

SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER VED AVBRUDD, SPENNINGSFORSTYRRELSER OG RASJONERING - BEDRIFTER MED ELDREVNE PROSESSER



Energi Norge AS – EnergiAkademiet

Besøksadresse:
Middelthuns gate 27

Postadresse:
Postboks 7184 Majorstuen,
0307 OSLO

Telefon: 23 08 89 00
Telefaks: 23 08 89 01

Epost: post@energinorge.no
Internett: www.energinorge.no

Publ.nr: 350-2012
ISBN-nr: 978-82-432-0679-3

© Energi Norge AS

Etter lov om opphavsrett til åndsverk
av 12. mai 1961 er det forbudt å
mangfoldiggjøre innholdet i denne
publikasjonen, helt eller delvis, uten
tillatelse av Energi Norge AS.

Forbudet gjelder enhver form for
mangfoldiggjøring ved trykking, kopiering,
stensilering, båndspill, elektronisk o.l.

Samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd, spenningsforstyrrelser og rasjonering – bedrifter med eldrevne prosesser

Utarbeidet for Energi Norge AS

Line Furseth Bjørk – Pöry Management Consulting (Norway) AS

Einar Bowitz – Pöry Management Consulting (Norway) AS

Ulf Møller – Pöry Management Consulting (Norway) AS

Resymé

Rapporten dokumenterer casestudier av kostnadene ved avbrudd, spenningsforstyrrelser og rasjonering i 13 industribedrifter/prosessanlegg med eldrevne prosesser. Hensikten har vært å danne et bilde av inntektstapene og kostnadene for enkelte utvalgte industrianlegg ved avbrudd og spenningsforstyrrelser. Bedriftene som er valgt ut, er avhengig av elektrisitet til produksjon og de har alle produksjonsprosesser som er følsomme for avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Gjennom detaljerte undersøkelser er det forsøkt dannet et bilde av hendelsesforløp ved avbrudd og spenningsforstyrrelser som medfører stans i produksjonen. Å studere produksjonsprosessene har vært nødvendig for å kunne forstå omfanget av de økonomiske konsekvensene ved avbrudd og spenningsforstyrrelser. Tapene og kostnadene avhenger av en rekke tekniske og økonomiske forutsetninger som bare de berørte bedriftene kan svare fullgodt på. Dette er belyst gjennom samtaler/intervjuer med bedriftens egne eksperter.

Det foreslås kostnadsfunksjoner for avbrudd for 4 undergrupper innen eldrevne prosesser.

Emneord

Avbrudd, rasjonering, spenningsvariasjoner, eldrevne prosesser, samfunnsøkonomiske kostnader

Rapporten er utarbeidet som del av forskningsprosjektet "Samfunnsøkonomiske kostnader ved at sluttbrukere opplever avbrudd, spenningsforstyrrelser og rasjonering" gjennomført av Pöry og SINTEF Energi, for Energi Norge AS, som del av RENERGI-programmet til Norges forskningsråd. Prosjektet støttes finansielt av Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), Statnett, Statoil, Norsk Hydro, Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (BKK) og Energi Norge.

Dokumentdetaljer

Prosjektnr. Pöyry Management Consulting (Norway) AS: 5Z090054.10
SINTEF Energi AS: 12X648

Dato for ferdigstilling 14. mai 2012

Kontakt detaljer

Pöyry Management Consulting

Pöyry Management Consulting (Norway) AS
Postboks 9086 Grønland,
0133 Oslo

Besøksadresse i Oslo:
Schweigaards gate 15B
0191 Oslo

Telefon: 45 40 50 00
Telefaks: 22 42 00 40
e-post: oslo.econ@poyry.com
Web: <http://www.poyry.no>

Org.nr: 960 416 090

SINTEF Energi AS

SINTEF Energi AS
Postboks 4761 Sluppen
7465 Trondheim

Besøksadresse i Trondheim:
Sem Sælands vei 11
7034 Trondheim

Telefon: 73 59 72 00
Telefaks: 73 59 72 50
e-post: energy.research@sintef.no
Web: <http://www.sintef.no/energi>

Org.nr: 939 350 675

INNHold

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....	1
1 INNLEDNING.....	4
1.1 Del av et større forskningsprosjekt.....	4
1.2 Delprosjekt om "eldrevne prosesser"	5
2 METODISKE VURDERINGER OG VALG	5
2.1 Datainnsamling fra bedriftene	6
2.2 Valg av bedrifter.....	7
2.3 Kostnadsberegninger.....	8
3 BEDRIFTSØKONOMI VS. SAMFUNNSØKONOMI	12
4 NORMALISERTE AVBRUDDSKOSTNADER FOR CASEBEDRIFTENE	15
4.1 Overordnede vurderinger.....	15
4.2 Alle casebedrifter samlet.....	16
4.3 Bedrifter innen gass og raffinering	19
4.4 Bedrifter innen produksjon av metaller	20
4.5 Bedrifter innen treforedling.....	21
4.6 Bedrifter innen produksjon av kjemiske produkter	22
5 NORMALISERTE AVBRUDDSKOSTNADER FOR GRUPPER AV BEDRIFTER .	24
5.1 Inndeling i undergrupper	24
5.2 Metallproduksjon.....	25
5.3 Petroleumsrelatert virksomhet	25
5.4 Treforedling	25
5.5 Kjemisk industri.....	26
5.6 Sammenstilling av kostnadsfunksjonene.....	26
6 KOSTNADER VED SPENNINGSFORSTYRRELSER	28
6.1 Overordnede vurderinger.....	28
6.2 Kostnadsestimat	28
6.3 Kostnader ved spenningsdipp vs kostnader ved avbrudd på ett sekund	29
7 SAMMENSTILLING AV RESULTATENE OG SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE	32
8 REDUSERT LEVERINGSKAPASITET I KRAFTSYSTEMET	33
8.1 Konsekvenser	33
8.2 Kostnader	34

9	RASJONERING.....	35
9.1	Konsekvenser.....	35
9.2	Kostnader i kroner	36
9.3	Normaliserte kostnader.....	37
9.4	Sammenligning med resultater for redusert leveringskapasitet	37
10	AVSLUTTENDE MERKNADER.....	39
	REFERANSER	41
	VEDLEGG 1: BEREGNINGSRESULTATER I CASENE	42
	Bedrift 1 (B1) - Gass.....	42
	Bedrift 2 (B2) - Gass.....	46
	Bedrift 3 (B3) - Gass.....	50
	Bedrift 4 (B4) - Metall	54
	Bedrift 5 (B5) - Metall	58
	Bedrift 6 (B6) - Kjemisk	62
	Bedrift 7 (B7) - Treforedling.....	66
	Bedrift 8 (B8) - Treforedling.....	69
	Bedrift 9 (B9) – Kjemisk.....	71
	Bedrift 10 (B10) - Kjemisk	74
	Bedrift 11 (B11) - Metall	79
	Bedrift 12 (B12) - Kjemisk	82
	Bedrift 13 (B13) - Raffineri.....	85
	VEDLEGG 2: NÆRINGSKODER	90
	VEDLEGG 3: DOKUMENTASJON AV KOSTNADER.....	91
	VEDLEGG 4: INTERVJUGUIDE.....	92

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Rapporten beskriver beregninger av samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser i elektrisitetsforsyningen, samt redusert leveringskapasitet og rasjonering, for bedrifter der elektrisitet er en kritisk innsatsfaktor i produksjonen (eldrevne prosesser).

Casestudier

Resultatene er basert på casestudier av 13 industribedrifter/prosesser med eldrevne prosesser. Bedriftene er tilknyttet sentral- eller regionalnettet og omfatter i stor grad bedrifter innen kraftkrevende industri.

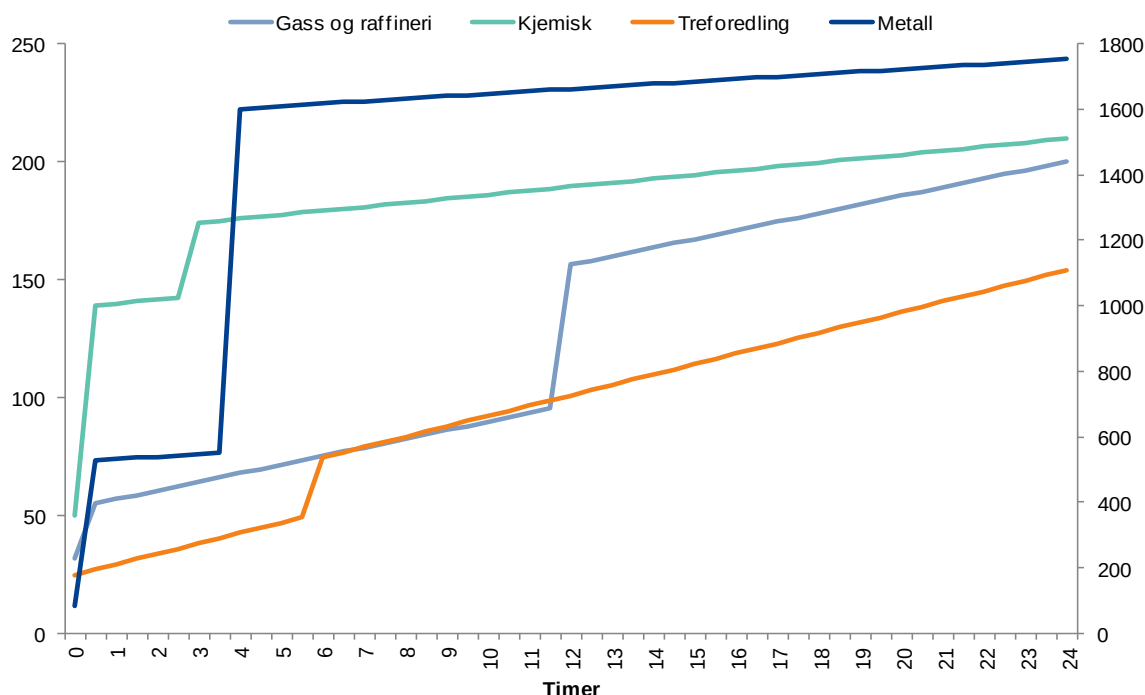
Hensikten med analysen er å danne et bilde av innteksttapene og kostnadene for enkelte utvalgte industrianlegg ved avvik i elektrisitetsforsyningen. Bedriftene som er valgt ut er avhengig av elektrisitet til produksjon, og de har alle produksjonsprosesser som er følsomme for avbrudd og spenningsforstyrrelser. Tapene og kostnadene avhenger av en rekke tekniske og økonomiske forutsetninger som bare de berørte bedriftene kan svare fullgodt på. Dette er belyst gjennom intervjuer med bedriftens egne eksperter.

Kundegruppen bedrifter med eldrevne prosesser er en svært heterogen gruppe. Istedenfor å estimere én felles kostnadsfunksjon for kundegruppen bestående av bedrifter med eldrevne prosesser, har vi beregnet gjennomsnittskostnadsfunksjoner for følgende fire undergrupper: Metaller, treforedling, kjemisk industri og raffinering og gassprosessering.

Kostnader ved avbrudd

De estimerte kostnadsfunksjonene (kroner per kW ikke levert effekt) er vist i Figur A.

Figur A *Estimerte kostnadsfunksjoner for avbrudd som funksjon av antall timer avbruddet varer. kr/kW*



Note: Avbruddskostnad for metallindustri på høyre akse, for de øvrige næringene på venstre akse. Laveste avbruddsvarighet i figuren er 1 sekund, og høyeste avbruddsvarighet er 24 timer.

Tallverdiene for de normaliserte avbruddskostnadene er vist i Tabell A.

Tabell A Normaliserte kostnader ved avbrudd i elektrisitetsforsyningen for grupper av bedrifter med eldrevne prosesser. Kr/kW avbrutt effekt

Varighet på avbruddet	Metall	Gass og raffineri	Treforedling	Kjemisk
1 sek	84,50	31,80	24,80	49,80
1 min	88,04	53,30	24,90	93,40
3 min	88,30	53,40	25,10	93,40
1 time	531,75	56,90	29,20	139,90
4 timer	1602,30	67,80	42,50	175,80
24 timer	1753,10	200,10	153,90	209,80

Note: Uvektede gjennomsnitt av kostnader i casebedriftene. For Metall, Gass og raffineri samt for Treforedling er kostnaden ved avbrudd på 1 sekund beregnet med utgangspunkt i kostnadsestimatet for spenningsdipp og ikke med den estimerte kostnadsfunksjonen for avbrudd.

Betydningen av varsling

Varsling av avbrudd vil kunne gi grunnlag for en kontrollert stans, men hovedelementet i kostnaden for bedriften – bortfall av produksjonen under og etter et avbrudd – vil ikke bli påvirket. Generelt synes det derfor å være små kostnadsbesparelser for disse bedriftene som følge av at et avbrudd varsles på forhånd. Det er likevel en fordel med varsling, da en kontrollert nedstenging vil medføre mindre slitasje og risiko for skade på bedriftens maskiner og utstyr, men dette er ikke inkludert i kostnadsfunksjonene.

Kostnader ved spenningsforstyrrelser

Intervjuene tilsier at de fleste bedriftene med eldrevne prosesser har problemer med spenningsforstyrrelser, særlig kortvarig underspenning (spenningsdipp). Bedriftene opplyser at produksjonen vil stoppe dersom spenningen faller under et kritisk nivå i en viss varighet. Dersom en spenningsforstyrrelse medfører stopp i produksjonen, vil bedriftene bli påført en kostnad som følge av tapt produksjon under oppstartsprosessen der produksjonen trappes opp mot normalt nivå. Kostnadene er små eller neglisjerbare ved spenningsforstyrrelser som ikke medfører stopp i produksjonen.

Gitt at oppstartsprosessen kan starte øyeblikkelig etter en spenningsforstyrrelse (dipp), anslår vi at de fire kundegruppene påføres en gjennomsnittlig kostnad som vist i Tabell B. Kostnadsanslagene er basert på at spenningsdippen medfører full stopp i produksjonen. Tabellen viser også kritiske nivåer på dybde og varighet som medfører produksjonsstopp. Merk at det er individuelle forskjeller i kritiske nivåer også mellom bedrifter innenfor samme kundegruppe.

Tabell B *Kostnader i kr/kW som følge av en spenningsdipp og kritiske nivåer*

Kundegruppe	Kostnad ved spenningsdipp Kr/kW	Kritisk spenningsnivå %	Kritisk varighet ms
Metall ¹⁾	0,30	-	-
Gass og raffineri	31,80	70 – 80	0 – 100
Treforedling	24,80	60 – 70	0 – 100
Kjemisk	49,80	40 – 60	100 - 150

1) Estimatet er basert på kostnadsestimatet for aluminiumsbedriftene pga manglende data for øvrige metallbedrifter.

En spenningsforstyrrelse kan også medføre kostnader for bedriftene som følge av slitasje eller skader på bedriftens maskiner eller utstyr. Denne kostnaden er usikker, og vil også variere fra tilfelle til tilfelle. Denne eventuelle ekstra kostnaden har ikke bedriftene kunnet tallfeste, og er ikke inkludert i estimatet i tabellen.

Kostnader ved redusert leveringskapasitet

Bedriftene kan i noen grad tåle redusert leveringskapasitet i kortere perioder. Redusert leveringskapasitet vil gi tap som følge av redusert produksjon. Merkostnader ved avbøtende tiltak (alternativ energiproduksjon) medfører også kostnader for noen bedrifter. Tabell C viser konsekvensene for de fire undergruppene som følge av en situasjon der bedriftene må redusere effektforbruket med henholdsvis 25 og 50 prosent i 2 timer. Kostnadene i kroner er beregnet som inntektstap som følge av redusert produksjonsnivå i de to timene med redusert effekt, samt tap i perioden med opptrapping etter at normal elektrisitetsforsyning er gjenopprettet.

Tabell C *Normaliserte kostnader i kr/kW ved redusert leveringskapasitet ved effektnivå på hhv. 75 % og 50 % i 2 timer*

	Metall	Treforedling	Kjemisk	Gass og raffineri
Kostnad ved effektnivå 75 %	66	5	31	134
Kostnad ved effektnivå 50 %	64	5	40	126

Kostnader ved rasjonering

Tabell D viser konsekvensene for de fire undergruppene som følge av en kvoterasjonering der kvoten er henholdsvis 50 og 75 prosent i 2 uker, med varslingstid en uke.

Tabell D *Normaliserte kostnader i kr/kWh rasjonert energi i 2 uker*

Kundegruppe	Kvote 50 %	Kvote 75 %
– Metall	29	13
– Treforedling	1	1
– Kjemisk	3	3
– Gass og raffineri	9	14
Eldrevne prosesser (uvektet gjennomsnitt)	11	8

1 INNLEDNING

1.1 DEL AV ET STØRRE FORSKNINGSPROSJEKT

Denne rapporten er utarbeidet som del av et omfattende forskningsprosjekt for kartlegging av samfunnsøkonomiske kostnader ved avbrudd, spenningsvariasjoner og rasjonering, gjennomført i fellesskap av Pöyry og SINTEF Energi. Den første studien av denne typen ble gjennomført i 1990 av Samfunns- og Næringslivsforskning (SNF) med assistanse av SINTEF Energi (tidligere Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt EFI). Den forrige studien ble gjennomført i perioden 2000-2003 og ble utført av SNF og SINTEF Energi.

I 2008 gjennomførte Pöyry (da Econ Pöyry) en forstudie som grunnlag for det pågående prosjektet, i samarbeid med Troll Power (ECON, 2008). I etterkant av forstudien ble dette prosjektet utformet i samarbeid mellom Pöyry (da Econ Pöyry) og SINTEF.

Overordnet mål for hele prosjektet er å

Framskaffe ny kunnskap om og bedre metoder for å kartlegge kostnadene for samfunnet ved avbrudd, spenningsforstyrrelser og rasjonering, som grunnlag for en samfunnsmessig rasjonell utvikling av kraftsystemet og reguleringen av leveringskvalitet

Konkrete *delmål* for prosjektet omfatter:

- Etablering av individuelle kostnadsfunksjoner for avbrudd og spenningsforstyrrelser for store nettkunder.
- Etablering av sektorvise kostnadsfunksjoner for avbrudd og spenningsforstyrrelser for husholdninger, offentlig sektor og private bedrifter
- Kvalitativ beskrivelse og kvantitative anslag på følgekostnadene for samfunnet ved avbrudd hos kritiske infrastrukturvirksomheter
- Identifisering av drivkrefter bak endringer i kostnadene ved avbrudd og spenningsforstyrrelser, både langsiktige trender og kortsiktige svingninger
- Grov kvantifisering av betydningen for de samfunnsøkonomiske kostnadene av hvor stort geografisk/befolkningsmessig område som rammes av et avbrudd.
- Kvalitativ beskrivelse og grov kvantifisering av kostnadene ved ulike former for rasjonering.

Prosjektet består av delprosjekter, jf tabellen nedenfor.

Figur 1.1 Delprosjekter i forskningsprosjektet, med hovedaktiviteter

Delprosjekt	Aktiviteter
A1 Litteraturstudie	Gjennomgåelse av relevant litteratur
A2 Eldrevne prosesser	Casestudier, analysemodeller, kostnadsfunksjoner
A3 Øvrige bedrifter og offentlig	Spørreundersøkelser, beregning av samfunnsøkonomiske kostnader, estimering av kostnadsfunksjoner
A4 Husholdninger	Spørreundersøkelser, beregning av samfunnsøkonomiske kostnader, estimering av kostnadsfunksjoner
A5 Drivkrefter bak endringer	Analyser av drivkrefter bak kostnadsendringer over tid
A6 Kritisk infrastruktur	Analyse av konsekvensene for samfunnet av avbrudd hos kritiske infrastrukturvirksomheter, basert på casestudier
A7 Betydning av størrelse på geografisk område som rammes	Grov tallfesting av konsekvensene for avbruddskostnadene dersom et større geografisk område rammes og ikke bare enkelte sluttbrukere
A8 Rasjoneringsregimer	Prinsipiell analyse av kostnadene for samfunnet ved ulike rasjoneringsregimer
A9 Implikasjoner for regulering	Sammenfatning, anbefaling for prinsipper for KILE-satser og andre regulatoriske instrumenter

1.2 DELPROSJEKT OM "ELDREVNE PROSESSER"

Denne rapporten oppsummerer resultater fra delprosjekt 2 om eldrevne prosesser. Delprosjektet er basert på resultater fra casestudier av et utvalg industribedrifter som benytter mye elektrisitet, og der elektrisitet er en kritisk innsatsfaktor (eldrevne prosesser).

Den overordnede problemstillingen i delprosjektet er:

Hvilke bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader oppstår som følge av avbrudd og spenningsforstyrrelser i elektrisitetsforsyningen hos bedrifter som baserer sin virksomhet på eldrevne produksjonsprosesser?

Målet har vært å etablere individuelle tapsuttrykk for avbrudd og spenningsvariasjoner for de utvalgte bedriftene, samt å gi en sammenligning av resultatene med resultatene fra den forrige undersøkelsen utført i perioden 2000 – 2003 (gjelder avbrudd), jf. Samdal m.fl. (2003a,b,c). Sistnevnte omtales heretter i rapporten som studien eller undersøkelsen fra 2002, som er det året kostnadstallene ble presentert for. Det har også vært et mål å frambringe informasjon om kostnader ved redusert leveringskapasitet og rasjoneringsregimer.¹

Rapporten er i hovedsak skrevet av Line Bjørk og Einar Bowitz (prosjektleder) i Pöyry. I tillegg har Ulf Møller (Pöyry) har deltatt i planlegging og gjennomføring av intervjuer. Line Bjørk har gjennomført intervjuer og kostnadsberegninger, samt skrevet store deler av rapporten.

Gerd Kjølle ((SINTEF), Matthias Hofmann (SINTEF) og Cecilie Seem (Pöyry) har deltatt i faglige diskusjoner og kvalitetssikring. Helge Seljeseth (SINTEF) har bistått med faglige vurderinger knyttet til konsekvenser av spenningsforstyrrelser.

Vi har dessuten fått mange gode innspill fra en brukergruppe med representanter fra NVE, Energi Norge, Statnett, Statoil, Norsk Hydro og BKK Nett.

¹ Rapporten inneholder kostnader ved rasjoneringsregimer både på bedriftsnivå og kundegruppenivå. De aggregerte resultatene er også inkludert i rapporten for delprosjekt A8 Rasjoneringsregimer, da det er ønskelig å sammenligne de ulike kundegruppenes kostnader som følge av en rasjoneringsregimssituasjon.

2 METODISKE VURDERINGER OG VALG

2.1 DATAINNSAMLING FRA BEDRIFTENE

Intervju versus spørreundersøkelse

Den forrige norske studien fra 2002 gjennomført av SNF og SINTEF benyttet spørreskjema sendt per post til industribedrifter, også dem som hadde komplekse og kraftkrevende industriprosesser (Kraftkrevende industri og treforedling). I en forprosjektrapport konkluderte Econ Pöyry og Troll Power (Econ Pöyry og Troll Power, 2008), med at for kraftkrevende industri var ofte både de fysiske og økonomiske konsekvensene av ulike former for avbrudd og spenningsforstyrrelser såpass komplekse at det ville være ønskelig å gå mer detaljert inn i kostnadsberegningene for en del utvalgte bedrifter som benytter mye elektrisitet. Det innebærer at forskerne går dypere inn i bedriften enn hva som er tilfellet ved en spørreundersøkelse. Forskerne bør ifølge den studien etterprøve vurderinger og kostnadsberegninger i større grad enn det som er tilfellet ved en spørreundersøkelse der bedriftene selv oppgir kostnadene ved et avbrudd eller spenningsforstyrrelse. Intervjuer som ble gjort i forbindelse med forprosjektet tydet på at en del bedrifter tenker "feil" når de angir kostnader ved avbrudd. Eksempelvis erfarte man at noen bedrifter resonnerte som om alt tapt salg i en periode med avbrudd utgjør en kostnad og at de ikke tok hensyn til at bedriften også sparte innsatsvarer under avbruddet.

En tilnærming med personlige intervju med nøkkelpersonell hos bedrifter som er store kraftforbrukere anbefales også av Sullivan m. fl. (2009) i en metastudie på amerikanske data.

Erfaringene fra intervjuene i forprosjektet er videre at tid er en meget knapp ressurs i næringslivet, i alle fall blant dem som vil kunne svare på denne typen spørsmål. I store bedrifter må ofte mange personer involveres for å svare på spørsmålene og beregne kostnadene, noe som gjør at mange bedrifter lar være å svare. Enkelte bedrifter er redde for å avsløre forretningshemmeligheter, og det kan være vanskelig for personell ute i organisasjonen å få tillatelse til å gi svar. Men dette er problemer som vi også har erfart i denne casestudien. Vi har kontaktet mange flere bedrifter enn de vi har beregnet kostnadsfunksjoner for.

Casestudier

For å få et enhetlig bilde av kostnadene, besluttet vi å gå dypere inn i enkelte større bedrifter for å få et bedre grep på kostnadsstrukturen. Ønsket fra NVE og andre om å etablere individuelle, dvs helst bedriftsspesifikke, kostnadsfunksjoner, har også vært en begrunnelse for å gå så detaljert til verks som vi har gjort i denne rapporten.

Vi har altså valgt casestudier blant annet fordi vi anser det viktig å kartlegge det eksakte hendelsesforløpet ved avbrudd og spenningsforstyrrelser i betydelig detalj for å forstå hvordan de aktuelle prosessene påvirkes og konsekvensene for bedriftens økonomi. Tidligere analyser har ikke gitt klare resultater for *når* kostnadene ved avbrudd blir kritisk høy. Spørreundersøkelsene som har vært gjennomført til nå, har basert seg på rapporterte kostnader ved spesifiserte avbruddslengder, uten å gå detaljert inn i ved hvilken varighet kostnadene virkelig skyter fart (terskelverdier). Ved intervjuer går vi åpent ut når det gjelder dette, slik at funksjonene bedre kan fange opp slike kritiske varigheter hvor kostnadene stiger mye.

