Hvor mye blir omsetningen pr. måned redusert som følge av rasjoneringen?**

(NB! I en periode med rasjonerings kan en ikke redusere energiforbruket ved å fordele produksjonen over døgnet.)

		Reduksjon i omsetning pr. måned:					
		0%	-20%	-40%	-60%	-80%	-100%
Kvote 90%...							
Kvote 80%...							
						Kvote	70%...
Kvote 60%...							

Minste kvote firmaet må ha i en måned uten at det blir full produksjonsstans

(Varsel om rasjonerings skjer 3 uker før rasjoneringsmåneden.)

Kvote i % av normalt forbruk en måned på vinteren:

For industri og handel og tjenester er avsavnsverdier beregnet på grunnlag av egenrapportering om brutto omsetningstap. Brutto beløpet er omregnet til forventet netto tap og fordelt på bortrasjonert kWh for å få et estimat for avsavnsverdi. Resonnementet bygger på forutsetningen om at brukeren er villig til å betale et kronebeløp minst tilsvarende nettotapet ved omsetningsreduksjon dersom en kunne velge å kjøpe seg fri fra tildelt kvote under rasjonerings. For husholdninger og jordbruks kunder har en stilt direkte spørsmålet om hvor mye brukeren er villig til å betale utover normal pris for å få økt sin tildelte kvote. Begge beregningsmetoder er sensitive overfor data forutsetninger når det gjelder dekningsbidrag som brukes for å beregne netto tap, målingene av forbruk som brukes for å beregne bortrasjonert kraft og strømprisen som brukes for å beregne betalingsvillighet av husholdninger og jordbruks kunder. Tabell 7 gjengir avsavnsverdier i 2001 kroner basert på informasjon innhentet i 1990-undersøkelsen.

Tabell 7 Avsavnsverdier 1990-undersøkelsen i kr./kWh 2001 kr.

Sektor	Måned	Omsetningsandel	Kvote				
			Lastfordeling	90 %	80 %	70 %	60 %
Industri	Vintermåned	0,08	0,089	1,55	1,67	2,21	2,58
Handel	Vintermåned	0,08	0,094	7,26	6,05	6,44	5,74
Husholdning	Januar		0,105	0,36	0,57	0,91	1,28
Jordbruk	Januar		0,093	0,42	0,58	0,94	1,35

Note:

Kvote: Angitt som andel av normalforbruk i rasjoneringsmåneden

Omsetningsandel: Andel av årsumsetning i rasjoneringsmåneden=Januar

Lastfordeling: Andel av årforbruk i rasjoneringsmåneden=Januar

For industri og handel verdier er avhengig av den forutsetningen en legger til grunn for dekningsbidrag som er satt lik 7%.

Avsavnsverdier for husholdning og jordbruk er beregnet som prosent av pris. (Pris range 0,28-0,63)

I 2001 undersøkelsen er det ingen spesifikk innhenting av informasjon når det gjelder beregning av avsavnsverdier. Det nærmest som finnes er kostnader knyttet ikke varslet

strømbrudd med varighet 4 timer og 24 timer . I tillegg finnes det informasjon om prosentvis reduksjon i kostnadene for 4timers avbrudd dersom avbrudd var varslet 1 dag på forhånd. Det er dette scenario som ville være nærmest det som kan beskrives som en rasjonerings scenario.

Tabell 8 Betalingsvillighet for å unngå konsekvenser knyttet strømbrudd som er varslet 1 dag på forhånd 2001-undersøkelsen (kr./ikkelevert kWh)

	Hushold	Industri	Handel og tjenester	Jordbruk	Offentlig virksomhet	Prosess-industri
Betalingsvillighet						
4 timer	3,88	10,84	10,89	4,96	1,58	9,53
24 timer	--	6,26	5,58	3,52	0,81	3,84
Avsavsverdi i 2001 kr	min. 0,36 maks. 1,28	min. 1,55 maks. 2,58	min. 5,24 maks 7,76	min. 0,42 maks. 1,35	--	--

-- Ingen data

Tabellen viser at det for industri, handel og tjenester og jordbruk har det skjedd et merkbart reell økning i avsavsverdier i tidsperiode 1990-2001. Utviklingen er sammenlignbar med endringer i kostnader ved strømbrudd som var diskutert i kapittel 1. Resultater gir en grov indikasjon på utvikling i kostnader knyttet langvarige avbrudd som er godt planlagt og effektivt med minst en dags varsling; noe som vil være nærmest en situasjon med rasjonering på grunn av energimangel.

DEL 6 KONKLUSJONER

Analysen viser at det har skjedd en økning i kostnader ved strømbrudd og avsavsverdier for nesten alle gruppene. Om en tar hensyn til at respondentenes svar er farget av strategiske motiver, blir økningen lavere. Data indikerer at spenningskvalitet er viktig problemstilling for sluttbrukerne. Videre er det dekning for at og det finnes muligheter for individuelle lokale løsninger for å verne seg mot dette problemet. Tallmaterialet indikerer også at brukere har tatt i bruk individuelle løsninger i økende grad fra 1990 til 2001. Behovet for en omfattende regulering av spenningskvalitet bør vurderes i lys av dette. Ved å utarbeide en omfattende reguleringsregime som inkluderer regulering av spenningskvalitet risikerer en utstenging av lokale løsninger som kan være effektiv både i økonomisk og teknologisk forstand.

Litteraturliste

Kvitastein O. og B. Singh (1991a) "Leveringskvalitet på elektrisk kraft: Avbruddskostnader og avsavnsverdier i Industri, Handel og Tjenester" Rapport 9/1991, SNF, Bergen

Kvitastein O. og B. Singh (1991b) "Leveringskvalitet på elektrisk kraft: Avbruddskostnader og avsavnsverdier i Husholdninger" Rapport 10/1991, SNF, Bergen

Kvitastein O. og B. Singh (1991c) "Leveringskvalitet på elektrisk kraft: Avbruddskostnader og avsavnsverdier i Jordbruket" Rapport 10/1991, SNF, Bergen

Samdal K., G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003a) ” Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 1 av 3: Spørreundersøkelse – Metodeunderlag”, Rapport TR A 5752, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Samdal K., G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003b) ” Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 2 av 3: Spørreundersøkelse –Resultater”, Rapport TR A 5754, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Samdal K. (2003) ”Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser” Arbeidsnotat 03.12.24, SINTEF Energiforskning, Trondheim.


Statistisk årbok 1992

Statistisk årbok 2003

VEDLEGG 5

AN 04.12.01:

**Avbrudd og spenningsforstyrrelser, hva koster kundene mest?
Forstudie.**

 SINTEF SINTEF Energiforskning AS Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50 www.energy.sintef.no Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA		<h1 style="text-align: center;">ARBEIDSNOTAT</h1>	
		GJELDER Avbrudd og spenningsforstyrrelser, hva koster kundene mest? Forstudie.	
		GÅR TIL Referansegruppe for prosjekt Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser. Referansegruppe for prosjekt Leveringskvalitet Interesserte	
AN NR.	GRADERING	GJENNOMGÅTT AV	
AN 04.12.01	Åpen	Gerd Kjølle	
ELEKTRONISK ARKIVKODE		FORFATTER(E)	DATO
030728KSa1355		Knut Samdal, Helge Seljeseth	2003-07-28
PROSJEKTNR.			ANTALL SIDER
12x279.07		knut.samdal@sintef.no	18
AVDELING		BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS
Energisystemer		Sem Sælandsv. 11	73 59 72 50

Dette arbeidsnotatet dokumenterer en forstudie mhp å etablere modeller og metoder for å kunne estimere sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Notatet beskriver en mulig måte å etablere slike metoder og modeller, uten å gå i dybden på dette.

Arbeidet som dokumenteres her er finansiert i felleskap av to forskningsprosjekt:

- Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.
- Leveringskvalitet

Resultatene vist her er input til et nytt FoU-prosjekt som det er søkt om finansiering for fra 2004:

EBL-K prosjekt nr: SyVN-3.5_04 Avbrudd og spenningsforstyrrelser – et samfunns-problem?