Det å sikre at resultatene er representative for alle bedriftene i gruppen er en viktig utfordring ved bruk av casestudier, der antall observasjoner ofte blir lavt. I denne

undersøkelsen har vi svar fra 13 bedrifter, av dem 9 innenfor kraftkrevende industri. Det er unektelig lite i forhold til antall bedrifter i sektoren. Det er noe usikkert hvor mange bedrifter dette er tale om. Samdal m fl (2003) sendte ut spørreskjema til 176 bedrifter i en gruppe de kalte "Prosessindustri", som i hovedsak tilsvarer "kraftkrevende industri". Vi fikk til dette prosjektet fra NVE tilsendt en oversikt over store kraftkunder på sentral- og regionalnettet. På listen var det 73 bedrifter innenfor hva vi definerte som kraftkrevende industri. Selv om listen ikke nødvendigvis er helt komplett, mener vi den angir størrelsesordenen på antall bedrifter innenfor kraftkrevende industri som utgjør populasjonen som vi skal beregne kostnadsfunksjoner for. At tallet er mye lavere enn i 2002 kan delvis komme av nedleggelser og sammenslåinger, men omfanget av dette kjenner vi ikke.

I Samdal m.fl. (2003a) sitt bruttoutvalg på 176 bedrifter² innen "kraftkrevende industri og treforedling" fikk man en svarprosent på 45, som gav 78 svar. Det var imidlertid langt færre bedrifter som hadde svart på kostnadsspørsmålene. Etter sensurering (fjerning av ekstremobservasjoner) stod man igjen med fra 13 svar for det avbruddsscenarioet med færrest svar, til 35 svar for det scenarioet som hadde flest svar. På basis av disse svarene beregnet man gjennomsnittlige kostnader per avbrudd (og per spenningsdipp), uten å fokusere på heterogeniteten i disse kostnadsanslagene. Det er altså noen færre bedrifter vi har kostnadsinformasjon fra i denne studien, enn hva som var tilfellet i studien fra 2002.

2.2 VALG AV BEDRIFTER

Hvilke typer bedrifter som tilhører kategorien "Eldrevne prosesser" var i prinsippet gitt i forprosjektet; bedrifter med relativt stort elektrisitetsforbruk og hvor kostnaden for elektrisitet utgjør en stor andel av de totale driftskostnadene.

I samråd med prosjektets brukergruppe ble det besluttet at det skulle tas utgangspunkt i "store nettkunder", det vil si bedrifter innen kraftkrevende industri samt innen utvinning av gass og produksjon av raffinerte petroleumsprodukter, og som var knyttet til sentral- eller regionalnettet. I desember samme år mottok prosjektet en excelfil fra NVE inneholdende ca 140 bedrifter som i hovedsak var knyttet til regionalnettet. En del av disse bedriftene ble fjernet fra utvalget fordi de ikke ble ansett å tilhøre målgruppen for dette delprosjektet. Vi fjernet derfor bedrifter i industri, privat handel og tjenesteyting samt offentlig virksomhet). En del av kundene på den oversendte listen var dessuten bedrifter som var omfattet av vårt delprosjekt om infrastruktur, tilhører kraftforsyning/fjernvarme eller var nedlagt. Også disse, samt noen bedrifter med usikker sektortilknytning, ble fjernet fra populasjonen av bedrifter vi vurderte å gå nærmere inn på. Denne prosessen gav en endelig populasjon på 73 store nettkunder (bedrifter) med "eldrevne prosesser". Mange av bedriftene er eid av samme selskap. Den endelige populasjonen består av bedrifter fra 42 selskaper. Tallene er noe usikre da enkelte enheter har byttet navn, er slått sammen eller kan være nedlagt, samt at noen nye har kommet til.

I den videre utvelgelsen ble det lagt vekt på at bedriftene skulle være mest mulig representative og representere ulike prosesser, samtidig som det også var viktig å ha ulike bedrifter innen samme bransje for å identifisere mulige forskjeller internt i bransjene. Eksempelvis kan bedrifter innen samme bransje ha ulik kostnadsfunksjon ut fra hvordan de har sikret seg mot spenningsvariasjoner, de kan være mer eller mindre sikret mot avbrudd (N-2 kontra N-1)³ og de kan ha ulike oppstartsmønstre etter avbrudd.

Totalt ble det valgt ut nærmere 20 bedrifter fordelt på de ulike delgruppene som kandidater til å delta i casestudien som skulle bestå av 8-12 casebedrifter, men flere av

² Tabell 5-1 i Samdal m fl. (2003a).

³ Les mer om N-1 prinsippet på <http://www.statnett.no/no/Nyheter-og-media/Nyhetsarkiv/Nyhetsarkiv-2009/Hva-er-N-1/>.

bedriftene ønsket ikke å bli intervjuet, mens i andre bedrifter viste det seg praktisk vanskelig å finne tid til å gjennomføre intervju. Vi endte opp med å gjennomføre intervju med 13 bedrifter og å beregne kostnadsfunksjoner for 13 bedrifter.

Tabell 2.1 viser de intervjuede casebedriftenes andel av det totale antallet bedrifter i den aktuelle delgruppen, samt antall selskap delgruppen består av og utvalgets andel av dette. Som tabellen viser, er ikke produsenter av ferrolegeringer, jern, stål eller sement inkludert i det endelige utvalget bedrifter vi har intervjuet.

Tabell 2.1 Oversikt over store nettkunder med eldrevne prosesser og utvalgte casebedrifter

Gruppering store nettkunder	Antall kunder	Antall case	Case andel	Antall selskap	Selskaps andel
Kjemisk	23	4	17 %	16	25 %
Metall aluminium	14	2	14 %	3	67 %
Metall ferrolegeringer	6	0	0 %	4	0 %
Metall jern og stål	3	0	0 %	3	0 %
Metall nikkel	2	1	50 %	1	100 %
Papir og papp	11	1	9 %	7	14 %
Papirmasse	7	1	14 %	4	25 %
Gass/petroleum	5	4	80 %	3	33 %
Sement	2	0	0 %	1	0 %

Av de 23 bedriftene som produserer kjemiske produkter, er 13 innenfor uorganiske kjemikalier, 5 innen organiske kjemiske råvarer, 2 innen gjødsel, nitrogenforbindelser og vekstjord, mens de 3 siste produserer andre kjemiske produkter. De 25 bedriftene som produserer metaller omfatter produksjon av aluminium, ferrolegeringer, jern, stål og nikkel. De 18 bedriftene i treforedling produserer papirmasse, papp og papir.

2.3 KOSTNADSBEREGNINGER

Direkte estimat på kostnader

Vi har i delprosjektet lagt vekt på å tallfeste bedriftens kostnader i kroner og øre ved ulike avbrudd. Kostnadene omfatter tappt produksjon som ikke kan tas igjen, merkostnader ved avbøtende tiltak eller tiltak for å ta igjen produksjonen, samt andre økonomiske tap. Vi har, til forskjell fra undersøkelsen fra 2002, ikke spurt bedriftene om betalingsvillighet for å unngå avbrudd.

Generelt mener vi at betalingsvillighet er en god tilnærming der hvor det er vesentlige ulemper som ikke uten videre kan tallfestes i kroner og øre (ikke-økonomiske kostnader). Det er grunnen til at metoden betinget verdsetting (måling av betalingsvillighet) for et gode er velegnet i måling av verdien av å unngå avbrudd for en husholdning, men ikke for en industribedrift. Metoden har sin største utbredelse for å beregne verdien av "ikke-markedsgoder", som miljø, sikkerhet, spart reisetid mv.

For å komme fram til en betalingsvillighet måtte en industribedrift først regnet ut hvor mye den ville tape økonomisk på et avbrudd. Hvis bedriften ikke opplevde noen ulemper utover de tallfestede kostnadene, burde oppgitt betalingsvillighet være lik beregnede kostnader. Hvis det var ytterligere ulemper i bedriften (mer stress mv som ikke slår ut i økonomiske kostnader), kan det hende at bedriften ville hatt en positiv betalingsvillighet for å unngå disse ulempene. Da ville betalingsvilligheten vært større enn kostnadsestimatet. Under ingen omstendighet burde betalingsvilligheten for å unngå avbruddet være mindre enn de beregnede kostnadene ved å erfare avbruddet. Vi tror at vi fanger opp de aller vesentligste kostnadene i våre beregninger, og at disse estimatene er de beste å legge til grunn for kostnadsfunksjonene. Det at resultatene fra 2002ga vesentlig lavere anslag

basert på betalingsvillighet enn basert på direkte kostnadsanslag⁴, kan tyde på at enkelte bedrifter har "underdrevet" betalingsvilligheten. Dette og de generelle betraktningene om forholdet mellom direkte kostnadsestimat og estimat basert på betalingsvillighet er argumenter for bare å beregne direkte kostnader, slik vi har gjort i denne rapporten.

Generell beregningsmetode for kostnader

Steg én i analysen går ut på å beregne tapte salgsinntekter og ekstrakostnader som følge av stans i produksjonen ved avbrudd og spenningsforstyrrelser. Beregningene inkluderer tapte salgsinntekter fratrasket eventuelle sparte kostnader til råvarer og energi. For enkelte bedrifter hvor kostnadene til råvarer utgjør en stor del av salgsverdien av det endelige produktet, kan denne typen innsparinger være viktige å ta hensyn til. For noen bedrifter utgjør også elektrisitetskostnadene en så stor andel av salgsinntektene, at sparte utgifter til anskaffelse av elektrisitet under et avbrudd er så store at de bør tas hensyn til.

Inntektstapet som skal identifiseres er en form for dekningsbidrag, der arbeidskraftkostnader her regnes som en fast kostnad, siden bedriften uansett må betale lønn til de ansatte under et avbrudd.

Videre skal vi identifisere og tallfeste ekstrakostnader ved avbruddet som for eksempel verdiforringelse/spill av råvarer eller ferdigvarer, økt slitasje/skade på utstyr og eventuelle forsinkelsesgebyrer ved forsinket levering pga avbruddet. I mange tilfeller vil produksjonen være avbrutt en periode også etter at elektrisiteten er kommet tilbake. Det er heller ikke uvanlig at produksjonen bare gradvis kan trappes opp etter at elektrisiteten er kommet tilbake igjen. Begge disse forholdene innebærer også inntektstap, eventuelt også tap som følge av spillproduksjon/reduert kvalitet på produktet i denne opptrappingsfasen.

Et sentralt poeng for beregning av det økonomiske tapet ved et avbrudd i elektrisitetsforsyningen er hvorvidt og eventuelt i hvilken grad bedriften kan ta igjen produksjonstapet på et senere tidspunkt. Hvis bedriften har ledig kapasitet og på en enkel måte kan øke produksjonen gjennom økt kapasitetsutnyttning i løpet av noen dager eller uker etter avbruddet, lider ikke bedriften noe merkbart inntektstap som følge av avbruddet. Det kan likevel være kostnader ved slitasje/spillproduksjon eller forsinkelsesgebyrer. Dessuten kan selve gjeninnhentingene innebære behov for overtid. Kostnaden ved den ekstra overtiden er en relevant kostnad for bedriften i dette tilfellet.

Beregningene er utført med utgangspunkt i data fra intervjuene, offentlig tilgjengelige produksjonstall og produktpriser, priser på innsatsfaktorer og andre relevante forhold. Lengden på oppstartstid er basert på informantenes utsagn. Anslått oppstartstid er basert på gjennomsnittsvurderinger og vil kunne variere noe fra gang til gang.

Kostnadsberegninger for kraftintensiv industri

Bedriftene innenfor kraftintensiv industri (inkludert et raffineri) produserer for full kapasitet, og kan derfor ikke ta igjen den tapte produksjonen i framtiden. Kostnaden ved avbruddet er beregnet som summen av tapte salgsinntekter som følge av stansen i produksjonen, pluss eventuelle ekstra kostnader, fratrasket eventuelle utgiftsbesparelser. Kostnaden i dag (K_0) er gitt ved formelen nedenfor:

$$K_0 = \text{Inntektstap}_0 + \text{Ekstrakostnader}_0 - \text{Sparte utgifter}_0$$

Inntektstapet er beregnet ved å multiplisere antall enheter (eksempelvis tonn) anslått produksjon i bedriften per time med pris per enhet, og antall effektive timer produksjonen er stanset som følge av selve avbruddet og oppstartsprosessen. Det antas at bedriftene har døgnkontinuerlig produksjon, og produksjonen per time beregnes derfor ved å dele

⁴ Jf. nederst i tabell 6-1 i Samdal m. fl. (2003b).

produksjonen per år på 8760 timer (365 dager a 24 timer). Dersom produksjonen kan måles i tonn, er inntektstapet i dag, I_0 , beregnet på følgende måte:

$$I_0 = \frac{\text{Produksjon i tonn per år}}{8760 \text{ timer per år}} * \text{Pris per tonn} * (x + t)$$

der x er antall tapte produksjonstimer som følge av oppstartstid, og t er antall tapte produksjonstimer som følge av selve avbruddet i elektrisitetsforsyningen. Der produksjonsprosessen gradvis trappes opp etter at elektrisiteten er kommet tilbake, beregnes "effektive" tapte timer der vi forutsetter at produksjonen trappes lineært opp helt til full produksjon er etablert. Eksempelvis vil en lineær opptrapping på 2 timer etter at elektrisiteten er kommet tilbake, innebære at det tapes 1 times effektiv produksjonstid i tillegg til tapt produksjonstid under avbruddet i elektrisitetsforsyningen.

Inntektstapet er så langt det lar seg gjøre basert på offentlig tilgjengelige priser slik at disse tallene lett kan oppdateres. For bedrifter der gode indikatorer for produktprisen ikke er tilgjengelig i offentlig statistikk (eksempelvis SSBs industristatistikk), er inntektstapet basert på dekningsbidrag eller inntektstap per time oppgitt av bedriften selv.

Kostnadsberegninger for gassprosesseringsanlegg

Tre av bedriftene som analyseres i studien er gassprosesseringsanlegg. Siden naturgass er en ikke-fornybar ressurs, innebærer avbrutt produksjon pga avbrudd i utgangspunktet ikke fullt produksjonsbortfall, men bare at naturgassen i reservoaret først kan leveres på et senere tidspunkt.

En stans i produksjonen medfører tapte inntekter i dag da produksjonen ikke kan tas igjen før en gang i fremtiden. Tidspunktet for når produksjonen gjenopptas, varierer fra produsent til produsent. I Noen situasjoner kan produksjon tas igjen på en årstid da anlegget har ledig kapasitet. I andre anlegg kan produksjonen først tas igjen til slutt i reservoarets levetid. Verdien i dag av inntekter som tilfaller produsenten i fremtiden, avhenger av når den tapte produksjonen kan tas igjen og av størrelsen på rentesatsen som legges til grunn. For å beregne inntektstapet som følge av et avbrudd, må man altså beregne verdien i dag av et beløp man først får om n år, der n er antall år til produksjonen kan tas igjen. Dette betyr at man må beregne nåverdien av de fremtidige inntektene.

Dersom bedriftens kostnader kun er knyttet til tapt salg i dag, er kostnadene som følge av et avbrudd gitt ved inntektstapet i dag fratrullet nåverdien av de fremtidige salgsinntektene. Kostnaden i dag (K_0) er gitt ved formelen nedenfor:

$$K_0 = I_0 - \frac{1}{(1+r)^n} I_n$$

der K_0 er inntektstapet ved at produsenten ikke får solgt gassen i dag, men først på et framtidig tidspunkt. I_0 er salgsinntekten i dag, I_n er salgsinntekten i det framtidige året da produksjonen kan tas igjen, n er antall år frem i tid til tapt produksjon kan tas igjen og r er diskonteringsrenten.

I beregningen over har vi antatt at den fremtidige salgsinntekten er lik salgsinntekten i dag. Det er altså ikke tatt høyde for prisendring på de ulike produktene i beregningene av salg i fremtiden, men antatt at prisen er lik i dag og i fremtiden. Dette er en forenkling da man ikke vet hva prisen blir i fremtiden. Nåverdien av den fremtidige inntekten neddiskonteres fordi en framtidig inntektsstrøm er mindre verdt enn en tilsvarende inntektsstrøm i dag. Renten som er lagt til grunn i beregningene er basert på en kapitalavkastningsrate på 6 prosent før skatt. Dette er kapitalavkastningsfradrag beregnet ut fra inngående skattemessig verdi av driftsmidlene i sokkelvirksomheten (NOU 2000: 18).

Betydningen av diskonteringen kan illustreres ved at en diskonteringsrente på 6 prosent fører til at 1 kr om 10 år er verdt 56 øre i dag, mens 1 kr om 25 år er verdt 23 øre i dag. Både økt kapitalavkastningsrate, r , og en økning i antall år til produksjonen kan tas igjen, n , reduserer verdien av den fremtidige inntekten.

Det forutsettes her ingen ytterligere kostnader enn inntektstap som følge av utsatt produksjon. Produksjonstapet, som er knyttet til tapt produksjon som følge av avbrudd og spenningsforstyrrelser, er basert på oppstarts- og opptrappingstid. Det er informantenes anslag på omtrent hvor lang tid det tar produsentene etter et avbrudd eller spenningsforstyrrelser som medfører stans i produksjonen, før produksjonen er på normalt nivå igjen. Dersom bedriften påføres andre kostnader enn inntektstap, må dette legges til ved beregning av total kostnad. Dersom bedriften har kostnadsbesparelser som følge av avbruddet, må disse trekkes fra ved beregning av total kostnad.

3 BEDRIFTSØKONOMI VS. SAMFUNNSØKONOMI

Caseresultatene gir anslag på de privatøkonomiske kostnadene som følge av avbrudd og spenningsforstyrrelser. Reguleringsmyndighetene trenger imidlertid tall for de samfunnsøkonomiske kostnadene for å utforme en god regulering. Spørsmålet om i hvor stor grad de estimerte kostnadene og kostnadsfunksjonene gir et godt uttrykk for de samfunnsøkonomiske kostnadene, er temaet for dette kapitlet.

Det er (minst) to kilder til avvik mellom samfunnsøkonomisk kostnad og bedriftsøkonomisk kostnad. Nedenfor diskuteres betydningen av de to viktigste kildene til avvik:

- 1) Bedriftsøkonomisk tap på grunn av avbrudd i en bedrift kan motvirkes ved økt produksjon og gevinster i andre bedrifter, slik at det samlede samfunnsøkonomiske tapet blir mindre enn det bedriftsøkonomiske.
- 2) Redusert eller forsinket leveranse kan føre til bedriftsøkonomiske tap hos avbruddsbedriftens kunder, uten at den sistnevnte bedriften må betale fullt ut for dette. I så fall vil det samfunnsøkonomiske tapet være større enn det bedriftsøkonomiske.

Økt produksjon i andre bedrifter

Redusert produksjon på grunn av avbrudd i en bedrift vil kunne medføre at produksjonstapet helt eller delvis oppveies ved økt produksjon i andre bedrifter. Anta for eksempel at en aluminiumsprodusent blir utsatt for et avbrudd som medfører at bedriften ikke kan overholde leveranseforpliktelsene. Dersom kunden ikke godtar at leveransen utsettes, har produsenten to muligheter for å levere varene som avtalt. Dersom bedriften har produksjon ved flere lokalisasjoner som er geografisk spredt, kan bedriften i prinsippet å øke produksjonen ved en annen lokalisasjon, eller produsenten kan handle aluminium på verdensmarkedet. Dersom produksjonen kan tas igjen av samme selskap ved en annen lokalisasjon i Norge, vil dette være et bedriftsøkonomisk tap for enheten som utsettes for avbruddet, men ikke for selskapet som helhet, og det vil derfor verken oppstå noe tap for selskapet eller for samfunnet. Dersom produksjonen tas igjen ved et annet norsk selskap, vil dette være et bedriftsøkonomisk tap for bedriften som ikke kan produsere, men ikke et samfunnsøkonomisk tap da den enes bedriftens tap motvirkes av den andre bedriftens gevinst. Denne effekten er illustrert i Figur 3.1. En situasjon der produsenten handler fra en utenlandsk produsent for å dekke sin leveringsforpliktelse, medfører at det samfunnsøkonomiske nettotapet er lik det bedriftsøkonomiske nettotapet.

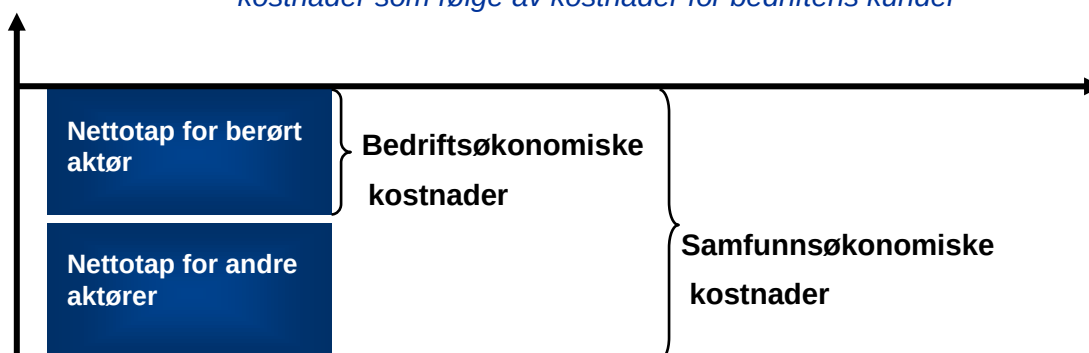
Figur 3.1 Potensielt avvik mellom bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader som følge av økt produksjon i andre bedrifter



Kostnader for bedriftens kunder

Et annet aspekt ved de samfunnsøkonomiske kostnadene er at avbrudd eller spenningsforstyrrelser for én bedrift kan få store konsekvenser for dens kunder – uten at bedriften som opplever avbruddet nødvendigvis opplever alle kostnadene. For eksempel kan avbrudd hos en underleverandør medføre tapt produksjon i en annen bedrift, uten at den berørte bedriften møter noen andre økonomiske konsekvenser enn det direkte produksjonstapet hos seg selv. Følgekostnader for andre norske bedrifter som ikke mottar viktige innsatsfaktorer kan altså utgjøre en samfunnsøkonomisk kostnad utover den bedriftsøkonomiske kostnaden for den berørte bedriften. Figuren nedenfor viser et potensielt avvik mellom samfunnsøkonomiske kostnader og bedriftsøkonomiske kostnader som kan oppstå dersom den berørte aktøren er en viktig underleverandør for en annen aktør.

Figur 3.2 Potensielt avvik mellom bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader som følge av kostnader for bedriftens kunder



Samlet vurdering

Generelt sett synes det som om produksjonen i eldrevne prosesser i liten grad kan økes utover det nivået som er bestemt fra kapitalutstyrets konstruksjon og de langsiktige kraftkontraktene. Dette forholdet synes særlig tydelig innenfor produksjon av metaller og innenfor produksjon av papir. Generelt synes det dermed i liten grad aktuelt for andre bedrifter i Norge å øke produksjonen for å overta/erstatte produksjonsbortfall i andre bedrifter ved avbrudd og spenningsforstyrrelser. Dette gjelder både andre bedrifter eid av samme selskap/konsern og bedrifter eid av konkurrerende selskaper som kunne tenkes å øke produksjonen. Dette momentet trekker i retning av at produksjonstapet som følge av avbrudd eller spenningsforstyrrelser lite sannsynlig kan bli tatt igjen av andre norske bedrifter. Det antas derfor at det ikke er noe avvik mellom bedriftsøkonomisk kostnad og samfunnsøkonomisk kostnad som følge av at andre bedrifter kan ta igjen deler eller hele produksjonstapet som følge av et avbrudd eller en spenningsforstyrrelse.

Når det gjelder spørsmål om det er følgekostnader for kundene til bedrifter med eldrevne prosesser som ikke er reflektert i våre kostnadsanslag, tror vi at det kan være slike kostnader, men vi vet ikke hvor store de er. En av casebedriftene opplyste at bedriftene tilhørte en klynge, og at produksjonsstopp i en bedrift derfor ville medføre stopp i andre bedrifter i klyngen. Noen av bedriftene tilhørte samme selskap, men også bedrifter tilhørende andre selskap var en del av klyngen. Bedriften opplyste at et kortvarig avbrudd ville gå greit grunnet noe mellomlagring i overføringsrør, men at avbrudd med varighet lengre enn et par timer ville medføre følgekostnader. Noen bedrifter opplyste også at bedriftens kostnader er basert på stopp i produksjonen av et spesifikt produkt, men at et langvarig avbrudd i tillegg kan gi kostnader som følge av tapt produksjon av andre

produkter. Følgekostnadene vil også kunne avhenge av den berørte bedriftens lagerstatus på det aktuelle tidspunktet. Det antas likevel at et avbrudd vil medføre følgekostnader for bedriftens kunder ved lengre avbrudd, noe som betyr at de bedriftsøkonomiske kostnadsfunksjonene sannsynligvis underestimerer de samfunnsøkonomiske kostnadsfunksjonene ved lengre avbrudd. Bedriftene er i liten grad villige til å gi tall for eventuelle forsinkelsesbøter eller prisavslag som inntre dersom de ikke kan møte sine leveringsforpliktelser, og vi har derfor ikke grunnlag for noen kvantitativ justering av kostnadsfunksjonene på bakgrunn av disse betraktningene. For å få et bedre bilde på følgekostnadene, kunne man alternativt ha gjennomført en ringvirkningsstudie der man kartlegger hvor avhengig bedriftene med eldrevne prosesser er av leveranse fra andre norske bedrifter og hvor tidskritisk den aktuelle leveransen er. Kostnadsrammen innenfor dette prosjektet tillot ikke en slik ringvirkningsstudie.

Gitt usikkerheten i anslagene for de bedriftsøkonomiske kostnadene som følge av at konsekvensene ved et avbrudd eller en spenningsforstyrrelse kan variere fra gang til gang, samt at caseintervjuene ikke gir noen kvantitativ informasjon om størrelsesorden på eventuelle følgekostnader, anser vi at de bedriftsøkonomiske kostnadsanslagene i denne rapporten utgjør best mulig estimat på de samfunnsøkonomiske kostnadene ved avbrudd og spenningsforstyrrelser for bedrifter innen kundegruppen eldrevne prosesser.

4 NORMALISERTE AVBRUDDSKOSTNADER FOR CASEBEDRIFTENE

I dette kapitlet presenterer vi oppsummerende resultater for konsekvenser og kostnader ved avbrudd fra intervjuene med de 13 casebedriftene. Se Vedlegg 1 for en nærmere beskrivelse av resultatene for hver enkelt casebedrift, samt utregning av individuelle kostnadsfunksjoner for avbrudd og spenningsforstyrrelser.