Hensikten med prosjektet er å bidra til at det norske nettsystemet har en samfunnsøkonomisk optimal leveringskvalitet. Målet ved prosjektet er å gi nettselskap bedre innsikt i leveringskvalitet, samt å gi NVE bedre grunnlag for å regulere leveringskvalitet, gjennom:

1. Bli kjent med en mengde kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik i det norske kraftnettet.
2. Kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.
3. Etablere metoder for helhetlig evaluering av leveringskvalitet i et vilkårlig nett, herunder kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med langvarige avbrudd (varslet/ikke varslet), kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1	INNLEDNING..... V5.5
2	HVA ER LEVERINGSKVALITET [5] V5.5
2.1	Leveringspålitelighet..... V5.5
2.2	Spenningskvalitet V5.6
3	FREMGANGSMÅTE OG DATABEHOV V5.6
4	STILISERTE NETT V5.7
5	”CASE STUDY” LEVERINGSKVALITET I LUFTNETT V5.8
6	RESULTATER FRA ET FREMTIDIG VERKTØY..... V5.13
7	ANBEFALING FOR VIDERE ARBEID..... V5.16
8	REFERANSER V5.17
9	VEDLEGG 1: NYTT FOU-PROSJEKT V5.18
10	VEDLEGG 2: EKSEMPEL 22 KV LUFTNETT (RADIAL) V5.19

1 INNLEDNING

Dette arbeidsnotatet dokumenterer en forstudie mhp å etablere modeller og metoder for å kunne estimere sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Notatet beskriver en mulig måte å etablere slike metoder og modeller, uten å gå i dybden på dette.

Arbeidet som dokumenteres her er finansiert i felleskap av to forskningsprosjekt:

- Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser [1-3]
- Leveringskvalitet

Resultatene vist her er input til et nytt FoU-prosjekt som det er søkt om finansiering for fra 2004 (vedlegg 1).

Det er også igangsatt en case-studie i en radial i NTEs nett. Dette er gjort ved utplassering av to PQ-noder på en av NTEs avganger fra Steinkjer transformatorstasjon (22OG1), men det er pt ikke foretatt analyser av innhentet materiale (for kort måleperiode pt).

2 HVA ER LEVERINGSKVALITET [5]

Her gjengis noen av de mest relevante definisjoner fra [5].

Leveringskvalitet: *Kvalitet på levering av elektrisk energi i henhold til gitte kriterier.*

Kommentar: Leveringskvalitet er et samlebegrep som omfatter leveringspålitelighet og spenningskvalitet, samt ikke tekniske elementer som service, informasjon med mer.

2.1 LEVERINGSPÅLITELIGHET

Leveringspålitelighet: *Kraftsystemets evne til å levere elektrisk energi til sluttbruker.*

Kommentar: Leveringspålitelighet beskriver tilgjengeligheten av elektrisk energi og er knyttet til hyppighet og varighet av avbrudd (varslet og ikke varslet).

I Norge er det vanlig å dele inn avbrudd i:

Kortvarige avbrudd som er mindre eller lik 3 minutter

Langvarige avbrudd som er lengre enn 3 minutter

2.2 SPENNINGSKVALITET

Spenningskvalitet: *Kvalitet på spenning i henhold til gitte kriterier.*

Kommentar: Spenningskvaliteten beskriver anvendeligheten av elektrisk energi, og omfatter følgende egenskaper (jfr EN 50160):

Frekvens

Spennings effektivverdi (rms):

Spenning usymmetri

Langsomme spenningsvariasjoner (10 min)

Hurtige effektivverdivariasjoner:

Kortvarige underspenninger – dip

Kortvarige overspenninger

Spenningsfluktuasjoner – flimmer

Transiente overspenninger (< 20 ms)

Overharmoniske spenninger

Interharmoniske spenninger

Signaltransmisjon på nettet

3 FREMGANGSMÅTE OG DATABEHOV

I [2-3] er sluttbrukeres kostnader kvantifisert pr fenomen, f eks i kr pr kWh ikke levert energi for et avbrudd av en viss varighet som inntreffer på et gitt tidspunkt. Utfordringen her er å bli i stand til å kvantifisere årlige kostnader forbundet med de fenomen som betraktes, for herved å kunne identifisere hvilke som er dominerende i ulike typer nett.

De fenomen som her behandles er:

Kvantifisering av kostnader forbundet med:

- Langvarige avbrudd (varsla/ikke varsla)
- Kortvarige avbrudd
- Overspenninger, stasjonære og kortvarige, (50 Hz)
- Underspenninger, stasjonære og kortvarige (dip), 50 Hz

Kvantifisering av bidrag fra:

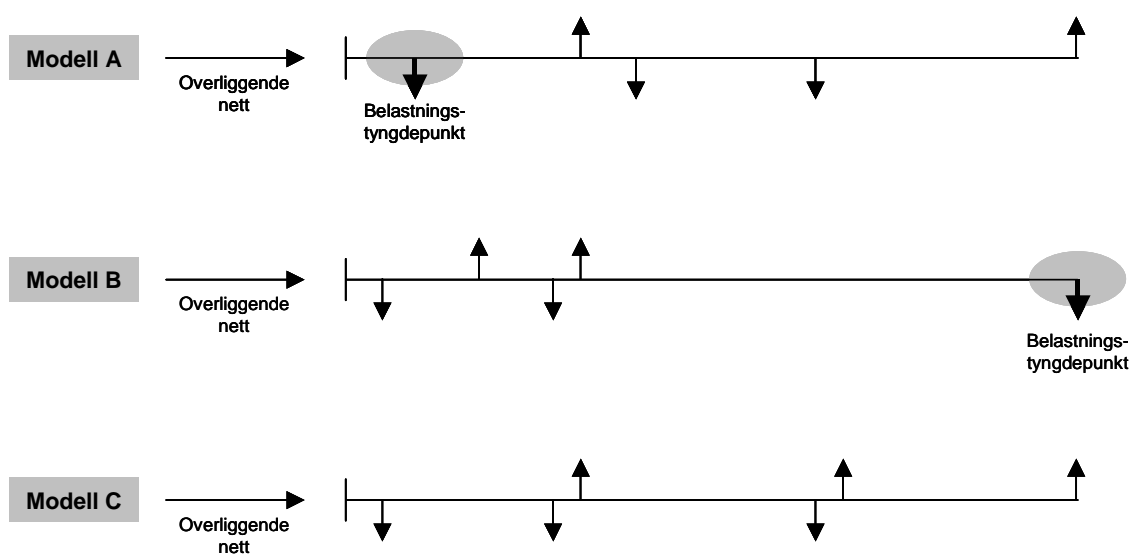
- Overliggende nett
- Modellnett
- Lavspenningsnett

4 STILISERTE NETT

For å muliggjøre analyser av alle relevante leveringskvalitetsparametre er nødvendig å etablere et modellnett bestående av de mest relevante forklaringsvariable. Deretter kan bidrag fra nettets ulike bestanddeler analyseres, mhp å identifisere hvilke anleggsdeler som bidrar mest til de fenomen som skal undersøkes.

Eksempler (kun for illustrasjon) på slike stiliserte nett er vist i Figur 1.

Stiliserte modeller: Luftnett



Figur 1 Illustrasjon av prinsipper for stiliserte modeller, luftnett

Parametrisering av slike modeller er kritisk mhp en rekke faktorer, og de antatt viktigste (spesielt for avbrudd) er:

- Belastning
- Kundesammensetning
- Lengde
- "Moment" (les: belastningstyngdepunktets plassering)
- Seksjoneringsmuligheter
- Topologi

Det er imidlertid verdt å merke seg at det vil kunne bli forskjellige modeller som beskriver de ulike fenomen som skal undersøkes (f eks langvarige avbrudd vs spenningsdip).

Det er i Vedlegg 2: Eksempel 22 kV luftnett (radial) vist hvordan dette kan gjøres for langvarige ikke varsle avbrudd i høyspenningsfordelingsnett.

Noen foreløpige resultater som vil være utgangspunkt mhp etablering av modeller for langvarige ikke varsle avbrudd er gjengitt nedenfor. Merk at dette langt fra er dekkende underlag for modelletablering, men det eneste som det var rom for innenfor rammene av dette prosjektet.

I radielle høyspennings distribusjonsnett (luftnett) viser overslagsanalyser at:

- ca 90% av årlig avbruddsfrekvens og avbruddstid skyldes feil på kraftledninger
- ca 5% av årlig avbruddsfrekvens og avbruddstid skyldes feil på fordelingstransformatorer
- øvrige 5% er knyttet til feil på skillebrytere, effektbrytere og kontrollutstyr
- topologi (bryterplassering) må representeres (påvirker primært avbruddstiden)

I radielle lavspennings distribusjonsnett viser tidligere analyser at disse bidrar i størrelsesorden 4% av total årlig ILE på landsbasis.

5 "CASE STUDY" LEVERINGSKVALITET I LUFTNETT

I et samarbeid mellom prosjektene "Kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser" og "Leveringskvalitet" ble det høsten 2003 foretatt en "case study" av leveringskvalitet i et radielt 22 kV luftnett. Arbeidet ble utført for å belyse muligheten for å kunne lage modeller og verktøy til å estimere leveringskvaliteten i et nett ut fra kjennskap til nettets parametere og ut fra fysisk hvor i nettet kvaliteten skal estimeres.

Grunnleggende teori og ikke minst erfaringene fra tidligere målinger fra den norske databasen over spenningskvalitetsmålinger antyder en ganske klar sammenheng mellom leveringskvaliteten og ulike parametere som eksempelvis:

- kompakte nett kontra nett med stor utbredelse (bynett kontra spredt bebygde strøk)
- luftnett kontra kabelnett
- lastkonsentrasjoner og lasttyper
- lokalisering i radielle nett
- jordingsutførelse og vern

I et første enkelt forsøk ønsket vi å se på leveringskvaliteten i to forskjellige punkter i et radielt 22 kV luftnett. Forventningene var blant annet:

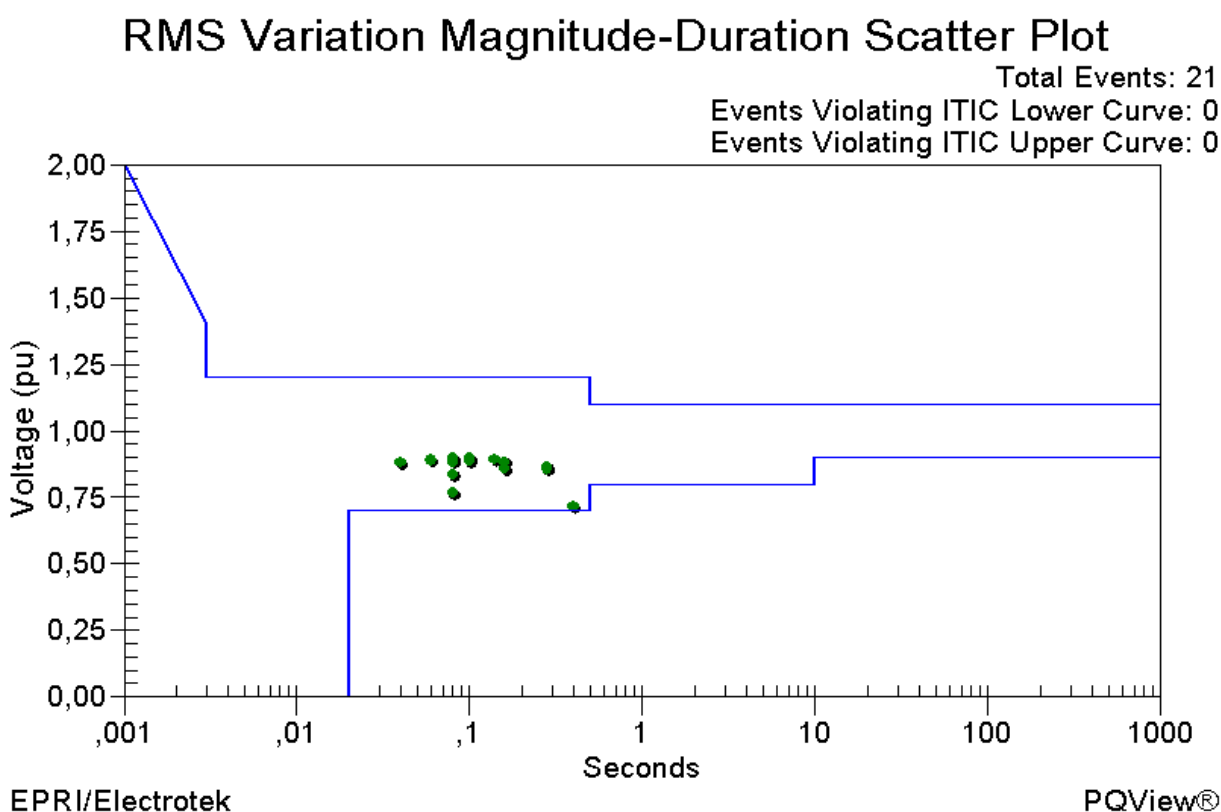
- at en skulle kunne måle et betydelig antall spenningsdip i et 22 kV luftnett i spredt bebygde strøk i forhold til et kompakt kabelnett i by
- at forstyrrelsesnivået skulle være vesentlig høyere et godt stykke ute på radialen enn inne ved transformatorstasjonen
- at de enkelte forstyrrelsene i snitt skal ha høyere alvorlighetsgrad (større avvik)

Et typisk landlig luftnett ble plukket ut i samarbeid med NTE. Dette fordi en i denne typen nett forventer å ha et høyere nivå (hyppighet og avvik) av forstyrrelser enn i mer kompakte bynett. Det

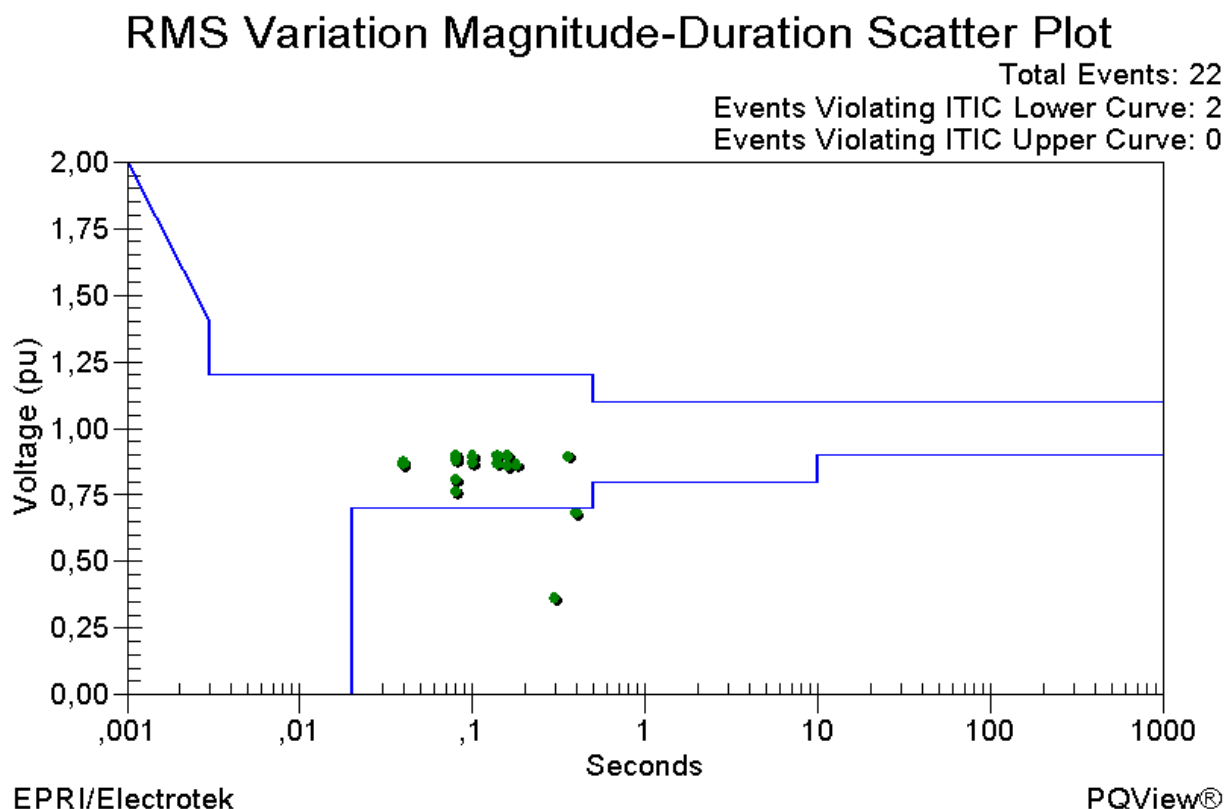
var ønskelig å måle i et nett der en forventer et forstyrrelsesnivå i øvre halvdel av skalaen siden målinger skulle foregå over et begrenset (kort) tidsrom.

Målingene ble foretatt i samarbeid med NTE. Resultatene som er analysert er fra perioden 30.oktober 2003 til 14.januar 2004 (to og en halv måned).