4.1 OVERORDNEDE VURDERINGER

4.1.1 *Kostnader som følge av avbrudd*

Bedrifter med eldrevne produksjonsprosesser har ofte svært høye kostnader målt i kroner uavhengig av varigheten på avbruddet. Årsaken til dette er at opptappingen av produksjonen mot normalt nivå etter en produksjonsstans ofte er en tidkrevende prosess og vil for korte avbrudd i elektrisitetsforsyningen være langt viktigere enn den (korte) tiden elektrisiteten er borte. For enkelte bedrifter vil tiden det tar å trappe opp igjen produksjonen avhenge av varigheten på avbruddet, da en lengre stans kan kreve en annen oppstartsmetode og lengre opptappingstid enn et kortvarig avbrudd i elektrisitetsforsyningen.

Bedriftenes kostnader er for de fleste bedriftenes vedkommende et resultat av inntektstap fordi selve avbruddet og oppstartsprosessen medfører tap av produksjonstimer som ikke kan tas igjen.

Bedriftene kan også påføres kostnader i form av at ekstra personell må hentes inn (både interne og eksterne), maskiner eller utstyr kan bli skadet, levetid på maskiner eller utstyr kan reduseres, bedriften kan bli påført bøter dersom kontraktfestede leveranser ikke overholdes og bedriften kan tape kunder dersom de ikke oppleves som en pålitelig leverandør. Disse kostnadene har vist seg å være vanskelig for bedriftene å tallfeste.

4.1.2 *Kostnadsbesparelser*

Intervjuene tyder på at det generelt sett er små besparelser knyttet til mindre bruk av råvarer under avbruddet. Årsaken til dette er at råvareforbruket i opptappingsprosessen ofte er større enn besparelsen i råvarebruk under selve avbruddet.

For noen bedrifter utgjør elektrisitetskostnadene en stor andel av produksjonskostnadene. Det er derfor grunn til å forvente at sparte utgifter knyttet til anskaffelse av elektrisitet under et avbrudd vil utgjøre en betydelig besparelse for bedriften. Intervjuene tyder imidlertid på at denne besparelsen har relativt liten betydning da elektrisitetsforbruket ofte økes i opptappingsprosessen etter at elektrisiteten er tilbake.

I våre beregninger har vi således ikke lagt inn besparelser under avbruddet pga mindre bruk av råvarer eller elektrisitet.

4.1.3 *Betydningen av varsling*

Kostnadene ved avbrudd i elektrisitetsforsyningen for bedrifter med eldrevne prosesser er i hovedsak knyttet til tap av produksjon – både på grunn av stopp i produksjonen under selve avbruddet, men også fordi det tar tid å komme tilbake til normalt produksjonsnivå etter at elektrisiteten er tilbake. Fordi kostnadene i hovedsak er knyttet til inntektstap, og produksjonen i svært liten grad kan tas igjen etter at elektrisiteten er tilbake, vil

kostnadene som følge av avbruddet i liten grad kunne reduseres selv om avbruddet er varslet på forhånd.

Generelt sett vil bedriftene påføres den samme kostnaden selv om avbruddet er varslet eller ikke. Kun 1 av 13 casebedrifter oppgir at de kan unngå kostnadene et avbrudd medfører dersom bedriften blir varslet på forhånd. Årsaken til dette er at denne bedriften har egenproduksjon av elektrisitet, og dersom bedriften varsles på forhånd, kan den koble seg fra nettet. Ved økt bruk av olje, kan problemene som følge av produksjonsstans unngås – riktignok til en økt energipris (bruk av olje er dyrere enn bruk av elektrisitet).

Selv om kostnadsreduksjonen som følge av varsling generelt sett er relativt liten, vil varsling likevel ha en positiv effekt for de fleste bedrifter. Dersom avbrudd varsles på forhånd, kan bedriften sette i gang en kontrollert nedtrappingsprosess, noe som vil være bedre for bedriftens maskiner og utstyr enn en ukontrollert stopp. I tillegg vil en kontrollert nedtrappingsprosess kunne redusere omfanget av vrakproduksjon, samt redusere sannsynligheten for at produkter under produksjon vil ødelegge maskiner og utstyr. Varsling gir også bedriften mulighet til å tilkalle nødvendig ekstrahjelp – både til nedtrapping og opptrapping. Dersom personell med riktig kvalifikasjon er til stede når produksjonen skal trappes opp igjen, vil dette kunne redusere antallet timer med opptrapping, noe som igjen reduserte bedriftens kostnader. Et uvarslet avbrudd medfører svært ofte en kaotisk situasjon, noe som kan oppleves som en stor påkjenning for de ansatte som er på jobb. Dersom et avbrudd er varslet på forhånd, vil ansatte informeres om avbruddet, og situasjonen vil oppleves som mindre stressende.

Basert på intervjuene, har vi ikke funnet grunnlag for å anslå noen proSENTsats for hvor mye avbruddskostnadene i gjennomsnitt vil reduseres dersom avbruddet er varslet på forhånd. Kostnadsbesparelsen ved varsling synes uansett å være liten. Grunnen er at kostnadsfunksjonene er knyttet til tap av produksjon, noe som vil være uendret selv om avbruddet var varslet på forhånd. 2002-undersøkelse konkluderte også med at kostnadsbesparelsen som følge av varsling var liten for bedrifter med eldrevne prosesser, men tallfesten denne til å være 6,4 prosent dersom et avbrudd på 4 timer ble varslet 24 timer på forhånd, jf. Samdal m. fl. (2003b).

4.2 ALLE CASEBEDRIFTER SAMLET

Figur 4.1 viser en sammenstilling av de 13 casebedriftenes individuelle kostnadsfunksjoner for avbrudd med varighet fra 0 timer til 24 timer. Kostnaden er normalisert til kr/kW, og gjennomsnittlig kostnadsfunksjon (AVG) er vist med den stiplede linjen.

Det kan diskuteres om gjennomsnittlig kostnad for grupper av bedrifter skal beregnes som et uveid aritmetisk gjennomsnitt av hver bedrifts estimerte kostnad per kW, eller om man skal vekte hver bedrifts kostnad med hvor stor effekt bedriften har. Teoretisk sett er det gode grunner for å beregne gjennomsnittlig avbruddskostnad for en gruppe bedrifter som et vektet gjennomsnitt, der kostnaden i bedrifter som bruker mye elektrisitet (og har høyt effektuttak) teller mer for gjennomsnittet enn kostnaden i små bedrifter.

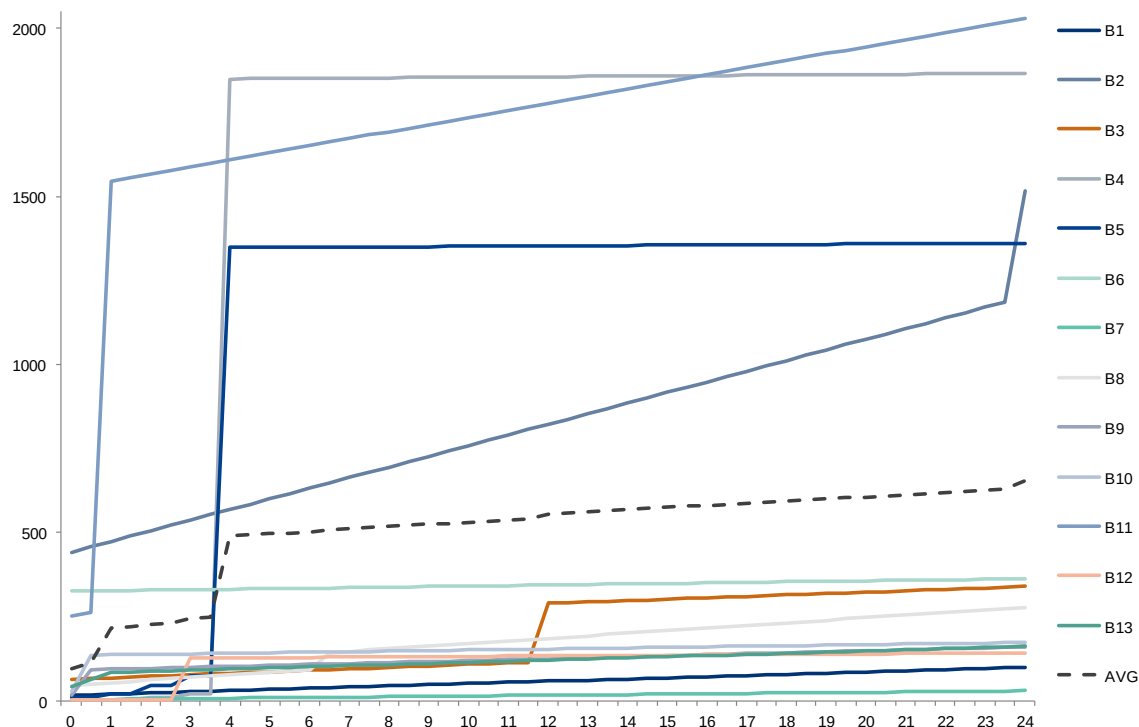
I denne rapporten har vi likevel valgt å beregne gjennomsnittlig kostnad for grupper av bedrifter med eldrevne prosesser som et rent aritmetisk (uvektet) gjennomsnitt av avbruddskostnaden i de enkelte bedriftene. Grunnen er at antall bedrifter er lite, særlig når vi går ned på undergrupper av bedrifter innen kraftkrevende industri. Vi anser disse som typiske bedrifter, men de er ikke representative i statistisk forstand. Tatt i betraktning av at alle bedriftene også er store kraftbrukere, mener vi at vi får nøyaktige nok anslag på gjennomsnittlige kostnader ved å benytte uvektet gjennomsnitt av enkeltbedriftenes kostnader per kW.

I den foreliggende undersøkelsen ble ikke bedriftene bedt om å oppgi kostnader ved bestemte varigheter, men heller om å fortelle hva som skjer med produksjonsprosessen når bedriften mister elektrisitetsforsyningen. De ble bedt om å anslå hvor mange produksjonstimer som gikk tapt, hvilke andre kostnader bedriften ble påført, samt hvilke utgiftsbesparelser avbruddet ville medføre.

For å tallfeste antallet produksjonstimer som går tapt, ble bedriftene spurt om hvor raskt produksjonen kan starte opp igjen etter at elektrisitetsforsyningene er tilbake og hvor lang tid det tar å trappe opp produksjonen tilbake til normalt nivå. Sammen med data for produktpriser eller dekningsbidrag ble denne informasjonen brukt til å identifisere det totale inntektstapet bedriften opplever som følge av tapt produksjon. Denne metoden tillater altså identifikasjon av når det inntreffer kritiske knekkpunkter i kostnadsfunksjonen som følge av endrede oppstartsprosesser som medfører en betydelig økning i antallet tapte produksjonstimer. Merk at informasjon vi har fått fra bedriftene kan innebære sprang i kostnadene ved visse kritiske avbruddslengder.

De nøyaktige tidspunktene for når knekkpunktene inntreffer er usikre. Bedriftene er sikre på at det skjer kvalitative endringer i produksjonsprosessen omtrent på de angitte tidspunktene, men nøyaktig hvor lang tid det tar før slike kvalitative endringer i produksjonsprosessen inntreffer, er de noe usikre på. Tidspunktene vil kunne variere fra gang til gang, avhengig av ytre omstendigheter og av tilfeldige forhold. Bedriftenes usikkerhet skyldes også at de har lite erfaring med langvarige avbrudd. Knekkpunktene må altså tolkes med varsomhet. Kostnadsfunksjonene for casebedriftene er vist i Figur 4.1.

Figur 4.1 Kostnadsfunksjoner som funksjon av avbruddslengde i timer for alle casebedriftene. Kr/kW



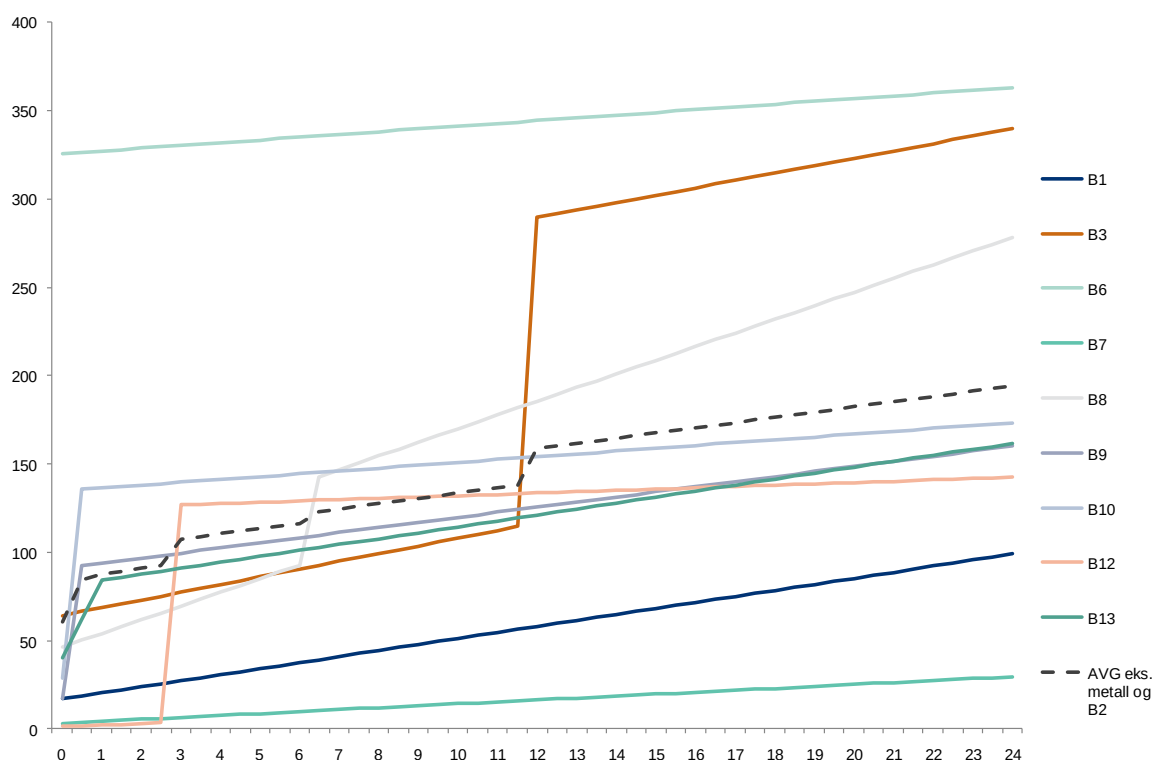
Note: AVG er kostnadsfunksjonen for gjennomsnittet av alle bedriftene.

Det framgår av figuren at det er svært stor spredning i kostnader for de 13 bedriftene. Kostnadsfunksjonene for aluminiumsprodusentene (B4 og B5), en av gassprodusentene (B2) og nikkelprodusenten (B11) ligger på et betydelig høyere nivå enn

kostnadsfunksjonene for de resterende bedriftene. For et avbrudd med varighet 4 timer, har metallprodusentene (aluminium og nikkel) en gjennomsnittlig kostnad på 1 600 kr/kW, gassprodusent B2 har en kostnad på 570 kr/kW, mens de resterende bedriftene i gjennomsnitt har en kostnad på 110 kr/kW. Det er altså tydelig at enkelte bedrifter skiller seg ut med svært høye kostnader sammenlignet med majoriteten. Gjennomsnittlig kostnad for bedriftene i figuren er vist med den stiplede linjen (merket AVG i figuren).

For å få et bedre bilde av kostnadene, viser vi i Figur 4.2 kostnadsfunksjonene når de fire bedriftene med et betydelig høyere nivå på kostnadene enn de andre (B2, B4, B5 og B11) er fjernet.

Figur 4.2 *Kostnadsfunksjoner som funksjon av avbruddslengde i timer for alle bedrifter bortsett fra metallprodusenter og gassprodusent B2. Kr/kW*



Resultatet viser at det fortsatt er stor variasjon i bedriftenes kostnader målt i kr/kW, og sprangene i kostnadsfunksjonen skjer på ulike varigheter. Det trekkes i retning av at det ikke er hensiktsmessig å beregne en gjennomsnittlig kostnadsfunksjon basert på alle bedriftenes individuelle kostnadsfunksjoner. Basert på bedriftenes produkt og produksjonsmetode, har vi derfor delt materialet i undergrupper: "Gass og raffinering", "Metaller", "Treforedling" og "Kjemiske produkter". De gjennomsnittlige kostnadsanslagene for hver undergruppe sammenlignes så med data fra 2002-undersøkelsen (Samdal m. fl., 2003a,b,c).

Den publiserte kostnadsfunksjonen for kundegruppen "treforedling og kraftintensiv industri" fra 2002 er basert på et bedriftsutvalg som ikke utelukkende består av bedrifter med eldrevne prosesser, det vil si store nettkunder med produksjonsprosesser der elektrisitet er en kritisk innsatsfaktor. En granskning av materialet gav som resultat at kostnadsestimatet for "Kraftintensiv industri og treforedling" i tabell 6-1 i Samdal m. fl. (2003b) også omfattet trevarebedrifter og andre bedrifter som ikke er en del av kraftintensiv industri og treforedling. Det betyr at våre gjennomsnittsfunksjoner i Figur 4.1 ikke på en meningsfull måte kan sammenlignes med den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen for treforedling og kraftintensiv industri basert på data fra 2002. Vi har

derfor trukket ut de 15 bedriftene fra grunnlagsmaterialet i undersøkelsen fra 2002 som faktisk er "eldrevne" produksjonsprosesser, dvs. er del av kraftkrevende industri/treforedling, og dermed kan sammenlignes med våre data. Disse bedriftene er delt inn i tilsvarende undergrupper som bedrifter i denne undersøkelsen, og for grupper der det er flere observasjoner, er det beregnet en gjennomsnittlig kostnad. Kostnadstallene er regnet om til 2010-priser ved hjelp av konsumprisindeksen. Vi har definert de fire undergruppene "Gass og raffineri", "Metall", "Treforedling" og "Kjemiske produkter". Sammenligningen mellom kostnadsfunksjonene gjøres i avsnitt 4.3 til 4.6.

4.3 BEDRIFTER INNEN GASS OG RAFFINERI

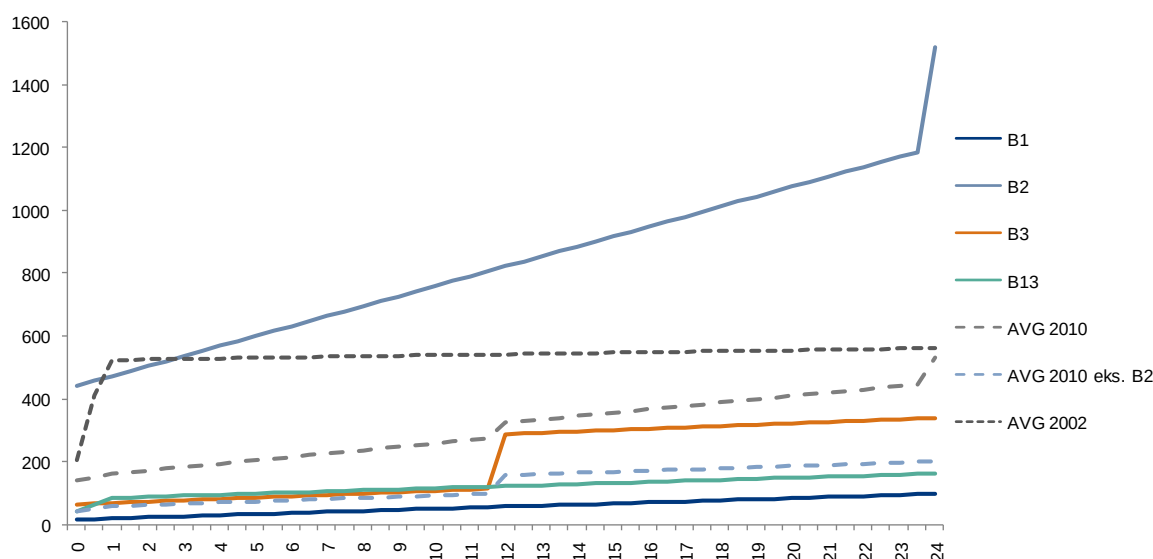
Figur 4.3 viser at det er stor variasjon i avbruddskostnadene mellom bedriftene for gassprodusenter og raffineri. Et avbrudd på 1 time koster omtrent 20 kr/kW for B1, 474 kr/kW for B2, 69 kr/kW for B3 og 84 kr/kW for B13.

Kostnadsfunksjonen til bedrift 2, som er et gassprosesseringsanlegg, skiller seg altså betydelige fra de tre andre bedriftene. Avviket skyldes at B2 har en lang oppstartstid for å få produksjonen i gang igjen etter et avbrudd, samt at inntektstapet blir høyt da tappt produksjon ikke kan tas igjen før om 10 år.

Jo lengre varighet avbruddet har, desto større er forskjellen i kroner for bedriftene innenfor samme sektor. Som figuren viser, øker B2s kostnader relativt mer med varigheten enn kostnadene til de tre andre bedriftene. Et 10 timers avbrudd koster 759 kr/kW for B2, mens det for B1 koster 51 kr/kW, for B3 108 kr/kW og for B13 114 kr/kW.

De stiplede linjene i Figur 4.3 viser gjennomsnittlige kostnadsfunksjoner. AVG 2002 viser den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen basert på den forrige undersøkelsens datamateriale fra tre bedrifter i 2002, AVG 2010 viser den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen basert på vårt datamateriale fra fire bedrifter i 2010, mens AVG 2010 eks. B2 viser den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen der bedrift 2 er utelukket da denne bedriftens kostnader avviker svært mye fra gjennomsnittet.

Figur 4.3 Beregnede avbruddskostnader for gassanlegg og raffineri i kr/kW som funksjon av avbruddslengde i timer. Kroner/kW.



Note: AVG 2010 er gjennomsnitt for våre casebedrifter (for 2010), AVG 2002 er gjennomsnitt for enkeltbedrifter i undersøkelsen fra 2002.

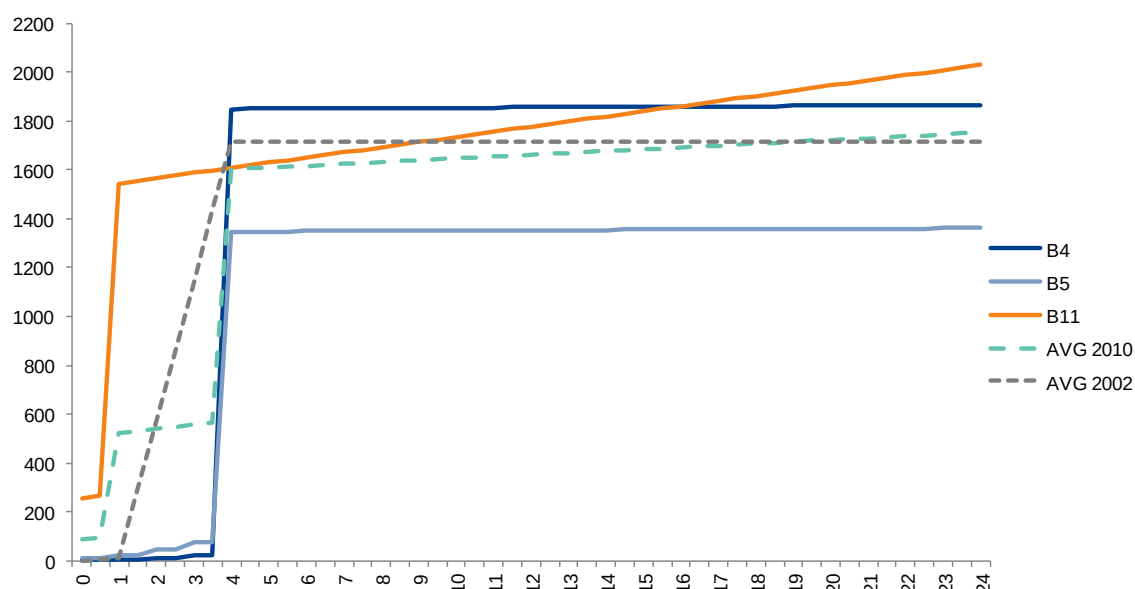
Som vi ser, avviker de estimerte avbruddskostnadene for gassanleggene og raffineriet i stor grad fra den gjennomsnittlige kostnadsfunksjon fra 2002. Mens B1, B3 og B13 har

lavere kostnader målt i kr/kW, har B2 høyere kostnader enn gjennomsnittskostnaden for stort sett alle varigheter. Den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen for bedrifter innenfor gass- og petroleumssektoren basert på tallene i denne rapporten, AVG 2010, er lavere enn den eksisterende kostnadsfunksjonen for alle varigheter fra 0 til 24 timer. Dersom man ikke inkluderer bedrift 2 i gjennomsnittet, øker avviket mellom eksisterende og ny kostnadsfunksjon.

4.4 BEDRIFTER INNEN PRODUKSJON AV METALLER

Kostnadsfunksjonene for de tre metallprodusentene i kr/kW er vist i Figur 4.4. B4 og B5 er aluminiumsprodusenter, mens B11 i hovedsak produserer nikkel. Figuren viser at kostnadene for aluminiumsbedriftene er svært høye for avbrudd med varighet over 4 timer, mens nikkelprodusenten vil ha svært høye kostnader allerede etter 1 time uten elektrisitetsforsyning. Årsaken til sprangene i kostnadsfunksjonen i knekkpunktene er at bedriftene blir påført svært store kostnader når avbruddet varer så lenge at smeltemassen størkner.

Figur 4.4 Beregnede avbruddskostnader for produksjon av metaller i kr/kW som funksjon av avbruddslengde i timer. Kroner/kW.



Bedrift B4s kostnader ved 1 times avbrudd er drøyt 3 kr/kW. Kostnaden stiger så til 20 kr/kW ved et avbrudd på 3,5 timer. Dersom avbruddets varighet er rundt 4 timer eller mer, vil dette generere en kraftig økning i kostnaden bedriften påføres. Årsaken til dette er at aluminiumet i en slik situasjon vil størkne, og elektrolysecellene må rives og bygges opp på nytt. Dette er en svært tidkrevende jobb, og bedriftens kostnader øker derfor betydelig sammenlignet med kortere varigheter. For et avbrudd på 4 timer er kostnaden beregnet til 1 850 kr/kW. Også den andre aluminiumsprodusenten (B5) får betydelig høyere kostnader ved avbrudd på mer enn 4 timer som følge av ekstrakostnader når smeltemassen størkner. For et avbrudd på 4 timer er kostnaden beregnet til omtrent 1 350 kr/kW.

Nikkelprodusenten, B11, opplever et sprang i avbruddskostnadene allerede når avbruddet overstiger 1 time. Ved avbrudd på like i underkant av 1 time, er beregnet avbruddskostnad for nikkelprodusenten drøyt 250 kr/kW, mens et avbrudd med varighet over én time vil påføre bedriften kostnader på over 1 500 kr/kW.

De tre bedriftenes gjennomsnittlige kostnadsfunksjon er vist ved den stiplede linjen AVG 2010. Den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen stemmer godt overens med den

gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen i 2002-undersøkelsen, AVG 2002, som imidlertid kun er basert på kostnader for én produsent av aluminium. Fordi man i 2002-undersøkelsen har kostnadstall for 1 sekund, 3 minutt, 1 time, 4 timer og 24 timer, vil linjen mellom disse punktestimatene være estimert ved hjelp av interpolering. Dette betyr at man ved forrige undersøkelse ikke vet nøyaktig hvor knekkpunktene i kostnadsfunksjonen kommer. 2010-funksjonen gir derfor trolig et mer riktig bilde av utviklingen i metallprodusentenes kostnader som funksjon av varighet.

Figur 4.4 viser at i 2010-undersøkelsen gjør kostnadsfunksjonen et kraftig sprang ved en varighet på 1 time, for så å gjøre et ytterligere kraftig sprang ved en varighet på 4 timer. For avbrudd med varighet over 4 timer er det bare en svak økning i kostnadene for hver ekstra time elektrisitetsforsyningen er borte.

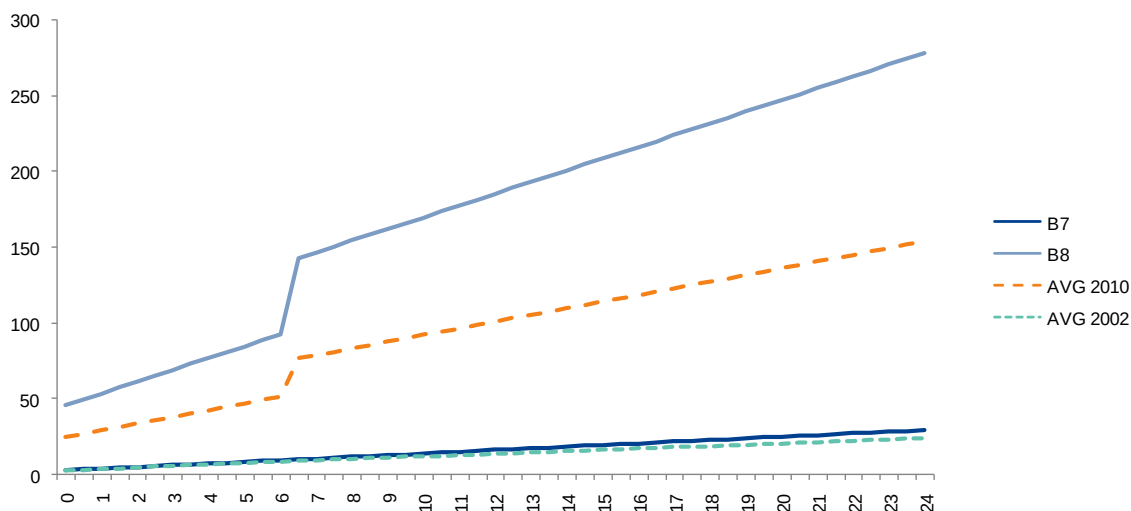
Det er ikke inkludert produsenter av andre metaller, det vil si jern og stål, samt ferrolegeringer, i denne undersøkelsen. Dataene fra 2002-undersøkelsen for en produsent av jern og stål indikerer at denne produsenten har lavere kostnader enn produsenter av aluminium. Kostnader for produsenter av ferrolegeringer er ikke dekket hverken i vår eller 2002-undersøkelsen, og det er derfor ikke mulig å identifisere en gjennomsnittlig kostnadsfunksjon for denne delen av kraftkrevende industri.

4.5 BEDRIFTER INNEN TREFOREDLING

Det er svært store forskjeller i beregnet kostnad i kr/kW ved avbrudd i elektrisitetsforsyningen for de to papirprodusentene. Det gjelder alle avbruddslengder, jf. Figur 4.5. Ved 1 times avbrudd er kostnaden 4 kr/kW for den ene produsenten, mens den er beregnet til 54 kr/kW for den andre produsenten. Avviket mellom de to bedriftenes kostnadsfunksjoner øker med varigheten. Årsaken til den store skilnaden i de beregnede kostnadene kan være at den ene bedriften, B7, produserer papir og papp, mens den andre bedriften, B8, produserer papirmasse, og at avbruddet har svært ulike effekter i de to prosessene. Det er produsenten av papirmasse som har de høyeste kostnadene per avbrutt kW.

Den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen for de to bedriftene, AVG 2010, er vist som en stiplet linje i figuren. Den gjennomsnittlige kostnaden fra forrige undersøkelse, AVG 2002, følger kostnaden for produsenten av papir og papp. Det kan komme av at estimatet fra 2002 er basert på data for fire produsenter av papir og papp, og ingen produsenter av papirmasse.

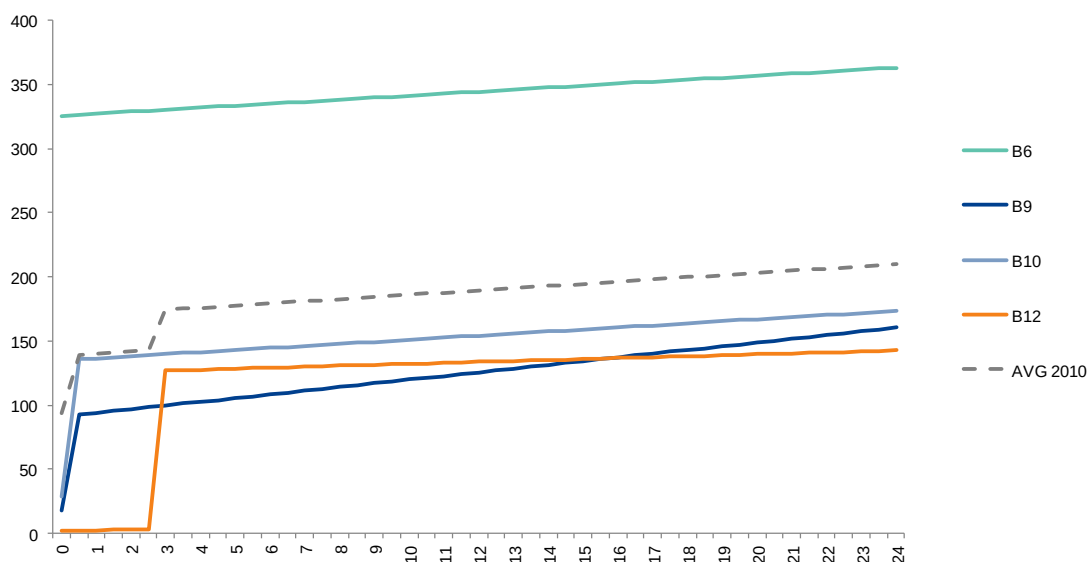
Figur 4.5 Beregnede avbruddskostnader for treforedling i kr/kW som funksjon av avbruddslengde i timer. Kroner/kW.



4.6 BEDRIFTER INNEN PRODUKSJON AV KJEMISKE PRODUKTER

Figur 4.6 viser individuelle kostnadsfunksjoner for produsenter av kjemiske produkter, samt en gjennomsnittlig kostnadsfunksjon, AVG 2010. Figuren viser at flere av de kjemiske produsentene påføres høye kostnader allerede ved svært kortvarige avbrudd, men at kostnadsfunksjonene har en svakere økning etter det første kraftige spranget. Årsaken til dette er at svært langvarige opptrappingsprosesser etter avbrudd i elektrisitetsforsyningen, gir et høyt inntektstap allerede ved korte avbrudd.

Figur 4.6 Beregnede avbruddskostnader for produksjon av kjemiske produkter i kr/kW som funksjon av avbruddslengde i timer. Kroner/kW.



Produsenten av en innsatsvare i papirproduksjonen, B9, har en kostnad på knapt 20 kr/kW ved momentant avbrudd, mens kostnaden øker til mer enn 90 kr/kW for et avbrudd med varighet en time. For B10, vil et momentant avbrudd innebære en kostnad på nesten

30 kr/kW, mens kostnaden beregnet til over 130 kr/kW for et avbrudd med varighet en time.

Også B12s kostnadsfunksjon øker brått etter en viss varighet, for så å øke moderat for hver ytterligere time elektrisitetsforsyningen er borte. B12 har moderate kostnader per kW for avbrudd inntil 2,5 timers lengde (1,5 kr/kW stigende til ca 3,5 kr/kW). Ved lengre avbrudd inntreffer store skader på anlegget med påfølgende reparasjonskostnader. Dette fører til en kraftig økning i bedriftens kostnader. Dersom avbruddet varer i 3 timer, vil kostnaden øke til knapt 130 kr/kW.

Kostnadene til den ene produsenten av et kjemisk produkt, B6, skiller seg betydelig fra majoriteten. Mens de andre bedriftene opplever et kraftig hopp i kostnadene ved avbrudd med varigheter over 0,5 timer eller 3 timer, opplever denne bedriften svært høye kostnader selv ved momentane avbrudd. B6 påføres en kostnad på over 325 kr/kW allerede ved svært kortvarige avbrudd. I tillegg vil denne bedriften påføres betydelig høyere kostnader målt i kr/kW for alle varigheter enn de resterende case-bedriftene.

Gjennomsnittlig kostnadsfunksjon for de fem produsentene av kjemiske produkter fra undersøkelsen i 2002 er ikke inkludert i Figur 4.6, da denne funksjonen avviker mye fra den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen i figuren. Mens gjennomsnittlig kostnad for et avbrudd på 1 time er 140 kr/kW i våre casebedrifter i denne bransjen, er gjennomsnittlig kostnad i 2002-undersøkelsen for denne kundegruppen på mer enn 930 kr/kW. Den store skilnaden skyldes at en av bedriftene i den forrige undersøkelsen har oppgitt svært høye kostnader, noe som medfører at gjennomsnittskostnaden blir svært høy. Da tallene ved forrige undersøkelse er samlet inn ved bruk av spørreundersøkelse, har man ikke hatt mulighet til å kontakte bedriften for å undersøke om disse tallene faktisk stemmer. Eksempelvis kan kostnadene være oppgitt for et "worst case" scenario, eller de oppgitte kostnadene kan inkludere følgekostnader for andre bedrifter. En av de kjemiske bedriftene vi har intervjuet i denne undersøkelsen opplyser at produksjonsprosessen er svært kompleks, og at et avbrudd som medfører produksjonsstans også vil påvirke bedriftene i nærheten, siden disse er avhengig av varer produsert i casebedriften. Dersom disse tallene inkluderes i bedriftens kostnadsestimat, vil gjennomsnittskostnaden som skal uttrykke den gjennomsnittlige kostnaden for alle kjemiske bedrifter overestimeres. Som følge av usikkerhet knyttet til de oppgitte tallene, mener vi at det gjennomsnittlige kostnadsanslaget fra forrige undersøkelse ikke er sammenlignbart med det nye anslaget på gjennomsnittlige kostnader for bedrifter innenfor kjemisk industri.

5 NORMALISERTE AVBRUDDSKOSTNADER FOR GRUPPER AV BEDRIFTER

I dette kapitlet presenteres kostnadsfunksjoner for grupper av bedrifter med eldrevne prosesser. Casestudiene har vist et svært heterogent bilde av kostnadsstrukturen ved avbrudd for bedrifter med eldrevne prosesser (det vil si bedrifter innenfor kraftkrevende industri samt olje/gassbedrifter). Se Figur 4.1. Heterogeniteten i de individuelle kostnadsanslagene i 2002-undersøkelsen var imidlertid også meget stor.

Til tross for at antall observasjoner er lite, mener vi at våre resultater, kombinert med en gjennomgang av resultatene fra sammenlignbare bedrifter i 2002-undersøkelsen, gir grunnlag for å foreslå en inndeling i mer disaggregerte kundegrupper.

5.1 INNDELING I UNDERGRUPPER

Ved inndeling i mer disaggregerte kundegrupper er mange varianter mulige. Nedenfor følger en diskusjon av tre mulige inndelinger, samt en endelig anbefaling det vi har forsøkt å avveie ønske om enkelhet mot et ønske om mest mulig treffsikkerhet på bedriftsnivå.

2 kundegrupper

Metallindustrien skiller seg ut med svært høye kostnader sammenlignet med resten av utvalget. Bedriftene med smelteprosesser har også viktige knekkpunkter ved visse varigheter, der kostnadene gjør kraftige hopp. Vi mener derfor at metall bør danne en egen kundegruppe. En mulighet er derfor å ha to kundegrupper for bedrifter med eldrevne prosesser: En kostnadsfunksjon for metallproduksjon og en kostnadsfunksjon for petroleumsrelatert virksomhet sammen med øvrig kraftkrevende industri.

3 kundegrupper

De individuelle kostnadsfunksjonene for bedriftene innenfor petroleumsrelatert virksomhet, det vil si gass og raffineri, varierer i stor grad, og i tillegg har disse bedriftene en annen kostnadsstruktur enn bedriftene innenfor kraftkrevende industri ekskludert metall (dvs kjemisk industri og treforedling). Fordi den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen for bedriftene innenfor petroleumsrelatert virksomhet ikke naturlig sammenfaller med den gjennomsnittlige kostnadsfunksjonen for bedriftene innenfor kraftintensiv industri eks. metall, er en mulighet at også petroleumsrelaterte virksomheter utgjør en egen kundegruppe.

4 kundegrupper

Kundegruppen kraftintensiv industri eks. metall består fremdeles av et heterogent utvalg. Da det er interne forskjeller også innenfor treforedling og kjemisk industri, mener vi at det ikke er hensiktsmessig å lage et gjennomsnitt basert på hele denne gruppen. Treforedling er gruppen med størst intern variasjon. Verken produsenter av papirmasse eller produsenter av papir og papp passer naturlig inn i en av de andre gruppene, og vi foreslår derfor å la treforedling være en egen kundegruppe. Kostnadsfunksjonene for 3 av 4 produsenter av kjemiske produkter følger samme struktur, og vi foreslår derfor å la kjemisk industri utgjøre en egen kundegruppe. Dette alternativet inkluderer altså en gjennomsnittlig kostnadsfunksjon for følgende fire kundegrupper:

- 1) Metall
 - 2) Petroleumsrelatert virksomhet
 - 3) Treforedling
 - 4) Kjemisk industri
-

5.2 METALLPRODUKSJON

Figur 4.1 viser at metallprodusentene har en svært spesiell kostnadsfunksjon sammenlignet med de resterende bedriftene. Kostnadene er ikke nødvendigvis så høye for korte avbrudd, men de øker kraftig ved visse tidspunkt fordi smeltmassen da vil stivne, og oppstartsprosessen vil derfor ta mye lenger tid. For nikkelprodusenten skjer dette allerede etter avbrudd i ca en halv time, mens det for aluminiumsprodusentene skjer etter omtrent 4 timer uten elektrisitetsforsyning. Metallprodusentenes kostnadsfunksjoner bør reflektere knekkpunktene, noe som betyr at den bør deles i tre intervaller. Tabell 5.1 viser den foreslåtte kostnadsfunksjonen for metallindustrien der K er avbruddskostnad i 2010-kr/kW, og t er avbruddsvarighet angitt i timer.

Tabell 5.1 Estimert kostnadsfunksjon for metall målt i kr/kW

	Varighet 1 sekund ¹	Varighet > 1 sek og < 0,5 timer	Varighet ≥ 0,5 timer og < 4 timer	Varighet ≥ 4 timer
Metall	$K = 85$	$K = 88 + 7,5 \cdot t$	$K = 524 + 7,5 \cdot t$	$K = 1572 + 7,5 \cdot t$

1) Kostnaden er basert på kostnaden ved spenningsdipp, jf. diskusjon i avsnitt 6.3.

Kostnadsfunksjonen for metall er oppgitt som uvektede gjennomsnitt for de to aluminiumsprodusentene og nikkelprodusenten. Kostnadsfunksjonen for kundegruppe metall sammenlignet med de resterende kundegruppene er vist i Figur 5.1. Grunnet noe usikkerhet rundt når knekkpunktet faktisk oppstår, foreslår vi at knekkpunktene kan glattes ut med et intervall på +/- 15 minutter.

5.3 PETROLEUMSRELATERT VIRKSOMHET

Det viser seg at gassprodusentene og raffineriet har svært ulike kostnadsfunksjoner, og at spesielt den ene gassprodusentens kostnadsfunksjon skiller seg veldig ut. Denne gruppens gjennomsnittlige kostnadsfunksjon er derfor følsom for om denne bedriften inkluderes eller ikke. Siden disse produsentene kan ha veldig ulike produksjonsprosesser, kan det være hensiktsmessig om denne kundegruppen får individuelle kostnadsfunksjoner.

Alternativt kan man lage et uvektet gjennomsnitt for denne gruppen med eller uten bedrift B2, som har svært høye kostnader sammenlignet med de resterende bedriftene i denne gruppen. Vi mener at det vil være mest hensiktsmessig å lage et gjennomsnitt ekskludert B2, da denne bedriften viser seg å være svært atypisk.

Tabell 5.2 viser den foreslåtte kostnadsfunksjonen for gass og raffineri basert på et uvektet gjennomsnitt ekskludert B2, målt i kr/kW.

Tabell 5.2 Estimerte kostnadsfunksjoner for gass og raffineri målt i kr/kW

	Varighet 1 sekund ¹	Varighet > 1 sek og < 12 timer	Varighet ≥ 12 timer
Gass og raffineri	$K = 32$	$K = 53 + 3,7 \cdot t$	$K = 112 + 3,7 \cdot t$

1) Kostnaden er basert på kostnaden ved spenningsdipp, jf. diskusjon i avsnitt 6.3.

5.4 TREFOREDNING

Casebedriftene som representerer treforedling består av en produsent av papirmasse, og en produsent av papir og papp. Det viser seg at disse bedriftene har ulike

kostnadsfunksjoner. Produsenten av papirmasse har både høyere fastledd og høyere tidsavhengig ledd i sin kostnadsfunksjon enn produsenten av papir og papp.

Fordi gruppen av trefordelingsbedrifter i Norge består av både papirmasse og papir/papp, og fordi noen produsenter produserer både papirmasse og papir og papp, foreslår vi en gjennomsnittlig kostnadsfunksjon for denne gruppen. I populasjonen av bedrifter vi har trukket bedrifter fra (liste over kunder på sentralnettet) er det syv produsenter av papirmasse og elleve produsenter av papir og papp, der noen av papirmasseprodusentene også produserer papir og papp. Tabell 5.3 viser den foreslåtte kostnadsfunksjonen for treforedling basert på et uvektet gjennomsnitt målt i kr/kW.

Tabell 5.3 Estimerte kostnadsfunksjoner for treforedling målt i kr/kW

	Varighet 1 sekund	Varighet > 1 sek og < 6 timer	Varighet ≥ 6 timer
Treforedling	$K = 25$	$K = 25 + 4,4 \cdot t$	$K = 48 + 4,4 \cdot t$

5.5 KJEMISK INDUSTRI

Kundegruppen bestående av kjemiske bedrifter består av produsenter med svært ulike produkter, noe som betyr at produksjonsprosessene også kan være svært ulike. Blant de fire kjemiske casebedriftene er det spesielt en bedrift med kostnader som skiller seg ut fra majoriteten. Bedrift B6 har et svært høyt fastledd i sin kostnadsfunksjon sammenlignet med de andre bedriftene. Det er usikkerhet knyttet til om dette er en spesiell aktør, eller om flere kjemiske produsenter har kostnadsfunksjoner som sammenfaller med denne bedriftens funksjon. Å lage en kostnadsfunksjon for alle kjemiske bedrifter vil være svært kostbart, og vi foreslår derfor en kostnadsfunksjon basert på et uvektet gjennomsnitt der bedrift 6 inkluderes i gjennomsnittet. Inkludering av B6 vil bidra til å øke gjennomsnittskostnadene, men fordi vi ikke kan konkludere med at denne bedriften skiller seg ut fra majoriteten av alle kjemiske bedrifter, har vi ikke grunnlag for å utelukke denne bedriften. Tabell 5.4 viser den foreslåtte kostnadsfunksjonen for kjemisk industri basert på et uvektet gjennomsnitt målt i kr/kW.

Tabell 5.4 Estimerte kostnadsfunksjoner for kjemisk målt i kr/kW

	Varighet 1 sekund ¹	Varighet > 1 sek og < 0,5 timer	Varighet ≥ 0,5 timer og < 3 timer	Varighet ≥ 3 timer
Kjemisk	$K = 50$	$K = 93 + 1,7 \cdot t$	$K = 138 + 1,7 \cdot t$	$K = 169 + 1,7 \cdot t$

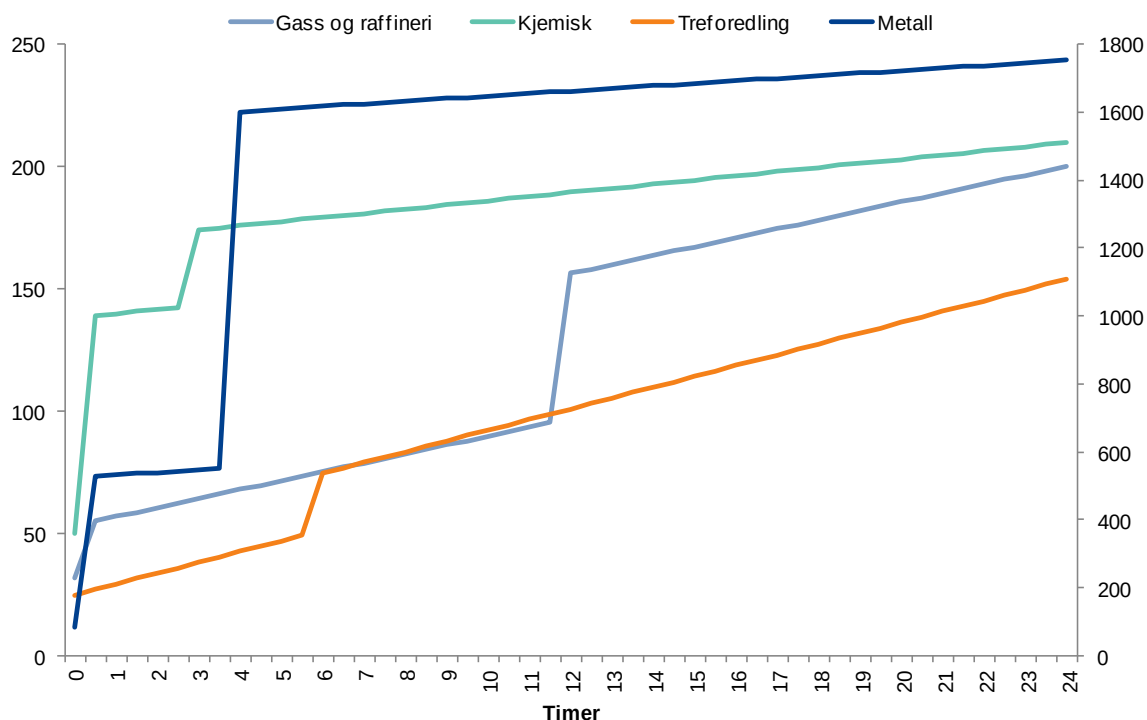
1) Kostnaden er basert på kostnaden ved spenningsdipp, jf. diskusjon i avsnitt 6.3.

5.6 SAMMENSTILLING AV KOSTNADSFUNKSJONENE

Figur 5.1 viser en sammenligning av kostnadsfunksjonene for de fire foreslåtte kundegruppene; Metall, petroleumsrelatert virksomhet, treforedling og kjemisk industri.

Figur 5.1

Sammenligning av kostnader for de fire foreslåtte kundegruppene innenfor kraftintensiv industri og petroleumsrelatert virksomhet som funksjon av antall timer avbrudd, kr/kW



Note: Kostnadsfunksjonene for gass/raffineri, kjemisk industri og treforedling er vist på venstre akse, mens kostnadene for metallindustrien er vist på høyre akse. En tabell med kostnadstall for utvalgte varigheter er vist i kapittel 7.

Merk at de fire kostnadsfunksjonene ikke omfatter bedrifter som produserer ferrolegeringer, jern og stål og sement. Heller ikke 2002-undersøkelsen (Samdal m. fl., 2003 a, b, c) hadde med bedrifter innenfor disse næringene. Da aluminium og nikkel produseres ved elektrolyseprosesser, vil det ikke være hensiktsmessig å plassere disse næringene under kundegruppen metall. Heller ikke petroleumsrelatert virksomhet og treforedling antas å være representative for kostnadene for denne typen bedrifter, da produksjonsprosessene typisk vil være svært ulike. Det antas derfor at bedrifter innen de ikke-dekkede næringene vil ha produksjonsprosesser som ligner mest på produksjonsprosesser for kjemiske bedrifter. Av denne grunn mener vi at kostnadsfunksjonen for kjemisk industri vil være det beste estimatet for avbruddskostnadene for bedrifter som produserer ferrolegeringer, jern og stål samt sement. Vedlegg 2 gir en oversikt over hvilke næringskoder som inngår i hver av de fire kundegruppene innenfor eldrevne prosesser.

6 KOSTNADER VED SPENNINGSFORSTYRRELSER

6.1 OVERORDNEDE VURDERINGER

Intervjuene avdekker at de fleste bedriftene med eldrevne prosesser har problemer med at spenningsforstyrrelser forekommer. 12 av de 13 casebedriftene opplyser at spenningsdipper erfaringsmessig medfører problemer for bedriften, og i en del tilfeller med spenningsdipp under kritiske nivåer, opplever stans i produksjonen.

En generell konklusjon er at spenningsdipp medfører betydelige kostnader for bedriften dersom spenningsdippen medfører en stopp i produksjonen, mens kostnaden knyttet til spenningsdipper som ikke medfører produksjonsstopp er neglisjerbare i forhold. En spenningsdipp som medfører produksjonsstopp kan gi kostnader i samme størrelsesorden som et svært kortvarig avbrudd (1 sekund), men i de fleste tilfeller vil en spenningsdippen gi noe lavere kostnad. Også andre typer spenningsforstyrrelser kan påføre bedriften kostnader. I følge intervjuene påføres bedriftene betydelige kostnader først dersom spenningsforstyrrelsen medfører stopp i produksjonen. I tilfeller der produksjonen stopper, vil bedriften påføres en tilsvarende kostnad som ved en spenningsdipp også i tilfeller der en annen type spenningsforstyrrelse forårsaket stoppen.