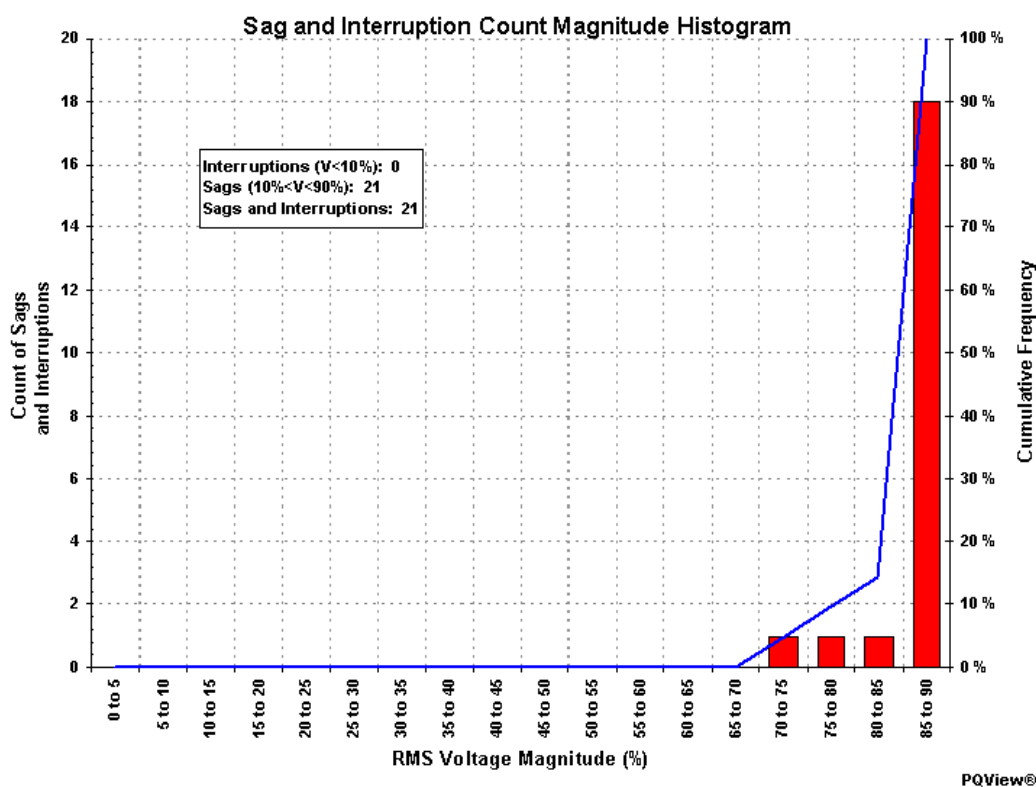
I figur 2 (transformatorstasjonen) og figur 3 (ca midt ute på radialen) vises avvik/varighetsdiagram for de spenningsdip som ble registrert i måleperioden. Målingene viser at en av de registrerte spenningsdip ute på radialen ikke er målt ved transformatorstasjonen. Dette skyldes at spenningsavviket er mindre ved transformatoren og i ett tilfelle har dermed spenningen ikke vært lav nok til at måleinstrumentene registrerte dette som en spenningsdip. Videre kan en se at noen få av forstyrrelsene har mye større spenningsavvik ute på radialen enn ved transformatoren. Dette er et klart tegn på at disse spenningsdipene skyldes feil på den radialen målingene er foretatt. De andre forstyrrelsene har mest sannsynlig sin opprinnelse i andre radialer. Dette er vist i figur 4 og 5 for de to målepunktene der det tydelig fremgår at det er to spenningsdip der spenningsavviket er til dels betydelig større ute på radialen enn ved transformatoren.



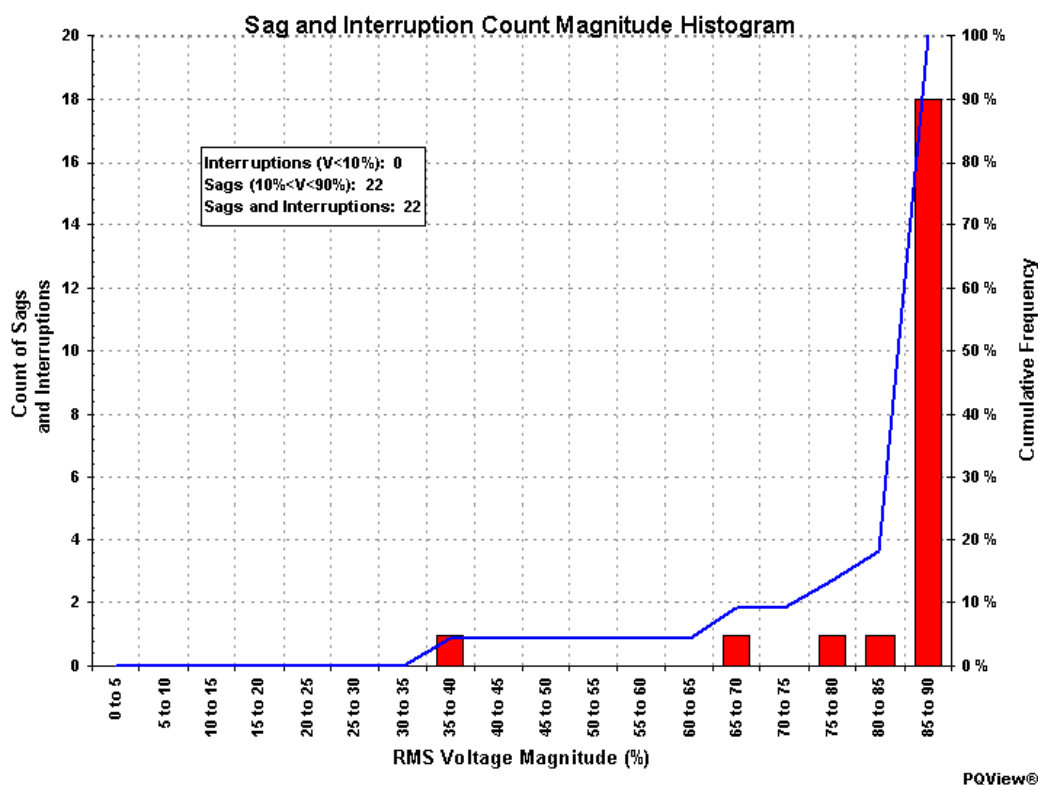
Figur 2 Avvik-Varighetsdiagram for de 21 registrerte spenningsdip i transformatorstasjonen.



Figur 3 Avvik-Varighetsdiagram for de 22 registrerte spenningsdip i midt på radialen.

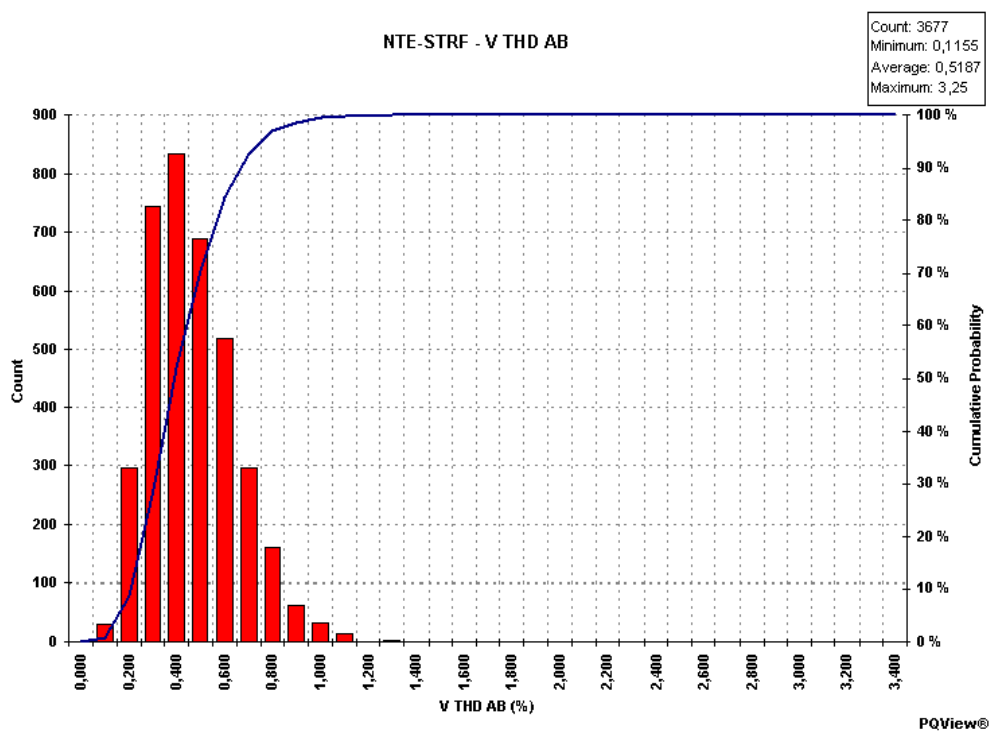


Figur 4 Fordelingen av spenningsavvik for de 21 registrerte spenningsdip i transformatorstasjonen.