Spenningsforstyrrelser kan også medføre skader på bedriftenes maskiner og utstyr, men denne kostnaden har vært vanskelig å tallfeste for informantene, da hvilke skader som oppstår vil variere fra gang til gang.

6.2 KOSTNADSESTIMAT

En generell konklusjon er at spenningsforstyrrelser medfører betydelige kostnader for bedriften først dersom spenningsforstyrrelsen medfører en stopp i produksjonen. Det betyr at en forstyrrelse som ikke medfører produksjonsstopp og/eller skader på bedriftens utstyr, ikke vil føre til kostnader av en betydelig størrelsesorden. Vi anser derfor kostnader i en slik situasjon som neglisjerbare. Dersom en spenningsforstyrrelse medfører stopp i produksjonen, vil bedriftene bli påført en kostnad som følge av tapt produksjon under oppstartsprosessen der produksjonen trappes opp mot normalt nivå. Bedriftene opplyser at produksjonen vil stoppe dersom spenningen faller under et kritisk nivå i en viss varighet. Tabell 6.1 viser kritiske nivåer på dybde og varighet, men merk at det er individuelle forskjeller også mellom bedrifter innenfor samme kundegruppe.

Gitt at oppstartsprosessen kan starte øyeblikkelig etter en spenningsforstyrrelse som medførte stopp i produksjonen, anslår vi at de fire kundegruppene påføres en gjennomsnittlig kostnad som vist i Tabell 6.1.

En spenningsforstyrrelse kan medføre kostnader for bedriftene som følge av slitasje eller skader på bedriftens maskiner eller utstyr. Denne kostnaden er usikker, og kan også variere fra tilfelle til tilfelle. Denne eventuelle ekstra kostnaden er derfor ikke mulig å tallfeste for bedriftene, og er ikke inkludert i estimatene i tabellen.

Dersom spenningsforstyrrelsen medfører en lengre stopp på grunn av skader, reparasjon, feilsøking eller lignende, vil også kostnaden bli høyere enn angitt i tabellen. Hvorvidt og i hvilket omfang dette skjer, vil variere fra tilfelle til tilfelle.

Tabell 6.1 *Kostnader for de fire kundegruppene som følge av en spenningsdipp, kr/kW*

Kundegruppe	Kostnad ved spenningsdipp	Kritisk spenningsnivå	Kritisk varighet
	Kr/kW	%	Ms
Aluminium	0,30	-	-
Nikkel	- ¹	-	-
Gass og raffineri	31,80 ²	70 – 80	0 – 100
Treforedling	24,80 ³	60 – 70	0 – 100
Kjemisk	49,80 ⁴	40 – 60	100 – 150

Merknader til tabellen:

- 1) Produsenten av nikkel opplyser at spenningsdipper kan medføre at en del utstyr faller ut eller blir ødelagt, noe som vil medføre tapt produksjon som følge av opptrappingstiden. Bedriften klarer likevel ikke å anslå opptrappingstiden som følge av en spenningsdipp.
- 2) Den oppgitte gjennomsnittskostnaden som følge av en spenningsdipp for gass og raffineri inkluderer ikke B2 da denne bedriftens kostnader anses som atypiske og derfor er utelukket for vår anslåtte gjennomsnittskostnad som følge av avbrudd. Dersom B2 inkluderes, er kostnaden 49,50 kr/kW for spenningsdipper med varighet under 100 ms, og 134,50 kr/kW for spenningsdipper med varighet over 100 ms.
- 3) Produsenten av papir og papp opplyser at dersom spenningen faller under 70 prosent i 100 ms, vil dette medføre total driftsstans. I kostnadsanslaget er det antatt total driftsstans. Et spenningsnivå mellom 70 og 80 prosent kan føre til at kun en av to maskiner faller ut, noe som i så fall vil halvere denne bedriftens kostnader.
- 4) Den ene kjemiske bedriftens kostnader er basert på et tilfelle der alle prosesser faller ut som følge av en spenningsforstyrrelse. Dersom kun deler av prosessen faller ut, vil dette redusere kostnadene betydelig. Bedriften klarer imidlertid ikke å identifisere kritiske nivåer på dybde og varighet. En annen kjemisk bedrift opplyser at kostnadene kan bli høyere dersom varigheten på spenningsforstyrrelsen er lang nok til at flere kompressorer faller ut. En av de fire kjemiske bedriftene opplyser at bedriften ikke påføres kostnader ved spenningsforstyrrelser. Da dette kan være tilfelle også for flere kjemiske bedrifter, er null-kostnaden inkludert i beregningen av gjennomsnittet.

6.3 KOSTNADER VED SPENNINGSDIPP VS KOSTNADER VED AVBRUDD PÅ ETT SEKUND

Det er av interesse å sammenligne kostnadene ved spenningsdipp med hva kostnadsfunksjonene gir som estimat for svært korte avbrudd, her eksemplifisert som avbrudd på ett sekund.

I utgangspunktet forventer vi at opptrappingstiden vil være tilnærmet den samme etter en stopp som følge av en underspenning som etter et avbrudd på ett sekund. Det er også naturlig å forvente at bedriften vil komme i gang med opptrappingsprosessen omtrent på samme tid etter et avbrudd på ett sekund som etter en spenningsforstyrrelse. Gitt disse antakelsene, burde de estimerte kostnadene som følge av spenningsdipp og avbrudd på ett sekund være like store.

For kundegruppen treforedling, er den estimerte kostnaden som følge av en spenningsdipp den samme som avbruddskostnaden ved et avbrudd på 1 sekund ifølge kostnadsfunksjonen i kapittel 5, men for de resterende kundegruppene er den lavere. Dette resultatet skyldes trolig at vi har spurt bedriftene åpent om hvor lang opptrappingstid de får etter et avbrudd, og ved hvilke varigheter opptrappingstiden vil endre seg. Bedriftene svarte at avbrudd opp til en gitt varighet vil medføre et gitt antall timer med opptrapping. Vi mener likevel at det er grunn til å tro at bedriften her har ment avbrudd med varigheter over ett sekund. Vi har derfor forutsatt at kostnadene ved et avbrudd på ett

sekund blir bedre representert ved den estimerte kostnaden for spenningsdipp enn ved kostnadsfunksjonen for avbrudd, innsatt avbruddstid ett sekund.

Metall

Når det gjelder aluminiumsbedriftene, skyldes kostnadsforskjellen mellom spenningsdipp og avbrudd på ett sekund at den ene bedriften har oppgitt kortere opptrappingstid ved spenningsdipp enn hva den oppgir for avbrudd kortere enn en time. Vi tror likevel at opptrappingstiden ved et avbrudd på ett sekund vil være omtrent den samme som ved en spenningsdipp, og anser derfor at den estimerte kostnaden for spenningsdipp gir et bedre estimat på kostnaden som følge av et avbrudd med varighet ett sekund for aluminiumsbedriftene, enn hva kostnadsfunksjonen gir.

For nikkelprodusenten har vi ikke noe eget estimat på kostnaden som følge av en spenningsdipp, og denne bedriftens kostnad ved et avbrudd på ett sekund må derfor baseres på bedriftens individuelle kostnadsfunksjon ved avbrudd. Det er imidlertid noe usikkert om bedriften påføres den estimerte kostnaden allerede etter ett sekunds avbrudd, noe som betyr at den estimerte kostnaden som følge av avbrudd på ett sekund for kundegruppen metall kan være noe overestimert. Estimatet er likevel vårt beste anslag gitt den informasjonen vi har til rådighet.

Gass og raffineri

Kostnadsforskjellen mellom spenningsdipp og avbrudd på ett sekund for kundegruppen gass og raffineri skyldes at kostnaden for den ene bedriften avhenger av om varigheten er under eller over 3 sekunder. Kostnadsfunksjonen er en funksjon av timer, og skiller derfor ikke på varigheter over og under 3 sekunder. Denne kundegruppens kostnad som følge av en spenningsdipp vil derfor gi et bedre estimat på kostnadene ved et avbrudd med varighet ett sekund enn anslaget basert på den estimerte kostnadsfunksjonen.

Kjemisk

For de kjemiske bedriftene skyldes kostnadsforskjellen mellom spenningsdipp og avbrudd på ett sekund at den ene bedriften har oppgitt en lengre opptrappingstid for avbrudd med varighet inntil 15 minutter, enn for en spenningsdipp (gitt at opptrappingsprosessen kan settes i gang etter 5-10 minutter). Også for kjemisk industri mener vi derfor at kostnadene som følge av spenningsdipp vil være et bedre estimat på kostnadene ved et avbrudd på ett sekund enn hva kostnadsfunksjonen gir.

Tabell 6.2 viser en sammenligning av de estimerte kostnadene som følge av en spenningsdipp, kostnaden ved et avbrudd på ett sekund basert på kostnadsfunksjonen og våre anbefalte kostnadsestimat for avbrudd på ett sekund basert på drøftingen over.

Tabell 6.2 *Kostnader for de fire kundegruppene som følge av en spenningsdipp vs kostnader ved avbrudd på 1 sekund, kr/kW*

Kundegruppe	Estimert kostnad ved spenningsdipp	Estimert kostnad ved avbrudd på 1 sek ved bruk av avbruddsfunksjonen	Anbefalt kostnadsestimat ved avbrudd på 1 sek
Metall	0,33 ¹	87,9	84,5 ²
Gass og raffinering	31,8	53,2	31,8
Treforedling	24,8	24,8	24,8
Kjemisk	49,8	93,4	49,8

Merknader til tabellen:

- 1) Kostnaden er kun basert på kostnadsestimatet for aluminiumsbedriftene
- 2) Kostnadsestimatet er basert på antagelsen om at et avbrudd på 1 sekund vil medføre en tilsvarende kostnad som en spenningsdipp for aluminiumsprodusentene, mens kostnaden for nikkelprodusenten er basert på bedriftens individuelle kostnad for et avbrudd med varighet null timer.

7 SAMMENSTILLING AV RESULTATENE OG SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE

I motsetning til casemetoden for eldrevne prosesser, som omfatter kraftkrevende industri og treforedling, brukt i dette prosjektet, ble analysegrunnlaget for denne kundegruppen samlet inn via spørreundersøkelser i 2002-undersøkelsen. Resultatene ble rapportert som gjennomsnittlige kostnader per kWh ikke levert energi basert på bedriftenes egne kostnadsanslag. For avbrudd kortere enn 1 time og for spenningsvariasjoner ble kostnadene målt i kroner per kW avbrutt effekt.

2002-undersøkelsen rapporterte kostnadstall basert både på bedriftens oppgitte betalingsvillighet for å unngå avbruddet og for bedriftens oppgitte kostnader ved avbruddet. Det ble videre anbefalt at aritmetisk gjennomsnitt av betalingsvillighet og direkte kostnader skulle legges til grunn for KILE-satsene. Gjennomgående lå kostnadsanslagene basert på betalingsvillighet i 2002-undersøkelsen fra 40-55 prosent av kostnaden basert på direkte kostnadsanslag for kraftkrevende industri. I det foreliggende prosjektet har vi bare basert oss på direkte kostnadsberegninger, fordi vi anser at betalingsvillighetsspørsmål gir mindre pålitelige svar enn rene kostnadstall. Betalingsvilligheten burde ligge minst like høyt som de rapporterte kostnadene, blant annet fordi et avbrudd som oftest fører til ulemper utover de rene kostnadseffekter. Når betalingsvilligheten for å unngå avbrudd ligger mye lavere enn beregnede kostnader, som i 2002-undersøkelsen, tyder det på at betalingsvillighetsanslagene ikke er særlig pålitelige. Fra ECONs forprosjekt fra 2008 (Econ og TROLL Power, 2008) fant respondentene også at spørsmål om betalingsvillighet hos bedriftene var fremmedartet, og de var mindre tilbøyelige til å svare enn på spørsmål om kostnadseffekter.

Vi sammenligner derfor våre kostnadsanslag med kostnadsanslagene basert på de direkte kostnadene i 2002-undersøkelsen. Tallene er regnet om til 2010-priser ved hjelp av konsumprisindeksen. Vi har dessuten regnet om de kostnadstallene i 2002-undersøkelsen som er i kroner per kWh til kroner per KW, under forutsetning av konstant elektrisitetsforbruk i avbruddsperioden.

Tabell 7.1 viser en sammenligning av resultatene i 2002-undersøkelsen og 2010-undersøkelsen for ulike avbruddsvarigheter. Vi har også inkludert kostnadsestimat for spenningsdipp. Bedriftene innenfor kraftintensiv industri er delt inn i fire grupper i 2010 undersøkelsen, mens disse bedriftene utgjør én gruppe i 2002-undersøkelsen. Merk at utvalget fra 2002 også inkluderer bedrifter som ikke er definert som bedrifter med eldrevne produksjonsprosesser, noe som gjør at resultatene ikke er direkte sammenlignbare.

Tabell 7.1 Sammenligning av resultater for gitte avbruddstyper fra 2002 undersøkelsen og 2010 undersøkelsen. Kr/kW (2010-priser)

Avbruddstype	2002 KKI og treforedling	2010 Metall	2010 Gass og raffineri	2010 Treforedling	2010 Kjemisk
	kr/kW	kr/kW	kr/kW	kr/kW	kr/kW
Spenningsdipp	6,6	0,3	31,8	24,8	49,8
1 sek	7,2	84,5	31,8	24,8	49,8
1 min	9,6	88,0	53,3	24,0	93,4
3 min	10,7	88,3	53,4	25,1	93,4
1 time	27,8	531,8	56,9	29,2	139,9
4 timer	96,6	1602,3	67,8	42,5	175,8
24 timer	208,1	1753,1	200,1	153,9	209,8

8 REDUSERT LEVERINGSKAPASITET I KRAFTSYSTEMET

I visse situasjoner kan det oppstå kortvarig knapphet på effekt, slik at kraftsystemets evne til å levere elektrisitet blir redusert (reduisert leveringskapasitet). I dette kapitlet diskuterer vi konsekvenser og kostnader som følge av en situasjon med redusert leveringskapasitet.

8.1 KONSEKVENSER

Nedenfor følger en beskrivelse av casebedriftenes anslåtte tilpasningsmuligheter ved redusert leveringskapasitet, samt estimerte kostnader som følge av en situasjon med redusert leveringskapasitet i 2 timer for de fire undergruppene metall, treforedling, kjemisk og gass/raffineri. En nærmere beskrivelse av hver enkelt bedrifts tilpasningsmuligheter finnes i vedlegg 1.

Metallindustri

Produsentene av aluminium kan ifølge informantene redusere elektrisitetsforsyningen noe i en kort periode. Det vil medføre redusert produksjon av aluminium, men cellene vil ikke stivne. Reduksjonen vil skape uro i cellene når elektrisitetsforsyningen øker igjen, noe som vil medføre ekstraarbeid for operatørene som er på jobb, samt redusert levetid for produksjonscellene.

Aluminiumsprodusentene kan redusere forbruket ytterligere ved å koble ut produksjonsceller, men dette vil kreve varsling på forhånd. Bedriftene vil først koble ut de eldste cellene, men dersom dette ikke er tilstrekkelig, må også nyere celler kobles ut. Det er ikke ønskelig at celler må kobles ut da dette medfører svært store kostnader. Den ene bedriften opplyser at 4 celler à 1,5 MW kan kobles ut per dag. Ved bruk av overtid kan trolig antallet økes noe i løpet av et døgn dersom det er en ekstraordinær situasjon. Den andre bedriften angir at den kan koble ut 24 celler per døgn ved bruk av ekstra operatører, men bedriften må varsles 3 dager på forhånd dersom dette skal kunne gjennomføres. Jo flere celler som skal kobles ut, desto lenger tid vil denne prosessen ta. Dersom celler kobles ut, betyr dette tapt produksjon. Oppstartsprosessen tar lang tid da cellene først må rives før de kan bygges opp igjen. En slik situasjon vil påføre bedriftene svært høye kostnader.

Produsenten av nikkel angir at den kan opprettholde noe, men lite produksjon dersom elektrisitetsforsyningen reduseres med omtrent 50 prosent. En redusert leveringskapasitet vil altså føre til tap av produksjon, men prosessen kan likevel holdes i gang. Hvor stor reduksjonen i produksjonen blir, avhenger av hvor mye elektrisitetsforsyningen må reduseres.

Treforedling

Den ene treforedlingsbedriften har egenproduksjon av elektrisitet, og kan derfor koble seg fra nettet dersom nødvendig. Bedriften blir likevel påført kostnader i en slik situasjon fordi de da må bruke olje som er 3 ganger så dyr som elektrisiteten.

Den andre treforedlingsbedriften opplyser at den må opprettholde kontinuerlig drift, men at det er mulig å redusere elektrisitetsforbruket med 50 prosent i 4-8 timer uten at produksjonen stanser. Vi legger til grunn at produksjonen reduseres proporsjonalt med elektrisitetsforbruket.

Kjemisk industri

For enkelte kjemiske produsenter kan leveringskapasiteten reduseres uten store konsekvenser utover redusert produksjon, ved kapasitetsreduksjon til et visst nivå. Avbruddskostnaden består bare av verdien av den reduserte produksjonen. Siden man ikke trenger stanse produksjonsprosessen, slipper bedriften produksjonstap i en opptrappingsprosess etter at normal elektrisitetsforsyning er gjenopprettet.

Ved kraftig reduksjon i leveringskapasiteten kan kjemiske bedrifter med flere ovner eller produksjonslinjer stenge ned en ovn eller en produksjonslinje. Ved slik nedstengning vil det da i tillegg medføre en tidkrevende og kostnads-krevende opptrappingsperiode.

Gass og raffineri

I en situasjon med redusert leveringskapasitet, er det mulig for bedriftene innen gass og raffineri å redusere elektrisitetsforbruket. For disse bedriftene vil både produksjonsnivået og opptrappingstiden vil være den samme uavhengig av om varigheten er 2 timer eller 24 timer. Generelt sett påføres disse bedriftene en lang opptrappingstid etter effektreduksjonen. En gassprodusent opplyser at den ved en effektreduksjon på 25 prosent kan komme tilbake til normalt produksjonsnivå med en gang effektnivået er tilbake til normalt. Ved ytterligere effektreduksjon, vil opptrappingstiden være lang også for denne produsenten. Grunnet den lange opptrappingstiden, vil en effektreduksjon være kostbart for bedriftene innenfor gass og raffineri.

8.2 KOSTNADER

Tabell 8.1 viser gjennomsnittlige kostnader (uvektede gjennomsnitt av casebedriftene) for de fire undergruppene som følge av en situasjon der bedriftene må redusere effektforbruket med henholdsvis 25 og 50 prosent i 2 timer. Kostnadene i kroner er inntektstapet som følge av redusert produksjonsnivå i de to timene med redusert effekt, samt i eventuell tid med opptrapping mot normalt nivå. En nærmere beskrivelse av hver enkelt bedrifts påførte kostnader finnes i vedlegg 1.

Tabell 8.1 Produksjon og kostnader ved effektnivå på hhv. 75 % og 50 % i 2 timer

	Metall	Treforedling	Kjemisk	Gass og raffineri
Effektnivå: 75 %				
Produksjonsnivå, % av normalt	67 %	75 %	66 %	75 %
Estimert kostnad i kr/kW	66	5	31	134
Effektnivå: 50 %				
Produksjonsnivå, % av normalt	33 %	50 %	41 %	38 %
Estimert kostnad i kr/kW	64	5	40	126

9 RASJONERING

Intervjuene dekket rasjonering på en åpen måte. Først ble bedriftene spurt om kostnaden ved en situasjon med kvoterasjonering og en situasjon med rullerende utkobling vil være den samme eller om den ene situasjonen vil medføre høyere kostnader enn den andre. Samtlige bedrifter svarte at kvoterasjonering var å foretrekke, da en rullerende utkobling ville være ekstremt kostbart. De fleste bedriftene svarer at opptrapping av produksjonsprosessen tar så lang tid at de ved rullerende utkobling ikke klarer å få produksjonen tilbake til normalt nivå før de mister elektrisitetsforsyningen igjen. I de videre spørsmålene ble det derfor tatt utgangspunkt i en situasjon med kvoterasjonering. Siden dette er store elektrisitetskunder, må det antas at de også har nødvendig måleutstyr til å kontrollere at elektrisitetsforbruket i rasjoneringsperioden holder seg innen kvoten. Vi anser derfor at det ikke er relevant å estimere kostnadene ved rullerende utkobling for bedrifter med eldrevne prosesser.

Kostnadene ved kvoterasjonering ble beregnet på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser, det vil si tapte salgsinntekter og eventuelle andre ekstrakostnader, fratrasket eventuelle sparte utgifter. For å beregne tapte salgsinntekter ba vi respondenten om å oppgi hvor stor prosentandel av produksjonen som kan opprettholdes under rasjoneringen, og hvor lang tid det vil ta før produksjonen er tilbake til normalt nivå etter at rasjoneringssituasjonen er over.

9.1 KONSEKVENSER

2 av 13 bedrifter har egen kraftproduksjon, men er likevel avhengig av noe import i løpet av et normalt år.

Den ene bedriften (tilhørende gass og raffinering) opplyser at den er avhengig av kraftimport fra regionalnettet omtrent 40 prosent av tiden grunnet vedlikehold og reparasjoner. I perioden med import, vil bedriften påføres en kostnad som følge av en rasjoneringssituasjon. Reparasjoner og vedlikehold kan til en viss grad planlegges og utsettes, men er likevel vanskelig å unngå i løpet av en periode på 2 uker. Dersom vedlikehold ikke kan unngås i løpet av rasjoneringsperioden, vil ikke anlegget ha nok kraft til å holde driften i gang, og vil således påføres en kostnad grunnet produksjonstap. Beregnet kostnad for tilfellet der produksjonstapet er 100 prosent hele perioden er vist i vedlegget. Grunnet stor usikkerhet knyttet til om og når dette skjer, har vi ikke funnet grunnlag for å beregne denne bedriftens antatte kostnader som følge av en rasjoneringssituasjon.

Den andre bedriften (tilhørende treforedling) opplyser at den i en rasjoneringssituasjon kan erstatte elektrisitetsimporten med olje. Den unngår da produksjonstap, men påføres en kostnad som følge av at det er dyrere for bedriften å bruke olje enn å bruke elektrisitet. Ved å anta en oljepris på 7 kr/l, gir dette en pris lik 1,7 kr/kWh nyttiggjort energi. Dersom vi antar at bedriften i løpet av 2 ukers perioden med rasjonering må erstatte 1 GWh ved bruk av olje istedenfor elektrisitet, vil dette påføre bedriften en kostnad på 1,7 millioner kroner. Forutsatt en kraftpris på 40 øre/kWh, blir bedriftens kostnad 1,3 kr/kWh som følge av sparte utgifter til kjøp av kraft. Da bedriftene med egen kraftproduksjon i stor grad klarer å dekke eget forbruk, vil kostnaden i kroner for disse bedriftene bli relativt lav sammenlignet med bedrifter uten egenproduksjon som må redusere produksjonen under rasjoneringen.

Bedriftene uten egenproduksjon av kraft påføres en kostnad som følge av tapt produksjon i rasjoneringsperioden. Grunnet lite erfaring med rasjonering, er informantene svært usikre på effektene, og dermed hva kostnadene vil bli, som følge av en rasjoneringssituasjon. Konsekvensene som følge av en rasjoneringssituasjon er derfor bedriftenes beste anslag basert på erfaringer ved langvarige avbrudd.

Forventet produksjonsnivå som prosent av normalt produksjonsnivå som følge av en kvoterasjonering der kvoten er henholdsvis 50 prosent og 75 prosent, er vist i Tabell 9.1. Resultatene for de enkelte casebedriftene er dokumentert i vedlegg 1.

Tabell 9.1 *Forventet produksjonsnivå i en rasjonerings situasjon som prosent av normalt produksjonsnivå.*

	Kvoterasjonering 50 % (n=9)	Kvoterasjonering 75 % (n=11)
Forventet produksjonsnivå	38 %	69 %

Note: Uvektet gjennomsnitt.

Kvoterasjonering på 50 prosent inkluderer ikke aluminium da disse ikke klarer å redusere elektrisitetsforbruket med 50 prosent på en uke uten at produksjonen må stanse helt. Gitt at varslings tiden er lang nok til at også aluminiumsprodusentene kan redusere elektrisitetsforbruket med 50 prosent, vil det uvektete gjennomsnittlige produksjonsnivået bli 42 prosent. Samlet sett fremstår en reduksjon av elektrisitetsforbruket tilsvarende 50 prosent som et "bristepunkt" for bedriftene med eldrevne prosesser. En ytterligere reduksjon av elektrisitetsforbruket vil medføre en betydelig kostnadsøkning for denne kundegruppen, da de fleste bedriftene i dette tilfellet ikke vil kunne opprettholde noe produksjon.

Bedriftene kan også påføres kostnader i form av at ekstra personell må hentes inn (både internt og eksternt), maskiner eller utstyr kan bli skadet, levetid på maskiner eller utstyr kan reduseres, bedriften kan bli påført bøter dersom kontraktfestede leveranser ikke overholdes og bedriften kan tape kunder dersom de ikke oppleves som en pålitelig leverandør. Vi har spurt bedriftene om omfanget av slike kostnader, men har ikke fått slike anslag fra bedriftene. Vi har derfor benyttet kostnaden som følge av tapt produksjon til å beregne kostnader ved rasjonering.

9.2 KOSTNADER I KRONER

Tabell 9.2 viser den beregnede totalkostnaden for bedriftene med eldrevne prosesser som følge av en kvote på 50 prosent av normalt elektrisitetsforbruk og en kvote på 75 prosent. Tabellen viser gjennomsnittlige kostnader for de fire undergruppene metall, gass/raffineri, treforedling og kjemisk, samt et uvektet gjennomsnitt for de fire undergruppene.