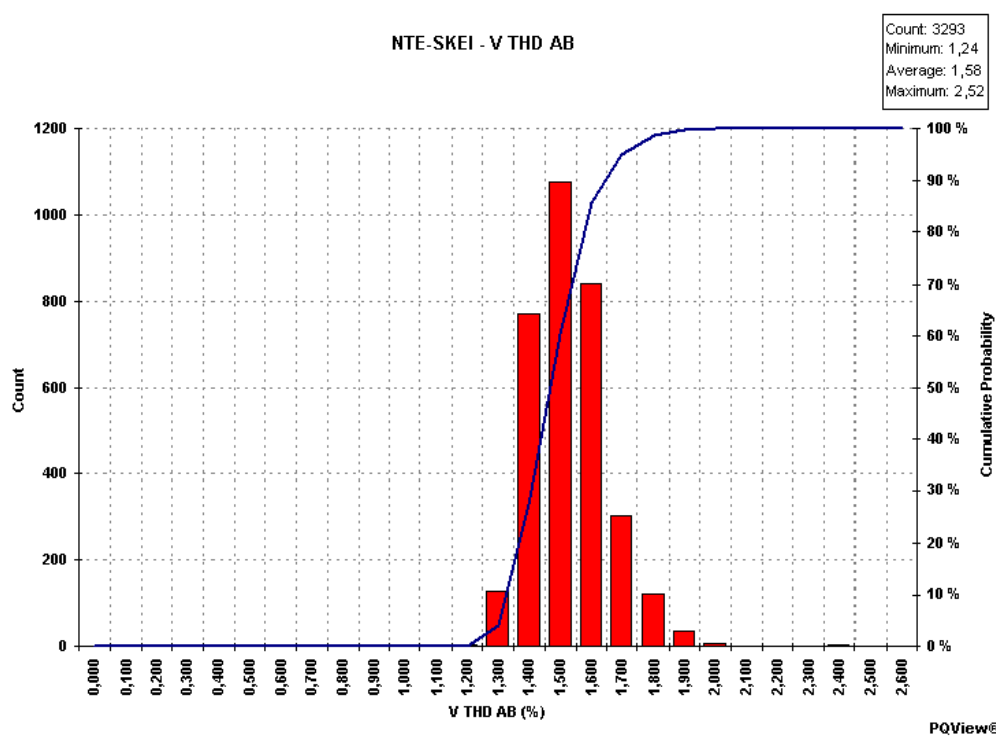


Figur 5 Fordelingen av spenningsavvik for de 22 registrerte spenningsdip i midt på radialen.

Målingene viste også en klar sammenheng mellom forstyrrelsesnivået av andre forstyrrelser avhengig av hvor nær transformatoren målingene foretas eller hvor langt ute på linjen mot kundenes last en måler. Som et eksempel på dette vises i figur 6 og 7 nivået/fordelingen av de overharmoniske spenningene. I figur 6 vises fordelingen av de målte verdier av THD (total harmonisk forvrengning) i spenningen i transformatorstasjonen. I figur 7 vises fordelingen av de målte verdier av THD (total harmonisk forvrengning) i spenningen midt ute på radialen.



Figur 6 Fordelingen av de målte verdier av THD i spenningen ved transformatoren.



Figur 7 Fordelingen av de målte verdier av THD i spenningen midt ute på radialen.

6 RESULTATER FRA ET FREMTIDIG VERKTØY

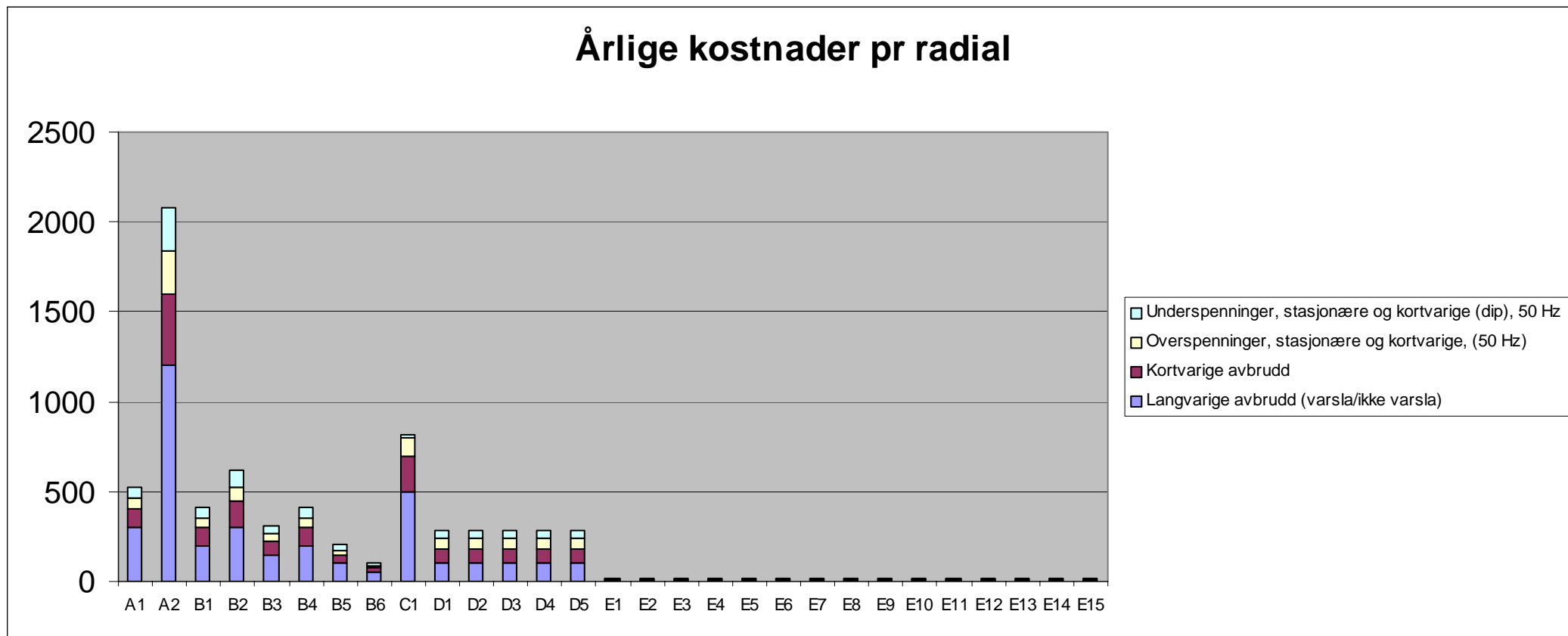
I dette kapittel vises eksempler på resultater som et fremtidig verktøy kan frembringe, gitt at man lykkes i å etablere de metoder og modeller som kreves.

I forkant av analysene er følgende gjort for et (tenkt) nettselskap:

Alle nettselskapets radialer er knyttet til en av de predefinerte modeller (se Figur 1): A, B, C, osv. Videre er modellene “parametrisert” ihht lokale forhold mhp:

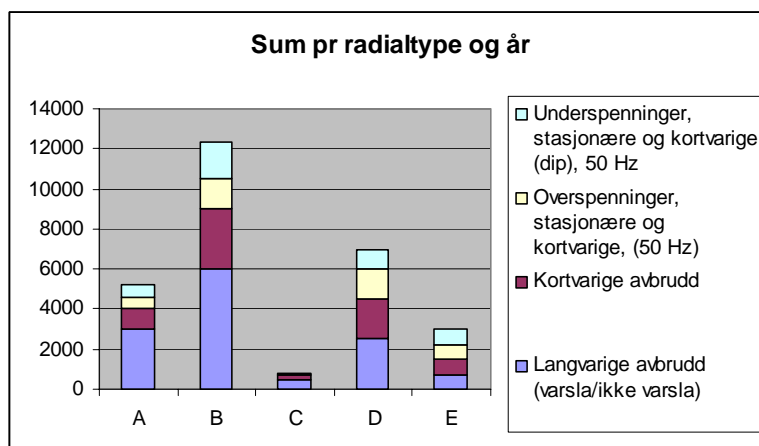
- Belastning
- Kundesammensetning
- Lengde
- ”Moment” (les: belastningstyngdepunktets plassering)
- Seksjoneringsmuligheter
- Topologi
- osv

I Figur 8 er sluttbrukernes årlige kostnader vist for alle nettselskapets radialer, fordelt på de ulike fenomen. Radialene A2 og C1 skiller seg her klart ut.

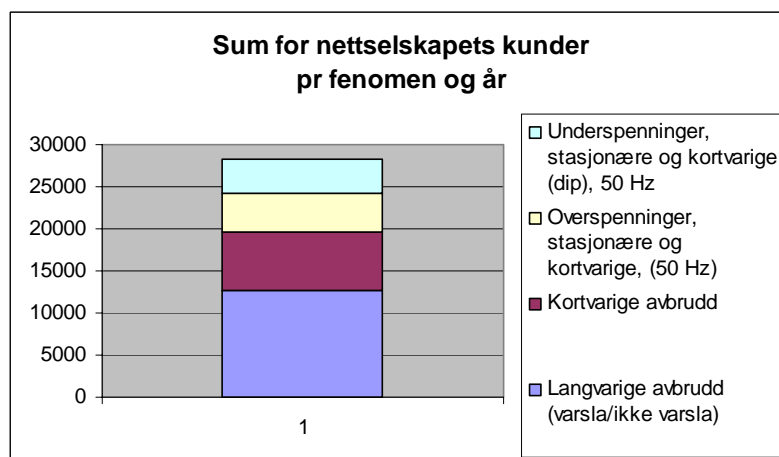


Figur 8 Årlige kostnader (sluttbrukernes) pr radial ihht modelldefinisjoner

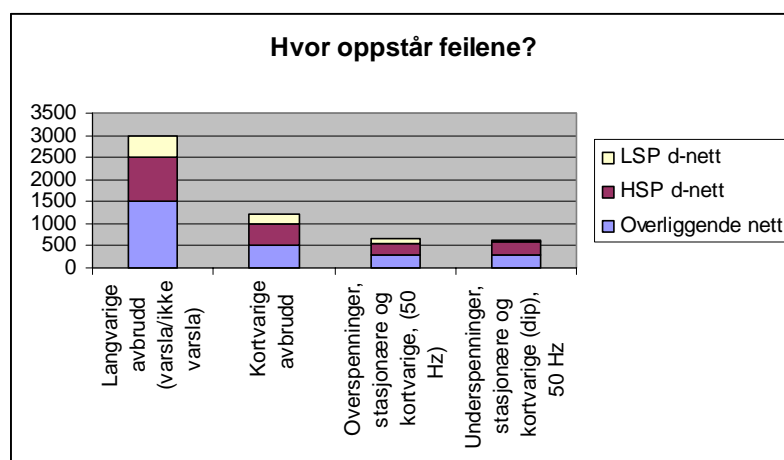
Flere eksempler er vist i Figur 9 til Figur 11.



Figur 9 Årlige kostnader (sluttbrukernes) pr radialtyper



Figur 10 Totale årlige kostnader for nettselskapets kunder pr fenomen og år.

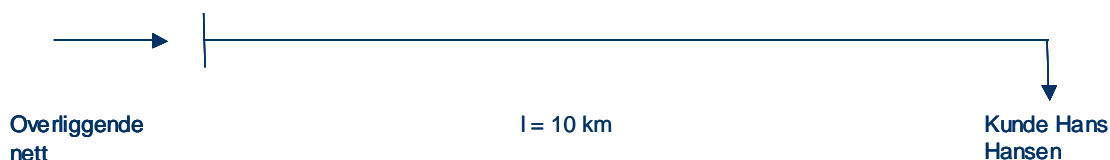


Figur 11 Totale årlige kostnader for nettselskapets kunder pr fenomen og år pr nettnivå.

7 ANBEFALING FOR VIDERE ARBEID

Det anbefales at det arbeides videre med etablering av slike modeller etter følgende prosedyre:

1. For et svært forenklet nett (se Figur 12); etablere algoritmer (inkl oversikt over databehov) for beregning av kostnader forbundet med:
 - Langvarige avbrudd (varsla/ikke varsla)
 - Kortvarige avbrudd
 - Overspenninger, stasjonære og kortvarige, (50 Hz)
 - Underspenninger, stasjonære og kortvarige (dip), 50 Hz
2. Generalisere algoritmer og parallelt utvikle modellnett
3. Gjøre case-studier på konkrete nett
4. Generalisere resultater, etablere sett av ”tommelfingerregler”



Figur 12 Utgangspunkt for modelletablering

8 REFERANSER

- [1] Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 1 av 3: Spørreundersøkelse – Metodeunderlag
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
TR A5752, ISBN: 82-594-2417-7 / EBL-K 135-2003

- [2] Samdal, K.; Kjølle, G.; Kvitastein, O.; Singh, B.
Sluttbrukeres kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser:
Del 2 av 3: Spørreundersøkelse – Resultater
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
TR A5754, ISBN: 82-594-2419-3 / EBL-K 136-2003

- [3] Samdal, K.:
Sluttbrukeres kostnader forbundet med spenningsforstyrrelser
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003
Arbeidsnotat AN 03.12.24

- [4] Planleggingsbok for kraftnett
Trondheim, SINTEF Energiforskning AS 2003

- [5] NVE, EBL Kompetanse, Statnett, SINTEF Energiforskning:
Definisjoner knyttet til feil og avbrudd i det elektriske kraftsystemet.
Utarbeidet av ”Referansegruppe feil og avbrudd”.
Versjon 2 2001.

9 VEDLEGG 1: NYTT FOU-PROSJEKT

SyVN-3.5_04

Kategori

Avbrudd og spenningsforstyrrelser – et samfunns-problem?

Pågående

☐
☒

NFR-KMB

☐
☐

EU-prosjekt

☐

Nytt

NFR-BIP

Tilknytning

Videreføring av Y2.1.08_03 Kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser – styringssignaler for optimal leveringskvalitet.

Utfordring

Nettselskapene og NVE kjenner ikke godt nok til sluttbrukeres opplevelse av og kostnader og ulemper ved andre leveringskvalitetsaspekt enn langvarige avbrudd, som reguleres av KILE-forskriften.

Mål

Hensikten med prosjektet er å bidra til at det norske nettsystemet har en samfunns-optimal leveringskvalitet. Målet ved prosjektet er å gi nettselskap bedre innsikt i leveringskvalitet, samt å gi NVE bedre grunnlag for å regulere leveringskvalitet, gjennom:

1. 1. Bli kjent med en mengde kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik i det norske kraftnettet.
2. 2. Kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.
3. 3. Etablere metoder for helhetlig evaluering av leveringskvalitet i et vilkårlig nett, herunder kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med langvarige avbrudd (varslet/ikke varslet), kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.

Nytteverdi

Det er en økt fokus på andre leveringskvalitetsaspekter enn langvarige avbrudd. Prosjektet vil bidra til utvikling av metoder og analysemodeller som også kan inkludere andre relevante leveringskvalitetsaspekter, primært kortvarige avbrudd og spenningsdip (i tillegg vil stasjonære spenningsavvik vurderes).

Prosjekt

Prosjektet er en videreføring av 3 ½ års prosjektaktivitet. I denne tiden er et omfattende datamateriale etablert, bl.a. gjennom en landsomfattende spørreundersøkelse (ca 7 000 utsendte skjema). Spørreundersøkelsen omfattet bl.a.:

- Opplevd leveringskvalitet
- Estimering av sluttbrukers kostnader forbundet med strømbrudd og spenningsforstyrrelser.

Det ble i 2002 utarbeidet underlag for nye KILE-satser. I 2003 har det bl.a. vært fokusert på å synliggjøre og kvantifisere hvilke fenomener som er de mest problematiske (pr kunde og år).

Det nye prosjektet vil i 2004-2006 ta for seg utvikling av metoder og analysemodeller som kan inkludere alle relevante leveringskvalitetsaspekter, primært langvarige (varslet/ikke varslet), kortvarige avbrudd og spenningsdip (i tillegg vil stasjonære spenningsavvik vurderes). Aktiviteter:

- ❖ Bli kjent med mengde kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik i det norske kraftnettet.
- ❖ Kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.
- ❖ Etablere metoder for helhetlig evaluering av leveringskvalitet i et vilkårlig nett, herunder kvantifisering av sluttbrukeres kostnader forbundet med langvarige avbrudd (varslet/ikke varslet), kortvarige avbrudd, spenningsdip og stasjonære spenningsavvik.

Finansiering
(kkr)

	Sum	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Budsjett	3100	700	1200	1200			
Tilsagn							

Deltakere

NVE, EBL Kompetanse, everk, Statnett, PIL, Norsk Hydro

Utførende

SINTEF Energiforskning AS

Kontaktpersoner

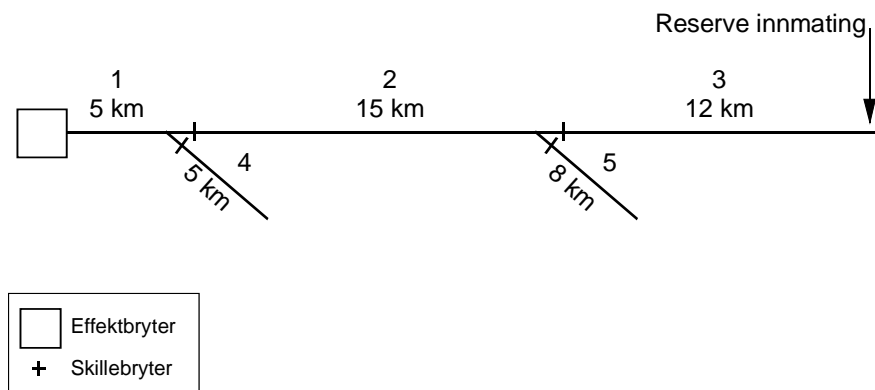
Knut Samdal, tlf: 73 59 71 48, email: knut.samdal@sintef.no eller
Helge Seljeseth, tlf: 73 59 72 77, email: helge.seljeseth@sintef.no

EBL K-kontakt

Annie Heieren, tlf: 23 20 57 14. email: ah@ebl-kompetanse.no

10 VEDLEGG 2: EKSEMPEL 22 KV LUFTNETT (RADIAL)

Det etterfølgende eksempel illustrerer pålitelighetsanalyse for dagens nett (før eventuelle tiltak vurderes) utført ved hjelp av RELRAD-modellen. En radial med to avgreininger benyttes som eksempel (Figur 13). Kraftledningslengder og belastninger er gitt i tabellen nedenfor. Nettet er delt i 5 seksjoner med 4 vanlige skillebrytere. For enkelhets skyld er det forutsatt ett leveringspunkt (lastpunkt) pr seksjon.