Tabell 9.2 *Gjennomsnittlig kostnad per bedrift ved kvoterasjonering for bedriftene med eldrevne prosesser uten egenproduksjon av kraft, n=10*

	Kvote 50 % (mill kr)	Kvote 75 % (mill kr)
Undergruppe metall	364 ¹	110
Undergruppe gass og raffineri	187	125
Undergruppe treforedling	17	8
Undergruppe kjemisk	43	19
Gjennomsnittlig kostnad for de fire undergruppene	153	66

1) I kostnadsestimatet ved 50 prosent kvoterasjonering for undergruppe metall inngår ikke aluminiumsproduksjon. Aluminiumsprodusentene trenger en varslings tid på 1,5 måneder for å kunne redusere elektrisitetsforbruket med 50 prosent. Grunnet en tidskrevende opptrappingsprosess, vil det ta rundt 3 måneder å trappe opp igjen produksjonen til normalt produksjonsnivå etter at rasjoneringsperioden er over. Dersom aluminiumsbedriftene blir varslet 1,5 måneder på forhånd, vil de i gjennomsnitt påføres en kostnad på 291 millioner kroner.

9.3 NORMALISERTE KOSTNADER

Industribedrifter med eldrevne produksjonsprosesser holder et svært jevnt produksjonsnivå over døgnet og over året, noe som betyr at energiforbruket endres lite over året. Ikke levert energi per time for denne kundegruppen er derfor beregnet som årlig elektrisitetsforbruk i kWh delt på 8760 timer. En situasjon med 50 prosent kvoterasjonering i løpet av en periode på 2 uker betyr at forbruket skal reduseres tilsvarende én ukes forbruk, det vil si 168 timer. Den ikke leverte energi finnes da ved å multiplisere gjennomsnittlig effekt (kWh/h) med 168 timer. Tabell 9.3 viser normaliserte kostnader målt i kr per kWh rasjonert energi for bedriftene med eldrevne prosesser.

Tabell 9.3 Normaliserte kostnader i kr/kWh rasjonert energi

Kundegruppe	Kvote 50 %	Kvote 75 %
– Metall	29 ¹	13
– Treforedling ²	1	1
– Kjemisk	3	3
– Gass og raffineri	9	14
Eldrevne prosesser (uvektet gjennomsnitt) ³	11	8

Merknader:

1) Kostnaden inkluderer ikke aluminium. Inkludert aluminium, gitt at bedriftene blir varslet 1,5 måneder på forhånd, vil kostnaden for metall bli 13 kr/kWh inkludert aluminium.

2) Gjennomsnitt av normalisert kostnad for bedriften med og bedriften uten egenproduksjon av kraft.

3) Kostnaden er beregnet som et uvektet gjennomsnitt for bedriftene i de fire undergruppene metall, gass/raffineri, treforedling og kjemisk. Det er ikke beregnet kostnader ved rullerende utkobling, da dette rasjoneringsregimet i praksis ikke kan gjennomføres for denne kundegruppen uten at virksomheten må stanses helt.

9.4 SAMMENLIGNING MED RESULTATER FOR REDUSERT LEVERINGSKAPASITET

Tabell 9.4 viser en sammenligning av kostnader målt i kr/kWh for henholdsvis 50 prosent kvoterasjonering og 50 prosent redusert leveringskapasitet i 2 timer. Kostnadene ved rasjonering er hentet fra tabellen ovenfor, mens kostnadene ved redusert leveringskapasitet er hentet fra Tabell 8.1 og omregnet til kr/kWh.

Tabell 9.4 Sammenligning av kostnader i kr/kWh ved rasjonering og redusert leveringskapasitet

Kundegruppe	Kvote 50 % i 2 uker	Redusert leveringskapasitet 50 % i 2 timer
Metall	29	32
Treforedling	1	2,5
Kjemisk	3	20
Gass og raffineri	9	63

Vi finner at kostnadene i kr/kWh ved redusert leveringskapasitet er til dels betydelig høyere enn kostnadene ved rasjonering. En viktig årsak til dette er at opptrappingstiden i mange bedrifter er lang allerede etter 2 timer der elektrisitetsforbruket er redusert med 50 prosent. Bortsett fra 4 bedrifter som ikke kan opprettholde produksjonen dersom reduksjonen i leveringskapasiteten overgår 4 timer, har nesten alle bedrifter den samme opptrappingstiden etter en situasjon med redusert leveringskapasitet i 24 timer som ved 2

timer. Dette impliserer at kostnadene målt i kr/kWh blir lavere jo lengre perioden med redusert leveringskapasitet varer (gjelder inntil 24 timer).

10 AVSLUTTENDE MERKNADER

Vi har i denne rapporten anslått kostnadene ved avbrudd ved casestudier i 13 bedrifter der elektrisitet er en tung kostnadskomponent og kritisk innsatsfaktor. Metodisk har dette vært gjort annerledes enn hva som ble gjort i den forrige analysen av kostnader ved avbrudd og spenningsforstyrrelser i 2002 (Samdal m. fl., 2002 a,b,c) og forskjellig fra hvordan vi i dette prosjektet har gått fram i undersøkelsene rettet mot bedrifter og offentlig virksomhet (spørreundersøkelser).

Gevinsten ved denne metodiske tilnærmingen er at vi har fått fram mye informasjon som tidligere har vært lite påaktet. Vi har blant annet fått et bedre grep på de kritiske tidspunktene hvor kostnadene gjør kraftige hopp. I 2002-undersøkelsen spurte man bedriftene bare om kostnadene ved nærmere spesifiserte tidspunkt, slik at man ikke fikk fram nøyaktige kritiske verdier mellom disse tidspunktene hvor kostnadene eventuelt gjorde større sprang. Dessuten har heterogeniteten i kostnadsestimatene på bedriftsnivå blitt langt tydeligere ved denne tilnærmingen.

På grunn av kunnskap om de enkelte bedriftene har vi også funnet grunnlag for å foreslå kostnadsfunksjoner for undergrupper innen eldrevne prosesser, til tross for at antall observasjoner er lavt, og egentlig lavere enn hva som kreves for å sikre statistisk representativitet.

Vi vil avslutningsvis påpeke at problemet med få observasjoner i denne næringen vil man få selv om man baserte seg på spørreundersøkelse mot hver enkelt bedrift istedenfor dybdeintervju. Det viser vår gjennomgang av analyseresultatene fra 2002-undersøkelsen, der antall bedrifter med kostnadsdata også var lavt. I denne undersøkelsen har vi estimert 13 kostnadsfunksjoner, hvorav 9 for bedrifter innen kraftkrevende industri og treforedling. En gjennomgang av grunnlagsmaterialet i 2002-undersøkelsen viser at man der hadde data for 15 bedrifter innenfor kraftkrevende industri og treforedling, altså ikke mye mer enn i denne undersøkelsen.

Vår vurdering er at den viktigste ulempen ved casestudier som metode er at det er mer kostnadskrevende for forskerne enn det tilnærmingen med spørreundersøkelser er. Vanskene med rekruttering av bedrifter og lav svarprosent synes ikke veldig forskjellige mellom de to metodene. Uansett metodikk synes erfaringen å være at det er vanskelig å få store bedrifter med komplekse produksjonsprosesser til å sette av tid og ressurser til å analysere konsekvensene av hypotetiske hendelser som kanskje aldri har forekommet.

I framtidige analyser av kraftkrevende industri, hvor populasjonen av bedrifter er liten, og heterogeniteten stor, mener vi det kan være aktuelt å vurdere en kombinasjon av dybdestudier (case) og enklere spørreundersøkelser for både å sikre pålitelig informasjon og å sikre statistisk representativitet.

Vi opplevde at det var vanskelig å få nøyaktige svar fra bedriftene på effektene av spenningsvariasjoner, herunder effekter av *ulike typer* spenningsvariasjoner (overspenninger, underspenninger). En viktig grunn til dette var trolig at selv om bedriftene nok hadde erfaring fra svært kortvarige avbrudd og spenningsvariasjoner, hadde de ikke gode data for spenningsforstyrrelsen (dybden i spenningsdippen, om avviket var en over- eller underspenning). En annen viktig grunn til at det er vanskelig å komme fram til kvantitative kostnadsanslag er at effektene av en spenningsvariasjon kan variere fra gang til gang på tilsynelatende tilfeldige måter.

Metodemessig viser disse erfaringene begrensningene ved både dybdeintervju og ved spørreundersøkelser når det gjelder analyse av effektene av spenningsvariasjoner på kostnadene i bedrifter med komplekse industriprosesser og der elektrisitet er en kritisk innsatsfaktor som utgjør en stor del av de samlede kostnadene. Det synes som om en

tilnærming der forskerne/regulator sørger for å få installert måleutstyr i bedriftene for å identifisere type spenningsvariasjon i mange tilfeller vil være nødvendig for å få fram informasjon om kostnadseffekter av ulike typer spenningsvariasjoner, jf. blant annet et italiensk forskningsprosjekt beskrevet i Delfanti m. fl. (2010), der denne tilnærmingen er benyttet.

REFERANSER

Bowitz, E., M. Hofmann, K. Samdal og C. Seem (2010): Assessing socio-economic costs of quality problems in electricity supply – an overview of literature. EnergiNorge.

Delfanti, M., E. Fumagalli, L. Grilli og L. Lo Sciavo (2010): Toward Voltage-Quality Regulation in Italy. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 25, NO. 2, APRIL 2010.

ECON og Troll Power (2008): Kostnader ved sviktende leveringskvalitet på elektrisitet – Forprosjekt. Rapport 2008-072 fra Econ Pöyry.

Samdal, K. G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003a): Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 1: Spørreundersøkelse – Metodeunderlag. Sintef Energi As Juni 2003.

Samdal, K. G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003b): Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 2 av 3: Spørreundersøkelse – Resultat. Sintef Energi As Juni 2003.

Samdal, K. G. Kjølle, O. Kvitastein og B. Singh (2003c): Sluttbrukeres kostnader forbundet med avbrudd og spenningsforstyrrelser: Del 3 av 3

Sullivan, Michael J.; Mercurio, Matthew; Schellenberg, Josh (2009): Estimated Value of Service Reliability for Electric Utility Customers in the United States. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.

VEDLEGG 1: BEREGNINGSRESULTATER I CASENE

Gjennom intervjuene er det hentet inn informasjon om intervjuobjektene produksjonsprosess, samt konsekvenser ved avbrudd, spenningsforstyrrelser og rasjonering i form av produksjonstap, ekstra kostnader og eventuelle besparelser. Informasjonen er så brukt til å estimere bedriftens kostnadsfunksjon ved ulike varigheter på avbrudd i elektrisitetsforsyningen.

Tapsuttrykkene er ikke eksakte, men basert på antagelser om pris, avkastningsrate og gjennomsnittlig oppstartstid etter en produksjonsstans. I tillegg forutsetter beregningene at det ikke skjer uforutsette hendelser som ikke er mulig å ta med i beregningene.

Intervjuguiden som ble benyttet i intervjuene er gjengitt i vedlegg 4.

BEDRIFT 1 (B1) - GASS

Bedrift 1 er et gassprosessanlegg som produserer naturgass. Produksjonsprosessen går ut på at gass kommer inn fra de ulike produksjonsfeltene, for deretter å omformes og bli sendt via flere rørledninger til Europa og innad i Norge. Hovedtilførselen av gass kommer fra gassplattformen som er direkte knyttet til gassprosessanlegget, i tillegg kommer også gass fra andre produksjonsfelt. Driften av produksjonsanlegget er tildelt en operatør, som har delegert ansvaret for drift og vedlikehold av anlegget til en teknisk tjenesteyter.

B1 har en årlig produksjon på 144,5 millioner standard kubikkmeter (Sm^3) i døgnet. Anleggets effektforbruk er 350 MW. Etter installasjon av nye kompressorer i 2018 vil det totale effektforbruket øke til 450 MW.

Konsekvenser ved avbrudd

Produksjonsprosessen er avhengig av elektrisitet for å kunne produsere, og et avbrudd vil derfor medføre en stans i produksjonen. Administrasjonen på prosessanlegget er lite berørt av et avbrudd da de har avbruddsfri elektrisitetsforsyning, også kalt Uninterruptible Power Supply (UPS), som starter opp ved avbrudd og beskytter datautstyr og sikkerhetssystemer i minimum 30 minutter. Bedriftens kostnader er derfor i hovedsak knyttet til tap av produksjon.

Bedriften arbeider per dags dato med å gjennomgå konsekvensene og tilhørende kostnader ved avbrudd i elektrisitetsforsyningen til anlegget. Dette arbeidet inkluderer leveranse fra norsk sokkel med følgekonsekvenser for NGL og oljeproduksjon. Produksjonsanlegget opplevde sist et avbrudd i 2007.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnader ved et avbrudd er i hovedsak knyttet til tapt produksjon – både under selve avbruddet og i oppstartsfasen når elektrisitetsforsyningen er tilbake. Opptrappingstiden er uavhengig av sesong og tidspunkt på dagen, og i tillegg har varigheten på avbruddet liten eller ingen innvirkning på oppstartstiden.

Det studerte produksjonsanlegget fungerer som svinganlegg for andre gassprosessanlegg i området. Dette vil si at de kompenseres med økt produksjon hvis andre ikke kan levere. I vintermånedene med høy etterspørsel, vil det derfor være vanskelig å ta igjen tapt produksjon for andre. Egne produksjonstap om vinteren blir heller ikke tatt igjen umiddelbart. Under intervjuet ble det fortalt at tapt produksjon kunne tas igjen førstkommende sommer, da dette var det første tidspunktet med ledig kapasitet til å ta igjen den tapte produksjonen.

Andre kostnader

Ukontrollert stans i produksjonen er en stor påkjenning for bedriftens utstyr. Hyppig stans medfører også et større behov for reparasjoner og mer assistanse fra underleverandører. Bedriften har ikke tallfestet de økonomiske konsekvensene av skader på utstyr.

Dersom bedriftens leveranse uteblir, vil dette få konsekvenser for andre i produsentens verdikjede. Gass fra prosessanlegget leveres til andre produsenter både i Norge og i Europa, og ikke-leveranse vil derfor få direkte innvirkning på andre bedrifters produksjon. Dersom bedriften ikke kan levere gass, vil dette også påvirke kunder som bruker gass til oppvarming. Brudd på leveringsforpliktelsene ovenfor kunder kan medføre økonomiske konsekvenser som bøter. Bedriften ønsker ikke å oppgi kostnaden knyttet til eventuelle bøter da dette er individuelle avtaler med hver enkelt kunde.

En ytterligere effekt som er vanskelig å kvantifisere er omdømmetap knyttet til redusert leveransesikkerhet fra Norge som gasseksportnasjon. Ved hyppige avbrudd kan denne effekten potensielt bli betydelig. Et utfall får fort ringvirkninger langt nedover i verdikjeden, da det tapte volumet må dekkes opp av en annen aktørs back-up kapasitet. Denne aktøren kan for eksempel være operatør av forsyningsnett, lageroperatør, LNG-skipere eller potensielle sluttbrukere.

Sparte kostnader

Bedriften kostnadsbesparelser under et avbrudd er hovedsakelig knyttet til sparte energikostnader. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010⁵, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 149 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi bedriften må bruke den samme mengden energi når produksjonen tas igjen, er ikke denne besparelsen inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

For å beregne bedriftens tapte inntekter per timer produksjonsstopp, har vi nyttet SSBs gjennomsnittlig priser for eksport av norsk naturgass i 2010. Dette betyr at prisen som er lagt til grunn for beregningen av inntektstapet er 1,84 kr/Sm³ om vinteren og 1,61 kr/Sm³ om sommeren. Prisdifferansen på 0,23 kr/Sm³ er årsaken til at bedriften påføres et inntektstap dersom et avbrudd oppstår i vinterhalvåret. B1 har en produksjon på 144,5 MSm³ hvert døgn, noe som tilsvarer en produksjon på ca 6 MSm³ hver time.

Økonomiske konsekvenser

Bedriftens totale kostnader ved et avbrudd avhenger av varigheten, men kostnadene knyttet til oppstartsprosessen er lite avhengig av varigheten på avbruddet. Et avbrudd vil typisk medføre 2 timer med produksjonsstopp og 6 timer med lineær opptrapping mot normalt produksjonsnivå. Dette betyr at bedriften samlet sett vil bli påført et produksjonstap på $(2 + 6/2) = 5$ timer etter at elektrisiteten er tilbake. Ved langvarige avbrudd, kan oppstartsprosessen ta lenger tid enn antatt over. Dersom avbruddet oppstår om vinteren, har ikke bedriften anledning til å ta igjen produksjonen med det samme. Den tapte produksjonen vil bli tatt igjen førstkommande sommer. Bedriften forteller at de da vil mota noe lavere pris på produktet.

Fordi kostnaden ved et avbrudd i liten grad avhenger av avbruddets varighet, vil bedrift 1 bare ha én kostnadsfunksjon. Denne funksjonen indikerer bedriftens kostnader dersom det oppstår et avbrudd om vinteren. Dersom avbruddet oppstår om sommeren, kan bedriften ta igjen produksjonen med det samme. Dette betyr at bedriftens kostnader ved et avbrudd om sommeren er knyttet til eventuell bruk av overtid for å ta igjen den tapte

⁵ Elspotprisen på Nord Pool Spot i 2010 var kr 425,25 NOK/MWh.

produksjonen, samt kostnader knyttet til eventuelle skader på bedriftens utstyr. Denne kostnaden er ikke tallfestet.

Bedriftens kostnader som følge av et avbrudd avhenger av antallet timer avbruddet varer, t. Kostnadsfunksjonen er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd som oppstår om vinteren:

$$K_1(t) = (6 * 1,84)(5 + t) - (6 * 1,61) * (5 + t)$$

$$K_1(t) = 6,90 + 1,38t$$

hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd i elektrisitetsforsyningen.

Bedrift 1 påføres en kostnad på 6,90 millioner kr uavhengig av lengden på avbruddet, i tillegg til 1,38 millioner kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Kostnaden skyldes en lavere pris når gassen selges om sommeren istedenfor om vinteren. Dette betyr at et avbrudd som oppstår om vinteren med varighet én time, vil påføre bedriften en kostnad på 8,28 millioner kr. Dersom avbruddet oppstår om sommeren, vil ikke kostnaden være knyttet til lavere salgsinntekter, men til ekstrakostnader som bruk av overtid. Bedriften har ikke tall på ekstrakostnaden.

Samfunnsøkonomiske effekter

Gassprosesseringsanlegget deler elektrisitetsforsyning med et av produksjonsfeltene, og et avbrudd på fastlandet vil dermed ramme både gassfeltet og prosessanlegget. En stans i produksjonen medfører at gass ikke pumpes opp, og gassen vil derfor ikke bli prosessert og sendt videre i rørledninger til Europa og andre kunder i Norge som er avhengig av gass fra produksjonsanlegget for å kunne produsere selv. Følgekostnadene er ikke tallfestet.

Varsling

Oppstartstiden vil være den samme selv om avbruddet er varslet på forhånd, noe som medfører at kostnadene som følge av tapt produksjon ikke vil reduseres ved varsling. Det er likevel større muligheter for at ta igjen tapt produksjon hos konkurrenter eller samarbeidspartnere dersom avbruddet er varslet på forhånd. Dette krever varsling noe tid i forveien. Et varslet avbrudd er uansett å foretrekke, da dette gir bedriften mulighet til å gjennomføre en kontrollert stans, noe som vil medføre mindre skade og slitasje på bedriftens utstyr.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Produksjonsprosessen består av seks kompressorer på 40 MW som er følsomme for spenningsdipp under 80 %. En spenningsdipp kan medføre at en, flere eller alle kompressorene stopper. Varighet på en spenningsdipp som medfører problemer er typisk 80 – 90 ms. Det har også vært tilfellet at varighet ned mot 10 ms har medført stans i produksjonen, men dette er ikke normalt.

Hyppighet

Produksjonsanlegget opplever stans i produksjonen som følge av en spenningsdipp i gjennomsnitt 2 – 5 ganger hvert år. I perioden 2005-2006 opplevde produksjonsanlegget mange spenningsforstyrrelser.

Økonomiske konsekvenser

Om ikke alle kompressorene stopper direkte på grunn av en spenningsdipp, så kan det hende at de stopper indirekte på grunn av svingninger i prosessen. Stopper kompressorene, så stopper også resten av prosessen sanlegget. Stans i produksjonen som skyldes spenningsforstyrrelse medfører samme oppstartstid som ved et avbrudd.

Dersom produksjonsprosessen stanser som følge av en spenningsforstyrrelse, vil kostnadene være knyttet til inntektstap som følge av at det tar tid før produksjonen kommer tilbake til normalt nivå.

Som ved et avbrudd, vil opptrappingsprosessen medføre et tap på totalt 5 produksjonstimer. Bedriftens kostnader som følge av en spenningsforstyrrelse skyldes at produksjonstapet ikke kan tas igjen før om sommeren, da det ikke er ledig kapasitet om vinteren. Fordi gassprisen er lavere om sommeren, vil bedriften påføres et inntektstap.

Dersom spenningsforstyrrelsen oppstår om sommeren, betyr dette at den tapte produksjonen kan tas igjen med det samme. Som ved et avbrudd, vil kostnaden ved en spenningsforstyrrelse da være gitt ved ekstrakostnaden ved gjeninnhenting av tapt produksjon. Denne kostnaden er ikke tallfestet av bedriften.

Kostnadsfunksjonen ved spenningsforstyrrelser som oppstår om vinteren:

$$K_2(t) = (6 * 1,84) * 5 - (6 * 1,61) * 5$$

$$K_2(t) = 6,90$$

hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Dersom spenningsforstyrrelsen medfører skader på bedriftens utstyr, kommer denne kostnaden som et tillegg til kostnadsfunksjonen. Dersom en spenningsforstyrrelse medfører produksjonsstopp utover oppstartstiden, eksempelvis som følge av at utstyr må repareres, vil kostnadsfunksjonen avhenge av antallet timer produksjonen stopper. Kostnadsfunksjonen vil i så fall sammenfalle med kostnadsfunksjonen for avbrudd.

Forstyrrelser som medfører stans er ikke avhengig av sesong. Administrasjonen er beskyttet mot spenningsfall med UPS-utstyr. Hovedprosessen ved denne type anlegg i eldrevne prosesser har alt for høy effekt til å kunne beskyttes av UPS-teknologi.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Bedriftene ble presentert en situasjon der leveringskapasiteten var redusert, og bedriften ble derfor bedt om å redusere effektforbruket med henholdsvis 25 og 50 prosent. Effektreduksjonen ble varslet 2 timer på forhånd. Bedriften ble bedt om å oppgi forventet produksjonsnivå i prosent av normalt produksjonsnivå for varighetene 2 timer, 4 timer, 12 timer og 24 timer, og antall timer opptrapping etter at effektnivået var tilbake til normalt. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser. Resultatet for bedrift 1 er vist i Tabell V1.1.

Tabell V1.1 B1s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Beregnet kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	75 %	75 %	2	10
50 % reduksjon	50 %	24 timer	50 %	50 %	5	20
Maksimal reduksjon	17 %	24 timer	-	17 %	-	33

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Bedrift 1s produksjonsnivå reduseres proporsjonalt med reduksjonen i energiforbruket, og etter at rasjoneringsperioden er over vil det ta 18 timer å trappe opp igjen produksjonen til normalt nivå. Opptrappingstiden er den samme både ved en kvote på 50 prosent og en kvote på 75 prosent. Dersom bedriften må redusere elektrisitetsforbruket med mer enn 50 prosent, vil ikke bedriften kunne opprettholde produksjonen. En kvote på 30 prosent vil derfor medføre et produksjonsnivå på 0 prosent. Bedriftens kostnader skyldes tapte inntekter som følge av at den tapte produksjonen, både under og etter rasjoneringsperioden, først kan tas igjen om sommeren da salgsprisen er lavere. Bedriften har ikke tallfestet eventuelle ekstrakostnader. Bedrift 1s kostnad som følge av en rasjonering beregnes på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser, og resultatet er vist i Tabell V1.2.

Tabell V1.2 B1s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	75	18	0	118
50 %	50	18	0	236
30 %	0	18	0	471

BEDRIFT 2 (B2) - GASS

Bedrift 2 er et gassprosessanlegg som produserer naturgass. B2 er avhengig av elektrisitet for å kunne produsere. Produksjonsprosessen består av flere kompressorer, hvorav fire er følsomme for spenningsfall. Store deler av bedriftens gassproduksjon fraktes i rørledninger til Europa.

B2 har en årlig produksjon på 88 millioner standard kubikkmeter (MSm³) rikgass i døgnet. Produksjonsanleggets effektforbruk er 85 MW.

Konsekvenser ved avbrudd

Et avbrudd i elektrisitetsforsyningene hos B2 medfører full stans i produksjonen. Hvor mange produksjonstimer bedriften taper avhenger av varigheten på avbruddet. Administrasjonen opplever kun mindre problemer ved avbrudd og spenningsforstyrrelser, da de har et UPS-system som sikrer utstyr som datamaskiner og lignende.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnader ved et avbrudd er i hovedsak knyttet til tapt produksjon, både under selve avbruddet og i oppstartsfasen etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake. Tapt produksjon kan ikke tas igjen umiddelbart da produksjonskapasiteten er fullt utnyttet. Produksjon som går tapt på grunn av et avbrudd eller en spenningsforstyrrelse vil kunne tas igjen om 10 år. Dersom nye gassfelter oppdages i fremtiden, kan det potensielt ta lengre tid enn 10 år før produksjonen kan gjeninnhentes.

Kostnadene bedriften påføres ved et avbrudd er uavhengig av klokkeslett og dag.

Andre kostnader

I tillegg til kostnader knyttet til produksjonstapet, vil bedriftens påføres kostnader ved at levetiden på produksjonsutstyret reduseres. Bedriften kan ikke tallfeste denne kostnaden,

men informerer om at all produksjonsstans, uavhengig av om avbruddet er varslet på forhånd eller ikke, sliter på produksjonsutstyret.

Bedriften kan møte deler av leveringsforpliktelsene selv om produksjonen stopper ved å benytte gass som ligger i gassrørledningene til og fra produksjonsanlegget. Dette er et hjelpemiddel som operatøren har i samarbeid med andre prosessanlegg i området. En forutsetning for at det er mulig å benytte dette hjelpemidlet er at transportsystemet ikke er fullt utnyttet. Per i dag er ikke transportsystemet fullt utnyttet. Den produksjonen anlegget ikke klarer å levere, vil ofte bli levert av andre. Dersom B2 ikke møter leveringsforpliktelsene sine, må kundene kompenseres. Størrelsen på kompensasjon avgjøres gjennom individuelle avtaler mellom selger og kjøper av gass. Bedriften har ikke anledning til å informere om størrelsesordenen på disse. B2 kan vurdere å dekke inn leveringsforpliktelsene i spotmarkedet for gass, men kjenner ikke til kostnadene knyttet til dette alternativet.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 36 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Kostnadene knyttet til elektrisitet vil øke tilsvarende i fremtiden når produksjonen skal gjenopptas. Denne kostnadsbesparelsen er derfor ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Inntektstapet per time produksjonsstopp er beregnet ved hjelp av en gjennomsnittspris på naturgass for 2010. Dette gir en pris på 1,66 kr/Sm³. Prisen er hentet fra SSB. B2 har en produksjon på 88 MSm³ hvert døgn, noe som tilsvarer en produksjon på 3,67 MSm³ hver time. Dette er produksjon av rikgass, det vil si salgsgass og væskeprodukter.