Figur 13: Eksempelnett, 22 kV luftnett.

Tabell 1: Data for eksempelnettet.

Seksjon nr	Lengde [km]	Feilfrekvens kraftledninger [feil pr 100 km,år]	Max belastning (på ref tidspunktet) i leveringspunktet [MWh/h]	Midlere belastning i leveringspunktet [MWh/h]
1	5	5	1,50	0,92
2	15	5	0,50	0,35
3	12	9	0,80	0,61
4	5	9	1,00	0,76
5	8	9	0,40	0,30

Belastningen fordeler seg med hovedsakelig Industri i seksjon 1, hovedsakelig Handel & Tjenester i seksjon 2, for øvrig mest Husholdning og noe Jordbruk.

Feilfrekvenser og reparasjonstider

Feilfrekvens (antall feil pr år): Sum reparasjonstid og kopleingstid [timer/feil]:

Kraftledning	se tabell 3	3 i seksjon 1, 2 og 3 og 3,5 i seksjon 4 og 5
Fordelingstransformator	0,01	8
Skillebryter	0,014	3 i seksjon 1, 2 og 3 og 3,5 i seksjon 4 og 5
Effektbryter	0,013	3
Kontrollutstyr	0,017	3

Kopleingstid (grovseksjoneringstid): 60 minutter (1 time).

Leveringspålitelighetsindekser beregnes for leveringspunktet i hver seksjon ved å summere bidrag fra de enkelte anleggsdeler som vist i [4], bind I, kapittel 11.5. Eksempel for leveringspunktene i seksjon 1 (uten reserveforbindelsen ytterst i seksjon 3) er vist nedenfor, mens resultater for øvrige leveringspunkt er vist i tabell 11.3.

Antall avbrudd pr år ([4], bind I, kapittel 11, likning (4), (11))

Bidrag fra kraftledninger	:	20 km · 0,05 =	1,0
	:	25 km · 0,09 =	2,25
Bidrag fra fordelingstransformatorer	:	0,01 =	0,01
Bidrag fra skillebrytere	:	4 · 0,014 =	0,056
Bidrag fra effektbryter	:	=	0,013
Bidrag fra kontrollutstyr	:	=	0,017
Antall avbrudd pr år	:	=	3,35

Det forutsettes bidrag fra feil på kun en fordelingstransformator pr leveringspunkt. Bidrag fra transformatorbrytere er ikke medregnet.

Med de forutsetninger som her er lagt til grunn bidrar kraftledninger til 97% av totalt antall avbrudd pr år.

Årlig avbruddsvarighet for leveringspunkt i seksjon 1
(uten reserveforb.), ([4], bind I, kapittel 11, likning 11.5)

Bidrag fra anleggsdeler i seksjon 1:	
effektbryter	0,013 · 3
k kontrollutstyr	0,017 · 3
kraftledning 1	0,05 · 5 · 3
ford transf	0,01 · 8
Bidrag fra anleggsdeler i seksjonene 2, 3, 4 og 5:	
kraftledning 2	0,05 · 15 · 1
kraftledning 3, 4 og 5	0,09 · 25 · 1
skillebryter 3 og 5	0,014 · 2 · 1
skillebryter 2	0,014 · 3
skillebryter 4	0,014 · 3,5
Årlig avbruddstid, leveringspunkt i seksjon 1	4,04 timer

Med de forutsetninger som her er lagt til grunn bidrar kraftledninger til 92% av total årlig avbruddstid.

VEDLEGG 6

Paper til CIRED 2003: Customers Interruption Costs - What's the Problem?

CUSTOMERS' INTERRUPTION COSTS - WHAT'S THE PROBLEM ?

Knut Samdal; Gerd Kjølle
SINTEF Energy Research
knut.samdal@sintef.no
Norway

Balbir Singh
Institute for Research in
Economics and Business
Administration (SNF)

Frode Trengereid
The Norwegian Water Resources
and Energy Directorate (NVE)

INTRODUCTION

A critical parameter in implementation of a credible quality regulation scheme is information about customers' interruption costs associated with alternative levels of quality of supply.

In Norway, a research project was undertaken during 2002, involving development of methodology and estimation of interruption costs which reflect consumer valuation of the quality of supply. This paper presents the main findings in this project.

BACKGROUND

Recent deregulation of electricity markets around the world and subjection of electricity networks to economic Performance-Based-Regulation regimes pose a challenge to assure efficient provision of quality of supply by the regulated network monopolies. Absence of explicit regulatory framework for assuring quality of supply creates perverse incentives for the regulated network monopolies to reduce quality to meet the budgetary constraints implicit in the performance based regulatory regimes. This can over time lead to declined quality of supply.

To counteract such consequences, the network companies are being increasingly subjected to regulatory regimes that explicitly take into account the quality of supply to the consumers. One example is the Norwegian regulation scheme CENS ('Cost of Energy Not Supplied' - Quality adjusted revenue caps), where the network companies' revenue caps are adjusted in accordance with the customers' interruption costs [1]. A critical parameter in implementation of a credible quality regulation scheme is information about customers' interruption costs associated with alternative levels of quality of supply.

In Norway, a research project was undertaken during 2002, involving development of methodology and estimation of interruption costs which reflect consumer valuation of the quality of supply. This paper presents the main findings in this project.

RESEARCH PROJECT

The project entitled "Customers' costs associated with interruptions and voltage disturbances - control signals for optimal quality of supply", involves developing methodology and estimating interruption costs, which reflect customers valuation for the quality of supply. The objective is to generate quantitative indicators which can be used for

designing compensation schemes to enable effective regulation of quality of supply provided by electricity networks. The data generated is also useful for planning optimal network capacity and designing efficient rationing (load-shedding) or priority-pricing schemes to meet energy or network capacity shortages in the liberalised Norwegian electricity market.

PROJECT DESCRIPTION AND STATUS

The project focuses on development of theory and empirical estimation of interruption costs which reflect consumer valuation of quality of supply in a market-based power system. The study was organised into two phases. *Phase I* of the study developed and outlined a methodology for estimating consumer valuation of quality of supply. In principle, there are two measurement techniques used in estimating interruption costs; market-based methods (valuation is inferred using data related to observed consumer behaviour), and contingent valuation methods (involves use of survey and experimental settings to reveal consumer valuation). An extensive comparative review of literature can be found in [2-3], and [4] provides a discussion of the different issues related to the subject and also some recent international estimates. *Phase I* of the study was completed during 2001 under a grant from a consortium consisting of The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), The Research Council of Norway (NFR) and diverse firms in the Norwegian electricity industry.

The objective of *Phase II* was to develop and carry out a national survey to analyse the estimates for interruption costs in Norway. Given the national expanse of the study, questionnaire-based postal-survey was considered as the most cost-effective instrument for collection of the information in the study. However, where found necessary, telephone interviews were also used to complement the postal survey. The information collected in the survey focussed on contingent valuation methods to obtain *specific interruption cost* estimates for residential, industrial, commercial, public-sector and agricultural consumers in Norway.

The project has been jointly implemented by the two reputed Norwegian university based research and development institutions; *SINTEF Energy Research* and *Institute For Research In Economics And Business Administration* (SNF) with a track record of policy research related to the development and implementation issues associated with the deregulation of the power markets.

SURVEY DESIGN

The national survey undertaken in the study covers the customer groups shown in table 1.

TABLE 1 – Survey sample size

Customer group	Residential	Industry	Commercial	Agri-culture	Public sector	Large industry
Sample size	1000	2400	1800	800	800	220
Repeal	56	141	122	53	31	44
Real sample	944	2259	1678	747	769	176
Response rate	45 %	27 %	25 %	43 %	45 %	45 %
Incentive (lottery tickets)	40			40		

An important part of a survey is the questionnaire used for collection of information from the respondents. In the current study questionnaires specific for each customer group were developed to obtain information about customer interruption costs in Norway. Design of questionnaire involves making trade-offs between details on one hand, and response rates to questionnaires on the other. The final set of questionnaires used in the study were chosen through an iterative process which included a pilot-survey involving two customer groups.

For all customer groups, the following data was collected; costs associated with:

- Long interruptions > 3 min (notified outages/not notified outages)
- Short interruptions ≤ 3 min
- Voltage disturbances (only dips are reported here)
- Disconnection of loads/partial loads

STRATEGIC RESPONSE

Particular attention was given to build in triangulation techniques to increase the credibility of information collected in the questionnaire. Triangulation is the combining of methods, data sources and other factors to obtain information about the unit of analysis. In the context of analysis of interruption costs in a market-based power system, respondents may have an incentive to indulge in strategic response to influence the final estimates from the survey. In the current survey both direct-worth estimates and information about actual customer actions (undertaken to avoid the consequences of interruptions) was collected in the questionnaire. Both direct-worth (DW) and willingness-to-pay (WTP) estimates were obtained and both these estimates were used to reveal consumer valuation of the interruption costs in Norway.

With DW/WTP means:

The respondent is faced a specific interruption/disturbance scenario, and is asked to estimate:

- economic (and other) impacts caused by the scenario (DW)

- how much is he/she willing to pay in order to avoid the scenario (WTP)

Previous attempts to estimate interruption costs have been primarily based on either DW or WTP estimates. The methodology in this study makes use of an average of these two estimates wherever information was available. To understand the logic behind this choice it is important to emphasise that the main objective of the study is to reveal consumer valuation of a commodity; in this case the commodity being quality of supply. Valuation of a commodity in a market is characterised by three factors; market environment, market institution and behaviour of the market participants. Market environment is defined by the individual values and costs of the market participants. Market institutions define rules for trade. In case there existed a specific market for quality of supply, a credible single proxy of the customer valuation would have been the equilibrium price in this market.

In the absence of such markets, questionnaire surveys provide a practical alternative. If we choose to interpret survey methodology as a simulation of a market we can draw some implications regarding use of information obtained in the survey.

Information in a questionnaire is a proxy for respondents valuations; in other words the *market environment*. Respondents in the current study provided information about their valuations for different interruptions of increasing duration which can be interpreted as the demand and supply curves for quality of supply in the market simulated by the survey. Secondly, information supplied through the questionnaires was confidential and the respondents were aware of the fact that the information supplied in the questionnaire will form a basis of a single estimate of interruption costs irrespective valuation reported by the individual.

In the jargon of *market institutions* the survey methodology resembles closely a sealed-bid single-price auction. Such auctions have been a subject of analysis in the field of economics.

The main results both from theory and in particular from the field of experimental economics [5] confirm that market participants in such auctions will resort to strategic bidding by underreporting willingness to pay and overstating their costs. In the current survey WTP estimates were well below the DW estimates; an outcome which is expected keeping in view the survey methodology used in the study. The outcome is also supported by the results obtained in other cases where markets do not exist, such as in case of surveys for valuation of quality of environmental resources.

Divergence between WTP and DW is quite expected and has important implications for use of information obtained in the survey. Exclusive use of any one of these estimates would introduce a systematic bias in the valuation of quality of supply and in the effectiveness of regulation, investments and tariffs based on such estimates. There is a need to account for

this bias. In the present study, as a first approximation, wherever information was available for both DW and WTP we chose to estimate interruption costs as an average of the DW and WTP information reported by the respondents. All estimates were finally reported as specific interruption costs, in Norwegian kroner (NOK)1 per kWh of Energy Not Supplied (ENS) for long interruptions, and per kW of interrupted power for short interruptions and voltage dips.

WHAT'S THE PROBLEM?

Considering the situation in Norway, what are the customers' costs associated with long interruptions(> 3 min), short interruptions (≤ 3 min) and voltage dips respectively?

From the survey data a weighted average specific interruption cost can be achieved: 32,4 NOK/kWh ENS for non-notified interruptions and 23,4 NOK/kWh ENS for notified interruptions.

On average, Norway as a whole has experienced 29 155 MWh Energy Not Supplied (ENS) on average for the years 1996-2001, due to long interruptions. Approx. 37 % of this is due to notified interruptions, and 63% due to non-notified interruptions. This gives a total cost for the Norwegian customers of approx. 850 MNOK/year

Now, consider the short interruptions (≤ 3 min): From the survey data a weighted average specific interruption cost can be achieved: 7 NOK/kW.

From [6] we find that delivery points in the distribution network experience approx. 13 short interruptions/year. Considering only business customers, this gives a total cost for the Norwegian customers of 600 MNOK/year.

At last, consider the voltage dips: From the survey data a weighted average specific interruption cost can be achieved: 5 NOK/kW.

Total number of voltage dips/year in the distribution network and in the regional network are in Norway 63 and 13 respectively [6]. However, not all of these voltage dips are comparable to the voltage dip-scenario mapped in the survey (50% reduced voltage in 1 sec). From [6] we find that delivery points in the distribution network experience 5-10 such voltage dips/year. Considering only business customers and using the current estimates for voltage dips this gives a total cost for the Norwegian customers in the range of 170-330 MNOK/year.

Summing up, costs of interruptions and voltage dips for Norwegian customers amounts to a total of:

TABLE 2 – Customers' costs associated with interruptions and voltage dips

Long interruptions (> 3 min)	850 MNOK/year
Short interruptions (≤ 3 min)	600 MNOK/year
Voltage dips	170-330 MNOK/year

1 1 Euro \approx 7,5 NOK

Total	1 600- 1 800 MNOK/year
--------------	-------------------------------

These figures are compared to the network companies' internal costs related to investments, operation and maintenance and electrical losses in figure 1. The customers' costs associated with interruptions and voltage dips actually exceeds the total costs that the Norwegian network companies in sum has on operation and maintenance on a yearly basis.

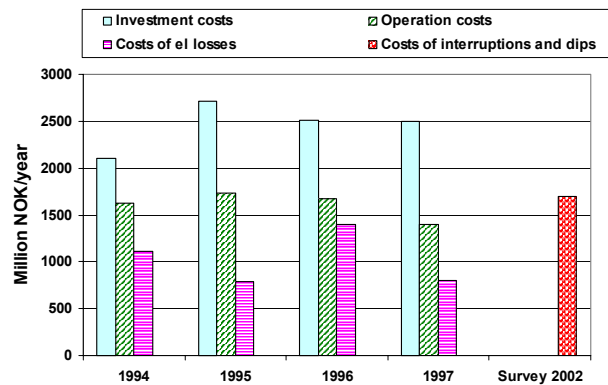


Figure 1: Interruption costs vs network companies' internal costs

So, what's the problem? From the customers' point of view, Table 2 show that in Norway the long interruptions alone only stand for approx. 50% of total costs related to interruptions and voltage dips. As of today, only the long interruptions are being subject for regulation from the NVE, and the results from the research project described in this paper will be important in the evaluation of which power quality issues are to be regulated through incentive mechanisms, and which are to be regulated by means of standards.

CONCLUSIONS

A critical parameter in implementation of a credible quality regulation scheme for network companies subject to Performance Based Regulation is the information about customers' interruption costs associated with alternative levels of quality of supply. In case there existed a specific market for quality of supply, a credible single proxy of the customer valuation of interruptions would have been the equilibrium price in this market. In the absence of such markets, questionnaire surveys provide a practical alternative. Credibility of the estimates based on survey methods calls for careful examination of strategic response from the respondents. Neglect of such issues can result in biased estimates, which would introduce a systematic bias in the valuation of quality of supply, and in the effectiveness of regulation, investments and tariffs based on such estimates.

This paper reports both methodological issues and some recent estimates for costs associated with various interruption scenarios in the Norwegian power system. Results are relevant for design of regulatory regimes for the network companies. As of today, only long interruptions (> 3 min) are being regulated in the CENS-arrangement in Norway. From 2004 NVE is to put into force a new set of regulations, covering also other power quality aspects than long interruptions. The results from the research project described

in this paper will be important in the evaluation of which power quality issues are to be regulated through incentive mechanisms, and which are to be regulated by means of standards.

REFERENCES

- [1] Langset, T.; Trengereid, F.; Samdal, K.; Heggset, J., 2001, "Quality adjusted revenue caps - a model for quality of supply regulation", CIRED 2001 Amsterdam
- [2] Woo, C.K.; Pupp, R.L., 1992, "Costs of service disruptions to electricity consumers", Energy, 17, 109-126
- [3] Caves, D.W.; Herriges, J.A.; Windle, R.J., 1990, "Customer demand for service reliability in electric power industry: A synthesis of outage costs literature", Bulletin of Economic Research 42, 79-119
- [4] CIGRE Task Force 38.06.01, 2000, Final Report "Methods to Consider Customer Interruption Costs In Power System Analysis"
- [5] Smith, V., 1982, "Microeconomic Systems as an Experimental Science", American Economic Review, 72, 923-955.
- [6] Kjølle, G.; Seljeseth, H.; Heggset, J.; Trengereid, F., 2002, "Quality of supply management by means of interruption statistics and voltage quality measurements" PMAPS 2002, Naples

SINTEF Energiforskning AS
Adresse: 7465 Trondheim
Telefon: 73 59 72 00

SINTEF Energy Research
Address: NO 7465 Trondheim
Phone: + 47 73 59 72 00