I tillegg har bedrift 2 store deler rene væskeprodukter, ca 300 tonn/h, som bearbeides. Bearbeidelsen av væskeprodukter er ikke tatt med i beregningen av kostnadsfunksjonen. Informanten i B2 forteller at de faktiske kostnadene som følge av et avbrudd er større enn kostnadene estimert i kostnadsfunksjonen. Årsaken til dette er at man også taper inntekter på norsk sokkel (både for olje og gass), noe som fører til at den totale kostnaden vil beløpe seg til flere ganger det direkte tapet for anlegget ved lengre avbrudd.

Økonomiske konsekvenser

Både antall timer stopp i produksjonen etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake, samt antall timer med opptrapping av produksjonen avhenger av varigheten på avbruddet. Selv svært korte avbrudd medfører store inntektstap for B2 som følge av en lang opptrappingstid.

Et avbrudd med varighet under 100 millisekunder gir normalt ikke full stopp i anlegget, men kan i verste medføre en reduksjon i produksjonen på 25 MSm³ per døgn i ca 4 timer. Dette vil i så fall medføre et totalt produksjonstap på 4-5 MSm³ per døgn. Dersom bedrift 2 taper 4,5 MSm³, vil dette medføre tapte inntekter på 7,5 millioner kroner til en salgspris lik 1,66 kr/Sm³. Dersom bedriften kan ta igjen produksjonen i dag, vil kostnaden reduseres betydelig, men dersom produksjonen ikke kan tas igjen før om 10 år vil et avbrudd med varighet under 100 ms påføre bedriften en neddiskontert kostnad på 3,3 millioner kroner.

Avbrudd med varigheter mellom 0,1 sekunder og 24 timer medfører produksjonsstopp i 4 timer etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake, og en lineær opptrapping av produksjonen i 20 timer. Dette gir et totalt produksjonstap på $(4 + 20/2) = 14$ timer etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake.

Dersom varigheten på avbruddet er over 24 timer, øker antallet timer med fullstendig stopp til 12 timer og den lineære opptrappingen til 24 timer etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake. En slik situasjon vil altså medføre et totalt produksjonstap på $(12 + 24/2) = 24$ timer for bedriften.

Tapte produksjon antas å bli tatt igjen om ca 10 år. Tapet ved 1 times stans i gassproduksjonen er derfor lik salgsinntektstapet i dag, fratrasket den neddiskonterte verdien av å selge gassen om 10 år.

Fordi kostnaden ved et avbrudd er avhengig av varigheten på avbruddet, vil bedrift 2 ha to ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t . Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd $\geq 0,1$ sekunder og < 24 timer:

$$K_1(t) = 3,67 * 1,66 * (14 + t) * \left[1 - \frac{1}{1,06^{10}}\right]$$

$$K_1(t) = 37,63 + 2,69t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 24 timer:

$$K_2(t) = 3,67 * 1,66 * (24 + t) * \left[1 - \frac{1}{1,06^{10}}\right]$$

$$K_2(t) = 64,51 + 2,69t$$

hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Samfunnsøkonomiske effekter

En produksjonsstopp i bedrift 2 kan påvirke produksjonen til andre virksomheter som er avhengig av B2s produksjon for selv å produsere.

Varsling

Kostnadene bedriften påføres ved et avbrudd kan ikke reduseres ved varsling. Årsaken til dette er at kostnadene knyttet til tapte produksjon ikke reduseres selv om avbruddet er varslet på forhånd. Det er likevel en fordel med varsling da en kontrollert nedstengning vil medføre mindre skade og slitasje på bedriftens utstyr.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Spenningsforstyrrelser, og da spesielt spenningsfall, kan medføre at hele produksjonsprosessen stopper. Produksjonsprosessen består av flere kompressorer, hvorav én stanser dersom spenningen faller under 85 prosent. De to gassdrevne kompressorene kan tåle noe lavere spenning enn de elektriske. Opptrappingstiden etter en spenningsforstyrrelse vil avhenge av varigheten på spenningsforstyrrelsen. Bedriften informerer om at et spenningsnivå på under 80 prosent med varighet over 100 ms vil gi samme opptrappingstid som et avbrudd, mens opptrappingstiden vil være betydelig lavere dersom varighet på spenningsforstyrrelsen er mindre enn 100 ms.

Hyppighet

Fra april til september i 2009 opplevde bedriften at den mest spenningsfølsomme elektriske kompressoren stoppet fire ganger på grunn av spenningsforstyrrelser. Forstyrrelsene har utelukkende dreid seg om underspenning. I perioden 2004-2005 ble B2 mye plaget av spenningsforstyrrelser i nettet.

Økonomiske konsekvenser

En spenningsforstyrrelse vil påføre bedriften kostnader dersom forstyrrelsen medfører stopp i produksjonen. Kostnaden er da knyttet til at det tar tid å starte opp igjen produksjon, og den tapte produksjonen kan ikke tas igjen før om 10 år. Kostnaden inkluderer ikke kostnader knyttet til skader på utstyr.

Dersom produksjonen stanser i mer enn 100 ms som følge av en spenningsforstyrrelse, er oppstartstiden tilsvarende som ved et avbrudd. En varighet over 100 ms medfører derfor produksjonsstopp i 4 timer, etterfulgt av en lineær opptrapping i 20 timer, noe som gir et totalt produksjonstap på 14 timer.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse med varighet over 100 ms:

$$K_3(t) = 3,67 * 1,66 * 14 * \left[1 - \frac{1}{1,06^{10}}\right]$$

$$K_3(t) = 37,63$$

hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Bedriften anslår at et spenningsnivå under 80 prosent i mindre enn 100 ms vil medføre stopp av produksjonen i én time, etterfulgt av 4-5 timer med lineær opptrapping av produksjonen. Dette vil i så fall medføre et totalt produksjonstap på 3,25 timer.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse med varighet under 100 ms:

$$K_4(t) = 3,67 * 1,66 * 3,25 * \left[1 - \frac{1}{1,06^{10}}\right]$$

$$K_4(t) = 8,74$$

hvor K er kostnad i millioner kroner.

B2 har investert i tiltak knyttet til å øke robusthet til styringssystemet. Det er installert batteriereserver (UPS) på instrumenter som styrer prosessene. Det er ikke gjennomført tiltak for å redusere følsomheten til kompressorene mot spenningsforstyrrelser.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.3 viser B2s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.3 B2s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	75 %	75 %	8	23
50 % reduksjon	50 %	24 timer	70 %	70 %	11	29
Maksimal reduksjon	25 %	24 timer	-	25 %	-	73

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

10.1.1 Konsekvenser ved rasjonering

Bedriftens kostnader som følge av en rasjoneringssituasjon skyldes tapte inntekter som følge av at den tapte produksjonen, både under selve rasjoneringen og på grunn av opptrapping etter at rasjoneringsperioden er over, ikke kan tas igjen før om 10 år. Dersom

bedriften må redusere elektrisitetsforbruket med mer enn 50 prosent, vil ikke bedriften kunne opprettholde produksjonen. Bedriften har ikke tallfestet eventuelle ekstrakostnader. Bedrift 2s kostnad som følge av en rasjonering beregnes på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser. Den estimerte kostnaden er vist i Tabell V1.4.

Tabell V1.4 B2s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	75	20	0	233
50 %	70	24	0	281
30 %	0	48	0	968

BEDRIFT 3 (B3) - GASS

Bedrift 3 er et gassprosessanlegg, men skiller seg fra de andre studerte anleggene ved at dette anlegget kjøler ned gassen slik at den er flytende og sender produksjonen med skip til kunden. Bedriftens produkt er såkalt Liquefied Natural Gas (LNG).

Det kommer et skip til produksjonsanlegget hver femte dag. Skipet er inne for lasting i to døgn, og det tar ca et døgn å laste et skip. Anlegget produserer 13 000 tonn LNG per døgn, noe som tilsvarer 18,15 MSm³ per døgn.

Produksjonsanlegget er tilknyttet et eget energianlegg. I utgangspunktet skulle produksjonsprosessen være selvforsynt med kraft fra energianlegget, men siden produksjonsanlegget bruker mer energi enn man trodde før driften startet, må anlegget "importere" mer elektrisitet fra fastlandet enn man trodde i utgangspunktet.

Prosessanlegget drives av fem turbindrevne generatorer (hver på 50 MW). Gjennom en landnettforbindelse skulle importen i utgangspunktet fungere som back-up for tilfeller der kraft fra en av fem generatorer skulle falle bort. Det viser seg at behovet for vedlikehold av generatorene er fortløpende, noe som medfører at en generator er nede rundt 40 prosent av tiden. I dag brukes det 220 MW elektrisitet til produksjon, noe som betyr at bedriften er avhengig av å importere 20 MW fra land for å holde full kapasitetsutnyttelse.

I sommerhalvåret er det større behov for elektrisitet fra landnettet fordi høyere lufttemperatur krever mer energi for å holde temperaturen i produksjonsprosessen lav. Da det er ønskelig med samme produksjonsnivå hele året, er importen om sommeren derfor 30 MW.

Konsekvenser ved avbrudd

Et avbrudd i elektrisitetsforsyningen fra land skaper i utgangspunktet ikke direkte konsekvenser for produksjonen, forutsatt at alle generatorene er i drift. Det kan likevel oppstå problemer med avbrudd i elektrisiteten fra land hvis produksjonen stanser, da produksjonsanlegget er avhengig av elektrisitet fra land for å starte opp igjen produksjonen.

Konsekvensene av et avbrudd avhenger av ved hvilken sesong avbruddet oppstår ved fordi avhengigheten av elektrisitet fra land er høyere om sommeren enn om vinteren.

Administrasjonens konsekvenser er små ved et avbrudd, men det kan medføre noe overtid for enkelt ansatte. Datautstyr og sikkerheten er knyttet til dieselaggregat og UPS, og påvirkes derfor ikke.

Informantene har ingen konkrete erfaringer med avbrudd i elektrisitetsforsyningene fra land. Anslagene på oppstartstider er derfor basert på erfaringer ved kontrollert stans og ved spenningsforstyrrelser.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Et avbrudd medfører stans av produksjonen både på grunn av produksjonsstans etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake, og som følge av opptrapping av produksjonen mot normalt produksjonsnivå. Antall timer produksjonsstans avhenger av varigheten på avbruddet.

Det produseres for fullt når det produseres, og det er ikke mulig å ta igjen tapt produksjon umiddelbart. Tapt produksjon forskyver tidsperioden anlegget vil være i drift. Det er antatt at det vil være produksjon på dette anlegget de neste 25-30 årene. En stans i produksjonen medfører derfor tapte inntekter i dag, og i nåverdiregningen antas det at produksjonen kan tas igjen om 25 år.

Andre kostnader

En oppstart av produksjonsanlegget etter en stans medfører ekstra utslipp av CO₂ fordi fakkelen på anlegget vil brenne av ekstra gass. Dette resulterer i ekstra kostnader knyttet til utslipp av CO₂, og ekstraavgifter til gass. Det ekstra utslippet av CO₂ i oppstartsprosessen koster bedriften ca 1,8 millioner kr i CO₂-avgifter. Bedriften blir også påført en kostnad knyttet til et ekstraforbruk av gass på ca 2,5 MSm³. Når gassprisen settes lik 1,66 kr/Sm³, medfører dette en kostnad på 4,15 millioner kr. Dette betyr at en oppstartsprosess medfører en kostnad på 5,95 millioner kr knyttet til ekstra forbruk av gass og CO₂-avgift.

En stans medfører også slitasje på produksjonsutstyret. Bedriften kan ikke tallfeste hva dette koster.

Dersom avbruddet resulterer i at skip som skal frakte gass blir forsinket, må produsenten betale bøter. Dette er sensitiv informasjon, og bedriften vil derfor ikke oppgi dette beløpet.

Sparte kostnader

Produsenten sparer kostnader til elektrisitet i den perioden produksjonen står. Bedriften importerer 30 MW om sommeren og 20 MW om vinteren. Under avbruddet vil bedriften spare kostnadene knyttet til denne importen. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010 på 425,25 kr/MWh, er denne besparelsen anslått til å være i underkant av 13 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi denne kostnadsbesparelsen er relativt liten, er de utelukket fra kostnadsfunksjonen. Det er ikke mulig å spare lønnskostnader ved en stans i produksjonen, da personell må være tilstede uavhengig om det er produksjon eller ikke.

Inntektstap

Tapt produksjon antas å bli tatt igjen om ca 25 år. Tapet ved 1 times stans i gassproduksjonen er lik salgsinntektstapet i dag fratrasket den neddiskonterte verdien av å selge gassen om 25 år. B3 har en produksjon på 18,15 MSm³ hvert døgn, noe som gir et produksjonstap per time på 0,76 MSm³. For å regne ut verdien av den tapte produksjonen bruker vi SSBs gjennomsnittspris på gass i 2010, 1,66 kr/Sm³.

Økonomiske konsekvenser

I tillegg til produksjonsstopp under selve avbruddet, vil et avbrudd med varighet under 12 timer medføre produksjonsstopp i 5-6 timer etterfulgt av en lineær opptrapping av produksjonen i 6 timer. Dette kalles en "kald opptrapping". Vi antar at produksjonen vil

stans i 5,5 timer før opptrappingsprosessen kan begynne. Dette betyr at avbrudd under 12 timer medfører tapt produksjon i $(5,5 + 6/2) = 8,5$ timer.

”Varm opptrapping” oppstår når produksjonen har stått i ca. en dag. Utstyret må da kjøles ned før produksjon kan starte opp igjen. Et avbrudd med varighet over 12 timer medfører stans i produksjonen i 48 timer, etterfulgt av en lineær opptrapping av produksjonen i 6 timer. Dette betyr at avbrudd med varighet over 12 timer medfører tapt produksjon i $(48 + 6/2) = 51$ timer.

Fordi kostnaden ved et avbrudd er avhengig av varigheten på avbruddet, vil bedrift 3 ha to ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t . Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 12 timer

$$K_1(t) = 0,76 * 1,66 * (8,5 + t) * \left[1 - \frac{1}{1,06^{25}}\right] + 5,95$$

$$K_1(t) = 14,13 + 0,96 t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd > 12 timer

$$K_2(t) = 0,76 * 1,66 * (51 + t) * \left[1 - \frac{1}{1,06^{25}}\right] + 5,95$$

$$K_2(t) = 55,05 + 0,96 t$$

hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Samfunnsøkonomiske effekter

Kostnadsfunksjonen er basert på gassprosessanleggets kostnader som følge av et avbrudd. Det forekommer også annen produksjon på samme produksjonsområde. Vi har ikke fått informasjon om hvilke konsekvenser et avbrudd vil få for denne produksjonen. De samfunnsøkonomiske tapene som følge av avbrudd vil derfor muligens bli større enn estimert over.

Varsling

En ikke varslet stans i produksjonen påfører produsenten merkostnader i form av noe overtid for enkelt ansatte, og ytterligere slitasje på utstyr sammenlignet med en varslet stans. Et varslet avbrudd vil ikke redusere kostnaden knyttet til produksjonstapet, men er likevel å foretrekke da dette kan redusere nivået på de ikke-tallfestede kostnadene.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Produksjonsprosessen er sårbar for spenningsforstyrrelser, spesielt spenningsdipp. Anlegget kan utsettes for spenningsforstyrrelser selv uten import av elektrisitet fordi elektrisitetstilførselen til enhver tid står åpen mot land for raskt å kunne ta inn elektrisitet ved behov. Et spenningsnivå under 80 prosent medfører umiddelbar stans i alle motorer, og opptrappingstiden vil være som ved et avbrudd.

Hyppighet

Det var registrert tre spenningsforstyrrelser sommer 2008. En av spenningsforstyrrelsene medførte full stans i produksjonen. Spenningsforstyrrelser skjer i hovedsak om sommeren på grunn av lynnedslag. Det var ingen spenningsforstyrrelser eller avbrudd i 2009, men det antas at man vil oppleve spenningsforstyrrelser i gjennomsnitt et par ganger i året.

Produksjonsprosessen er mindre eksponert for spenningsforstyrrelser i vinterhalvåret på grunn av en lavere import av energi enn i sommerhalvåret.

Økonomiske konsekvenser

En spenningsforstyrrelse vil påføre bedriften kostnader dersom forstyrrelsen medfører stopp i produksjonen. Kostnaden er da knyttet til at oppstartsprosessen tar tid, samt at bedriften påføres en ekstrakostnad på 5,95 mill. kr knyttet til ekstra forbruk av gass og CO₂-avgift.

En stopp i produksjonen medfører produksjonsstopp i 5-6 timer, etterfulgt av en lineær opptrapping i 6 timer. Ved å anta at opptrappingen kan starte etter 5,5 timer, vil opptrappingsprosessen totalt medføre et produksjonstap på 8,5 timer. Tapte produksjon kan ikke tas igjen før om 25 år, noe som vil påføre bedriften et inntektstap. Kostnaden inkluderer ikke kostnader knyttet til skader på utstyr.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse:

$$K_3(t) = 0,76 * 1,66 * 8,5 * \left[1 - \frac{1}{1,06^{25}} \right] + 5,95$$

$$K_3(t) = 14,13$$

hvor K er kostnad i millioner kroner

For å redusere skadene ved spenningsforstyrrelser på produksjonsutstyret, er det investert i en frekvensbeskyttelse mot elektrisitetsforsyningen på land. Dette gjør det mulig å kutte tilførselen av tidligere for å redusere skadevirkningene av spenningsforstyrrelser. Det er også investert i utstyret for å redusere oppstartstid ved stans i produksjonen. Dette utstyret er ikke testet ennå, da det ikke har vært spenningsforstyrrelser etter montering.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.5 viser B3s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. På samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser, er kostnadene beregnet som inntektstap knyttet til at tapte produksjon først kan tas igjen om 25 år.

Tabell V1.5 B2s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	24 timer	2 timer	24 timer
25 % reduksjon	75 %	24 timer	89 %	89 %	0,3	3
50 % reduksjon	50 %	24 timer	0 %	0 %	13	41
Maksimal reduksjon	33 %	24 timer	-	25 %	-	3

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

I de periodene bedriften er selvforsynt med kraft, vil ikke en rasjonering medføre kostnader for bedriften. Grunnet vedlikehold, er bedriften avhengig av import 40 prosent av tiden. I en slik situasjon vil en rasjoneringsperiode medføre 100 prosent produksjonstap i rasjoneringsperioden etterfulgt av en opptrappingsprosess som gir et samlet produksjonstap på 2,5 døgn med full produksjon. Bedriftens kostnader som følge av en rasjoneringsperiode skyldes tapte inntekter som følge av at den tapte produksjonen ikke kan tas igjen før om 25 år. Bedriften har ikke tallfestet eventuelle ekstrakostnader. Bedrift 3s estimerte kostnad som følge av en rasjoneringsperiode på 2 uker er vist i Tabell V1.6,

og tilsvarer en kostnad på 36 millioner kr per døgn. Bedriften anslår selv en kostnad per døgn på 50 millioner kr.

Tabell V1.6 B2s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	0	120	0	497
50 %	0	120	0	497
30 %	0	120	0	497

BEDRIFT 4 (B4) - METALL

Bedrift 4 er en aluminiumsprodusent. Primæraluminium produseres fra aluminiumsoksid gjennom en elektrolytisk reduksjonsprosess. Primær betyr at det er rent aluminium som er laget direkte fra råvarer for første gang. Primæraluminium framstilles ved en elektrolyse, det vil si en elektrokjemisk prosess der aluminiumoksid spaltes til aluminium metall og karbondioksid ved hjelp av likestrøm og karbonelektroder. Det produserte metallet er flytende, og karbondioksid er en gass.

Aluminiumsprodusenten har en årlig produksjon på omtrent 300 000 tonn, og det årlige energiforbruket er 4,3 TWh. B4 har i dag 340 seriekoblede elektrolyseceller. Hver celle har i gjennomsnitt en levetid på 6 år.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedrift 4 er avhengig av elektrisitet for å kunne opprettholde produksjonen av aluminium. Et avbrudd vil påføre B4 kostnader fordi dette vil føre til en stans i produksjonen, og potensiell ustabilitet i driften i etterkant av avbruddet. Bedriften produserer for full kapasitet hele døgnet, og tapt produksjon kan derfor ikke tas igjen. Kostnadene er uavhengige av sesong.

Bedriften forteller at kostnadene ved et avbrudd er svært vanskelig å kvantifisere. Dette skyldes blant annet at kostnadene kan variere mye fra gang til gang, noe som skaper en viss usikkerhet rundt kvantifiseringen. B4 jobber for tiden med å se på effektene av korte avbrudd (det vil si avbrudd med varighet mindre enn 2 timer), men det er fremdeles stor usikkerhet rundt effekten. Lengre avbrudd har de foreløpig ikke fokusert på.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Den største kostnaden som følge av et avbrudd skyldes tapt produksjon, både som følge av at bedriften ikke kan produsere under avbruddet, men i større grad at det tar tid før produksjonen går som normalt etter at elektrisiteten er tilbake. Opptrappingstiden for å komme tilbake til normalt produksjonsnivå vil i stor grad avhenge av varigheten på avbruddet. Avbrudd med varighet mindre enn 1 time, vil ha en lineær opptrappingstid på 1 time, mens opptrappingstiden øker til 2 timer for avbrudd med varighet rundt 2 timer. Avbrudd som varer mer enn et par timer, vil føre til en betydelig økning i bedriftens opptrappingstid. Dersom avbruddslengden øker til 3 timer, øker den lineære opptrappingstiden til 12 timer. Ved varigheter opp mot 4 timer, vil den smeltede elektrolytten og det produserte metallet i cellene begynne å stivne. Et avbrudd med en varighet på 4 timer vil medføre en opptrappingstid på rundt 6 måneder, da cellene må demonteres og bygges opp på nytt. Dette betyr at bedriftens kostnadsfunksjon er svært bratt i intervallet 2-4 timer. I verste fall kan et langvarig avbrudd medføre at samtlige celler

må rives og bygges opp på nytt. Dette vil i så fall ha katastrofale konsekvenser for bedriften.

Andre kostnader

Et avbrudd påfører også bedriften andre kostnader på grunn av redusert levetid på celler, redusert kvalitet på det produserte metallet, tap av metall som er under støping, bruk av overtid samt kostnader knyttet til at avtalte leveranser til kunder ikke overholdes. Kostnadene kan være betydelige, men bedriften har ikke tallfestet disse. Summen av disse kostnadene vil likevel være små relativt til kostnadene knyttet til produksjonstapet.

Sparte kostnader

Produksjonen av aluminium er svært kraftkrevende, og bedriften vil derfor spare kostnader knyttet til energibruk den tiden avbruddet varer. Dersom man legger 2010-prisen på Nord Pool Spot til grunn, betyr dette at bedriften spare over 200 000 per time uten energiforsyning. B4s reelle sparte energikostnader kan i stor grad avvike fra dette estimatet, da bedriften sannsynligvis møter en annen kraftpris enn kraftprisen på Nord Pool Spot. Sparte energikostnader er ikke trukket fra i kostnadsfunksjonen da kostnadsestimatet er svært usikkert i tillegg til at energiforbruket vil øke i oppstartsfasen. Det er likevel grunn til å forvente at sparte elektrisitetsutgifter vil redusere bedriftens totalkostnad.

Bedriften sparer ikke betydelige kostnader knyttet til sparte råvarer.

Inntektstap

Aluminiumsprisen som er lagt til grunn for å beregne inntektstapet per time med produksjonsstopp er 12 502,08 kr per tonn. Prisen er hentet fra SSBs historiske oversikt over spotpriser for ulike metaller. SSBs metallpriser er basert på priser fra London Metal Exchange (LME) og Norges Bank. LME-prisen er den markedsprisen som aluminium til enhver tid omsettes for, og er standardprisen for produsenter, videreforedlere, forhandlere og sluttbrukernæringer.

B4 har en årlig produksjon på 290 000 tonn primæraluminium.

Økonomiske konsekvenser

Bedriftens kostnader som følge av et avbrudd er hovedsakelig knyttet til tapt produksjon, både under selve avbruddet, under opptrapping av produksjonen mot normalt nivå og som følge av ustabilitet i driften i etterkant av et avbrudd. Et avbrudd på 1 time medfører et produksjonstap tilsvarende 3 timer med full produksjon etter at energiforsyningen er tilbake, mens et avbrudd i 2 timer medfører et produksjonstap tilsvarende 10 timers produksjon. Dersom varigheten på avbruddet øker til 3 timer, vil den tapte produksjonen som følge av produksjonsopptrappingen øke til 20 timer. I et tilfelle der bedriften er uten energiforsyning i 4 timer, vil opptrappingstiden medføre et produksjonstap tilsvarende 2 190 timers (3 måneders) full produksjon.

Bedriftens kostnadsfunksjon er basert på tapte inntekter i elektrolyseprosessen som følge av produksjonstap. De reelle kostnadene ved et avbrudd vil være betydelig høyere, da et avbrudd i tillegg til tapt produksjon vil påføre bedriften andre kostnader som diskutert over. B4 har per i dag ikke et sikkert anslag på disse kostnadene, men jobber selv med å tallfeste kostnadene ved korte avbrudd.

Fordi kostnaden ved et avbrudd er svært avhengig av varigheten på avbruddet, vil bedrift 4 ha fire ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t. Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 2 timer:

$$K_1(t) = \frac{\frac{290\,000}{8760} * 12\,502,80 * (3+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 1,24 + 0,41t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd i elektrisitetsforsyningen.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 2 timer og < 3 timer:

$$K_2(t) = \frac{\frac{290\,000}{8760} * 12\,502,80 * (10+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 4,14 + 0,41t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 3 timer og < 4 timer:

$$K_3(t) = \frac{\frac{290\,000}{8760} * 12\,502,80 * (20+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_3(t) = 8,28 + 0,41t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 4 timer:

$$K_4(t) = \frac{\frac{290\,000}{8760} * 12\,502,80 * (2190+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_4(t) = 906,45 + 0,41t$$

Samfunnsøkonomiske konsekvenser

Avhengig av status for lagerbeholdning, kan et langvarig avbrudd medføre at bedriften ikke klarer å overholde leveranser. I så fall kan avbruddet medføre følgekostnader for bedriftens kunder.

Varsling

Dersom B4 blir varslet om avbrudd i energiforsyningen, kan de stenge ned celler som likevel snart skal tas ut av produksjon, samt la være å starte nye celler. For at dette skal være mulig trenger de varsling minst 14 dager på forhånd. Når celler kobles ut planlagt, kan man tappet ut metallet i cellen før avbruddet i energiforsyningen. Hver celle inneholder omtrent 25-30 tonn metall. Man kan altså redusere kostnadene noe ved varsling på forhånd, men denne reduksjonen er minimal sammenlignet med bedriftens totale kostnader som følge av avbrudd i energiforsyningen.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Spenningsforstyrrelser kan medføre problemer for bedriften fordi deler av hjelpeanleggene kan falle ut. I tillegg kan spenningsforstyrrelser medføre problemer for produksjonen. Dersom spenningen faller, vil også elektrisiteten falle. Fordi man ønsker å holde elektrisitetstilførselen på et konstant nivå, vil regulatorene i likeretteranlegget prøve å øke elektrisiteten til ønsket nivå. For at effekten skal være den samme, betyr dette at elektrisiteten økes til et høyere nivå enn ønsket. Når elektrisiteten øker, blir likeretterne

overbelastet og strømværn vil derfor koble ut produksjonshallen. Dette betyr altså at dersom spenningen blir for lav, vil vernene på likeretteranlegget slå inn, og man mister energitilførselen til cellene. I så fall opplever bedriften et avbrudd i elektrisitetstilførselen, og konsekvensene er som beskrevet under avsnittet om avbrudd.

Hyppighet

Bedriften opplever at spenningsforstyrrelser medfører problemer ca. 6 ganger i året.

Økonomiske konsekvenser

En spenningsforstyrrelse vil medføre kostnader for bedriften dersom produksjonen stopper. Dersom man antar at en spenningsforstyrrelse varer lenge nok til at produksjonen stopper, vil en lineær opptrapping av produksjonen i en time medføre et totalt produksjonstap på en halv time. Bedriftens kostnader er da knyttet til at den tapte produksjonen av aluminium ikke kan tas igjen. Dersom en spenningsforstyrrelse medfører produksjonsstopp utover oppstartstiden, vil kostnadsfunksjonen sammenfalle med kostnadsfunksjonen for avbrudd. Kostnaden inkluderer ikke kostnader knyttet til skader på utstyr.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse:

$$K_5(t) = \frac{\frac{290\,000}{8760} * 12\,502,80 * 0,5}{1\,000\,000}$$

$$K_5(t) = 0,21$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.7 viser B4s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Ved et effektnivå på 75 prosent i mer enn 12 timer eller 50 prosent i mer enn 4 timer, er det en høy risiko for at cellene har begynt å stivne, noe som medfører at opptrappingsprosessen tar mye lenger tid, og kostnadene blir som ved avbrudd med varighet over 4 timer. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.7 B4s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	12 timer	70 %	60 %	0,2	2,1
50 % reduksjon	50 %	4 timer	40 %	40 %	0,5	1,0
Maksimal reduksjon	10 %	2 timer	-	0 %	-	1,2

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Dersom bedriften skal redusere energiforbruket med 50 prosent, betyr dette at 170 celler må kobles ut. B4 kan koble ut 4 celler per dag, noe som betyr at bedriften må bli varslet 1,5 måned på forhånd. Utkobling vil medføre et lineært produksjonstap i tillegg til at alle celler som kobles ut i gjennomsnitt vil få redusert levetiden med ett halvt år. Bedriften kan starte 2 celler hver dag, noe som betyr at en slik situasjon vil medføre 3 måneder med

lineær opptrapping mot normalt produksjonsnivå. Produksjonen som går tapt kan ikke tas igjen.

Bedriften har en lagerbeholdning, men dette vil ikke dekke produksjonsbortfallet. En situasjon der energiforbruket må halveres, vil derfor påføre B4 betydelige kostnader fordi kunder ikke mottar leveranser som avtalt. En kvoterasjonering på 75 prosent kan gjennomføres med en varslings tid på en uke, men dette vil kreve meget omfattende tiltak som vil medføre store tekniske og økonomiske konsekvenser for bedriften. For ytterligere reduksjon i elektrisitetsforbruket må bedriften ha lengre varslings tid. Dersom forbruket skal reduseres med mer enn 50 prosent, vil produksjonsnivået bli 0 prosent. Kostnadene er beregnet som inntektstap som følge av tapt produksjon. Bedriften opplyser at en rasjoneringssituasjon også vil påføre bedriften betydelige ekstrakostnader utover kostnadene knyttet til tapt produksjon, men kan ikke tallfeste dette. I beregningen er derfor ekstrakostnaden satt lik null.

Tabell V1.8 B4s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	60	504	0	97
50 %	40	3240	0	486
30 %	0	4380	0	1 046

BEDRIFT 5 (B5) - METALL

Bedrift 5 er en aluminiumsprodusent. Primæraluminium produseres ved hjelp av en elektrolyseprosess. Ved produksjon av primæraluminium går elektrolyseprosessen ut på spalting av kjemiske forbindelser ved hjelp av likestrøm.

Aluminiumsprodusenten har en årlig produksjon på ca 120 000 tonn, der 25 000 tonn er omsmelt. Det årlige elektrisitetsforbruket er 1,7 TWh. B5 har i dag 276 elektrolyseceller.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedrift 5 er avhengig av elektrisitet for å kunne opprettholde produksjonen av aluminium. Et avbrudd vil påføre B5 kostnader fordi dette vil føre til en stans i produksjonen. Bedriften produserer for full kapasitet hele døgnet, og tapt produksjon kan derfor ikke tas igjen. Kostnadene er uavhengige av sesong.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Den største kostnaden som følge av et avbrudd skyldes at bedriften ikke kan produsere under avbruddet, i tillegg til at det tar tid før produksjonen går som normalt etter at elektrisiteten er tilbake. Opptrappingstiden for å komme tilbake til normalt produksjonsnivå vil i stor grad avhenge av varigheten på avbruddet. Avbrudd med varighet mindre enn 1 time, vil ha en lineær opptrappingstid på 24 timer, mens opptrappingstiden øker til 2 døgn for avbrudd med varighet rundt 1 time og 4 døgn for avbrudd med varighet 2 timer. Dersom avbruddet varer i 3 timer, øker den lineære opptrappingstiden til en uke, og en varighet på 4 timer vil medføre en opptrappingstid på 3-6 måneder. Dette betyr at bedriftens kostnadsfunksjon er svært bratt i intervallet fra 3 til 4 timer.

Andre kostnader

Ved korte avbrudd vil kostnaden i hovedsak skyldes tapt produksjon, men når varighet overstiger 1 time blir bedriften også påført kostnader som følge av bruk av overtid. Etter et avbrudd må ca. 30 operatører jobbe overtid i opptrappingsperioden, og kostnadene knyttet til overtid varierer med opptrappingstiden etter avbruddet. Dersom avbruddet har en varighet på over 4 timer vil dette være så alvorlig at mange ansatte må permitteres.

B5 har alltid en støpeprosess på gang, og dersom elektrisitetsforsyningene er borte i mer enn 2 timer, vil bedriften bli påført en kostnad som følge av at støpet går tapt.

Langvarige avbrudd vil også redusere levetiden til cellene. Bedriften forteller at reduksjonen i levetid medfører at over 10 prosent av cellene går ut ved et avbrudd på 4 timer, noe som vil påføre bedriften en ekstra kostnad på 10 millioner kr. I tillegg vil langvarige avbrudd føre til redusert metallkvalitet. Avbrudd med varighet inntil et par timer vil medføre betydelige kostnader for bedriften, men dette kan likevel gå greit.

Bedriften har forsøkt å tallfeste kostnadene ved bruk av overtid, tap av metall som er i støpeprosessen og redusert levetid på celler.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 80 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi bedriften må bruke mer energi i oppstartsfasen, vil besparelsen utlignes av ekstra energibruk i oppstartsfasen.

Bedriften sparer ikke betydelige kostnader knyttet til sparte råvarer.

Inntektstap

Aluminiumsprisen som er lagt til grunn for å beregne inntektstapet per time med produksjonsstopp er 12 502,08 kr per tonn. Prisen er hentet fra SSBs historiske oversikt over spotpriser for ulike metaller. SSBs metallpriser er basert på priser fra London Metal Exchange (LME) og Norges Bank. LME-prisen er den markedsprisen som aluminium til enhver tid omsettes for, og er standardprisen for produsenter, videreforedlere, forhandlere og sluttbrukernæringer.

B5 har en årlig produksjon på 95 000 tonn primæraluminium.

Økonomiske konsekvenser

Som følge av opptrapping av produksjonen etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake, antar vi at et avbrudd på mindre enn én time gir 12 timer tapt produksjon, et avbrudd på mellom 1 time og 2 timer gir 24 timer tapt produksjon, et avbrudd på mellom 2 og 3 timer gir 48 timer tapt produksjon og at et en varighet på mellom 3 og 4 timer gir et produksjonstap på 84 timer. Dersom avbruddet har en varighet på over 4 timer, vil den lineære opptrappingstiden øke til 1 620 timer. I tillegg til tapt produksjon som følge av opptrapping mot normalt produksjonsnivå etter et avbrudd, vil bedriften også tape produksjon under selve avbruddet.

Fordi kostnaden ved et avbrudd er svært avhengig av varigheten på avbruddet, vil bedrift 5 ha fem ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t. Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 1 time:

$$K_1(t) = \frac{\frac{95\,000}{8760} * 12\,502,80 * (12+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 1,63 + 0,14t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 1 time og < 2 timer:

$$K_2(t) = \frac{\frac{95\,000}{8760} * 12\,502,80 * (24+t) + 450\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 3,70 + 0,14t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 2 timer og < 3 timer:

$$K_3(t) = \frac{\frac{95\,000}{8760} * 12\,502,80 * (48+t) + 1\,900\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_3(t) = 8,41 + 0,14t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 3 timer og < 4 timer:

$$K_4(t) = \frac{\frac{95\,000}{8760} * 12\,502,80 * (84+t) + 2\,575\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_4(t) = 13,96 + 0,14t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 4 timer:

$$K_5(t) = \frac{\frac{95\,000}{8760} * 12\,502,80 * (1620+t) + 41\,375\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_5(t) = 261,03 + 0,14t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

Bedriften har ingen lagerbeholdning, og et langvarig avbrudd kan derfor medføre følgekostnader for bedriftens kunder.

Varsling

Dersom B5 blir varslet om avbrudd i elektrisitetsforsyningen, kan de stenge ned celler som likevel snart skal tas ut av produksjon, samt la være å starte nye celler. Bedriften kan koble ut 24 celler per døgn. Når celler kobles ut planlagt, kan man tappet ut metallet i cellen før avbruddet i elektrisitetsforsyningen. Man kan altså redusere kostnadene noe ved varsling på forhånd, men denne reduksjonen er minimal sammenlignet med bedriftens totale kostnader som følge av avbrudd i elektrisitetsforsyningen.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Spenningsforstyrrelser kan medføre kostnader for bedriften både på grunn av at hjelpeutstyr som datasystemer kan få problemer, men også fordi fabrikkstrømmen kan påvirkes. Bedriften har to seriekoblinger. Serie 1 står for 2/3 av produksjonen og serie 2 står for 1/3 av produksjonen. Serie 1 er mer følsom for spenningsforstyrrelser enn Serie 2. Dersom fabrikkstrømmen påvirkes, kan det medføre store problemer. Bedriften har noen batterier, men dette er ikke tilstrekkelig til å opprettholde alle prosesser. Bedriften er usikker på hvilket spenningsnivå og varighet som vil medføre problemer.

Hyppighet

B5 opplever problemer med spenningsforstyrrelser 6-7 ganger hvert år.

Økonomiske konsekvenser

Bedriften opplyser at det etter en spenningsdipp normalt går 20 minutter før produksjonen er tilbake til normalt. Nøyaktig hvor lang tid dette tar i hvert enkelt tilfelle, avhenger av hvor raskt høyspentvakten kan komme. Bedriftens kostnader som følge av en spenningsforstyrrelse er knyttet til tapt produksjon. I gjennomsnitt vil det være snakk om et tapt på 20 minutter, altså 0,33 produksjonstimer. Dersom en spenningsforstyrrelse medfører produksjonsstopp utover oppstartstiden, vil kostnadsfunksjonen sammenfalle med kostnadsfunksjonen for avbrudd. Kostnaden inkluderer ikke kostnader knyttet til skader på utstyr.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse:

$$K_6(t) = \frac{\frac{95\,000}{8760} * 12\,502,80 * 0,33}{1\,000\,000}$$

$$K_6(t) = 0,045$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.9 viser B5s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som innteksttap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.9 B5s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	70 %	25 %	0,08	2,4
50 % reduksjon	50 %	4 timer	35 %	25 %	0,2	0,4
Maksimal reduksjon	10 %	1 time	-	0 %	-	3,4

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Bedriften klarer ikke å halvere energibruket ved en varslings tid på en uke, men bedriften kan klare å koble ut 1/3 av cellene dersom det er nødvendig. Ved å bruke en del ekstra operatører, kan bedriften koble ut 24 celler per døgn, noe som betyr at bedriften kan redusere elektrisitetsforbruket med 1/3 på mindre enn én uke. For å koble ut 24 celler, trenger bedriften varslings 3 dager på forhånd.

For å klare å redusere forbruket må celler rives og bygges opp igjen, noe som fører til redusert levetid for cellene. B5 opplyser at de eldste cellene vil kobles ut først. For hvert døgn hallen er koblet ut (det vil si 1/3 av cellene er ute), vil produksjonen reduseres med 70 tonn aluminium.

Bedriften opplyser at det ved lengre varslings tid er mulig å redusere elektrisitetsforbruket med 50 prosent, men at dette er en veldig dramatisk situasjon da kostnaden blir svært høy. Det er antatt at bedriften trenger 1 måned til nedtrapping og 2 måneder til opptrapping i en slik situasjon.

Ved en lavere kvote enn 50 prosent vil produksjonsnivået bli 0 prosent. Dersom alle celler har vært koblet ut på grunn av rasjoneringssituasjonen, vil det ta 3-6 måneder med tilnærmet lineær opptrapping før produksjonen igjen går som normalt. Bedriften forteller også at det er miljøutfordringer ved oppstartsprosessen. En slik situasjon er ikke gunstig. B5 kan bare slippe ut en viss mengde fluor per time, noe som kan sette begrensinger for hvor fort man kan komme tilbake til full produksjon.

Tabell V1.10 B5s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	75	504	0	20
67 %	67	720	0	31
50 %	50	2160	0	96
0 %	0	3240	0	265

BEDRIFT 6 (B6) - KJEMISK

Bedrift 6 er en produsent av et kjemisk produkt. Det aktuelle produktet er ett av flere produkter som B6 produserer. I beregning av bedriftens kostnadsfunksjon, har vi kun sett på kostnaden ved at fabrikken der det aktuelle produktet produseres faller ut.

Produsenten hadde i 2010 en produksjon på 378 503 tonn av det aktuelle produktet, og kapasitetsgrensen er rundt 520 – 530 000 tonn hvert år. Elektrisitetsforbruket relatert til fabrikken der det aktuelle produktet produseres, var 365 087 MWh i 2010.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedriften er avhengig av elektrisitet for å kunne produsere. I en situasjon der bedriften mister all elektrisitet til produksjonsområdet slik at alle hovedkomponenter stopper, vil det bli så mye forstyrrelser at anlegget må kjøres ned. Prosessgass spyles så ut før oppkjøringen kan starte igjen. Dersom det ikke oppstår noen følgeskader, vil en slik situasjon generere minimum 5-6 døgn produksjonstap. Oppstartstiden vil avhenge av varigheten på avbruddet, men erfaringsmessig hevder bedriften at situasjonen i fabrikken etter et avbrudd er så kaotisk at resultatet blir full nedkjøring. Dette betyr at bedriftens kostnadsfunksjon er basert på at bedriften må kjøre ned prosessen. Dersom dette ikke er nødvendig, vil oppstartstiden bli mye kortere, og kostnaden vil følgelig reduseres.

Bedriften opplevde stopp i produksjon både i 2009 og 2010 som følge av avbrudd. B6 hevder at dette påvirker bedriftens konkurranseforhold mot tilsvarende fabrikker i andre deler av verden i negativ retning.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnadsfunksjon er basert på at prosessanlegget må kjøres ned, spyles for gass, og så kjøres opp igjen. Nedkjøring av prosessen vil generere produksjonsstopp i 5-6 dager. Dette fører til at bedriften blir påført betydelige kostnader som følge av tapt produksjon. Tapt produksjon kan ikke tas igjen i dag. Bedriften opplyser at grunnet logistikken av råstoffer må produsere den mengden av produktet som er planlagt hvert døgn.

Andre kostnader

Oppstartsprosessen vil også påføre bedriften kostnader på grunn av fakling/brenning av råstoffer uten at ferdigvare produseres. Denne kostnaden vil variere sterk med råstoffprisen, men bedriften oppgir 5 millioner kroner som et overslag.

I tillegg til faklingskostnader, vil et avbrudd også påføre bedriften kostnader i form av overtid for operatører og mekanisk personell for å hjelpe til med oppkjøringsprosessen. Disse kostnadene er ikke tallfestet. Dersom stoppen blir langvarig kan bedriften også bli påført kostnader som følge av at råstoffene "hoper seg opp", noe som fører til at det blir problemer med leveransen av råstoffer.

Om et avbrudd medfører skader på utstyr kan variere fra gang til gang. Dersom utstyr blir skadet, vil dette medføre ekstrakostnader for bedriften. I tillegg vil nedkjøring og oppkjøring utsette prosessapparatene for stor påkjenning, og er en svært uønsket situasjon.

Sparte kostnader

Et avbrudd fører til at bedriften bruker mindre råstoffer, men det råstoffet som de bruker går tapt siden det ikke produseres noe ferdigprodukt. Bedriften forklarer at kostnadsbesparelsen er svært liten sammenlignet med kostnaden knyttet til tapt produksjon.

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 17 700 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi dette er en relativt liten kostnadsbesparelse, er denne utelukket fra kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Prisen på produktet er satt lik 1 503 kroner. Denne prisen er basert på at prisen på produktet i 2005 var 265 \$. Denne informasjonen er hentet fra en norsk nettside som oppgir børskurser, Stocklink.no.

B6 hadde i 2010 en produksjon på 378 503 tonn. Tapt produksjon kan ikke tas igjen.

Økonomiske konsekvenser

Fordi et avbrudd sannsynligvis krever at prosessen kjøres fullstendig ned, antar vi at dette er tilfelle i beregning av kostnadsfunksjonen. Nedkjøring av prosessen vil generere produksjonsstopp i 5-6 dager. I beregningen har vi antatt produksjonsstopp i 5,5 dager. Dette gir et produksjonstap på 132 timer på grunn av nedkjøring og oppkjøring uavhengig av avbruddets varighet. I tillegg taper bedriften salgsinntekter for hver time, t, den ikke kan produsere.

Fordi kostnaden ved et avbrudd i stor grad er knyttet til at prosessen må kjøres fullstendig ned, vil bedrift 6 kun ha en kostnadsfunksjon. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t. Kostnadsfunksjonen er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd:

$$K_1(t) = \frac{\frac{378\,503}{8760} * 1\,503 * (132 + t) + 5\,000\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 13,57 + 0,065t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Samfunnsøkonomiske effekter

Bedriften har et annet produksjonsanlegg der et annet produkt produseres. Dette anlegget vil også falle ut dersom fabrikken der det aktuelle produktet produseres faller ut. Dette betyr at bedriftens totale kostnader ved et avbrudd vil bli høyere enn kostnadsfunksjonen tilsier. Også bedriftens kunder kan påføres kostnader som følge av avbrudd i den aktuelle bedriften.

Varsling

Dersom avbruddet var varslet på forhånd, vil nedkjøring- og oppstartskostnadene blir omtrent som før, men bedriften kan da stoppe produksjonen kontrollert. Dette er bra både for prosessanlegget og de ansatte som jobber der. Bedriften forteller at å oppleve et avbrudd i prosessanlegget er en stor påkjenning for operatørene.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Økonomiske konsekvenser

Ved en spenningsforstyrrelse kan bedriften påføres kostnader både ved fullstendig utfall av hele anlegget, og ved at deler av anlegget faller ut.

Dersom en av to kompressorsaler faller ut, og oppkjøringen kan starte momentant, vil dette generere 5 timer produksjonsstopp. I dette tilfellet vil faklingskostnaden bli omtrent 0,5 mill. kr. Utfall av en kompressorssal vil påføre bedriften kostnader på rundt 800 000 kroner dersom oppkjøringen kan starte med en gang.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse – utfall av kompressorsal:

$$K_2(t) = \frac{\frac{378\,503}{8760} * 1\,503 * 5 + 500\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 0,82$$

hvor

K er kostnad i millioner kroner

Dersom vannvasken faller ut, vil dette generere 11 timers produksjonsstopp dersom bedriften klarer å holde råstoffene inne. Ekstrakostnaden knyttet til fakling vil i dette tilfellet være rundt 1 mill. kr. Utfall av vannvask vil påføre bedriften kostnader rundt 1,7 mill. kr dersom råstoffene ikke stopper opp. Dersom råstoffene hoper seg opp, vil dette medføre store svingninger i prosessen. Dette kan gi mye lenger stopp, og i verste fall kan kostnaden bli tilsvarende som ved et avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse – utfall av vannvask:

$$K_3(t) = \frac{\frac{378\,503}{8760} * 1\,503 * 11 + 1\,000\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_3(t) = 1,71$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

Dersom det oppstår stopp i alle prosesser som følge av en spenningsforstyrrelse, vil det ta 2-3 døgn å komme tilbake til normal produksjon. Ved å anta at det i et gjennomsnittstilfelle vil være en tilnærmet lineær opptapping i løpet av 2,5 døgn, vil spenningsforstyrrelsen medføre et tap på 30 produksjonstimer. Faklingskostnaden vil i dette tilfellet være 5 mill.

kr. En spenningsforstyrrelse som medfører at alle prosesser stopper opp, vil påføre bedriften en kostnad på ca 7 mill. kr.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse – stopp i alle prosesser:

$$K_4(t) = \frac{\frac{378\,503}{8760} * 1\,503 * 30 + 5\,000\,000}{1\,000\,000}$$

$$K_4(t) = 6,95$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

Dersom spenningsforstyrrelser medfører skader på bedriftens utstyr, kommer denne kostnaden i tillegg til inntektstap og ekstrakostnader. Bedriftens styresystemer er sikret med UPS. Bedriften har også nødstrømsprosedyrer slik at de får kjørt ned.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.11 viser B6s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon, men inkluderer ikke ekstrakostnader.

Tabell V1.11 B6s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	73 %	73 %	0,3	0,6
50 % reduksjon	50 %	24 timer	25 %	25 %	1,0	2,0
Maksimal reduksjon	40 %	24 timer	-	20 %	-	2,2

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

I en rasjoneringssituasjon er det mulig at bedriften kun drifter den aktuelle fabrikk. Det er ikke ønskelig å stoppe denne produksjonen i en rasjoneringssituasjon fordi det er for dyrt. Bedriften forteller at det er godt mulig at fabrikk ikke startes igjen dersom den først er stoppet. Dersom bedriften må redusere elektrisitetsforbruket med mer enn 50 prosent, vil ikke bedriften kunne opprettholde produksjonen. Tabell V1.12 viser bedriftens produksjonsnivå, antall timer opptrapping og estimert totalkostnad som følge av en rasjoneringssituasjon med kvoternivå på hhv. 75, 50 og 30 prosent.

Tabell V1.12 B6s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvoternivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	73	24	0	6
50 %	25	132	0	20
30 %	0	132	0	26

BEDRIFT 7 (B7) - TREFOREDLING

Bedrift 7 er en papirprodusent. Bedriften produserer treholdig trykkipapir av tømmer, energi, vann og kjemikalier. Kjemikaliene lut, hydrogenperoksid, vannglass og kompleksbindere tilsettes for å få tilstrekkelig lyshet på papirmassen.

For å produsere fils, kappes og barks tømmerstokken. Barken brennes i en biobrenselkjel, og er en viktig energikilde for dampproduksjonen. Tremassen produseres ved at tommellange flis males til tremasse ved hjelp av roterende stålskiver. Massen kalles Termomekanisk masse (TMP). Tremassen sprøytes så ut på en bred vire inn i papirmaskinen. Virens hastighet er over 60 km/t. Papirmaskinen fordeler papirmassen riktig i hele maskinens bredde presser ut vannet, tørker papiret, for til slutt å rulle det opp på store tamburer. Tamburen går så videre til en rullemaskin, der papiret rulles og skjæres opp i papirruller etter kundens ønske. Produksjonen pågår 24 timer i døgnet.

I 2007 hadde bedriften tillatelse til å produsere 450 000 tonn papir, og den faktiske produksjonen var 386 961 tonn. I 2007 ble det produsert papir ved tre papirmaskiner, men i juni 2008 ble en av maskinene stoppet. Produksjonskapasiteten ble da redusert med 1/3, og bedriften produserer derfor ikke standard avisipapir lenger. Bedriften produserer i dag papir med spesialkvaliteter. Disse produktene nyttes som reklametrykk, kataloger, bøker, innstikk, helge-, sports- og spesialmagasiner, samt andre publikasjoner. 75 prosent av produksjonen eksporteres.

Bedriften har et årlig elektrisitetsforbruk på 800 GWh, noe som tilsvarer ca 1 prosent av Norges totale forbruk av elektrisk kraft. Det høye forbruket skyldes at massefremstillingsprosessen i TMP-anleggene er kraftkrevende. 26 prosent av energien som brukes i disse anleggene gjenvinnes som damp og brukes til tørkeprosessen i papirmaskinene. Bedriften produserer også damp i en biobrenselkjel, der de bruker produksjonsavfallet, bark og slam, som brensel. Noe damp produseres også i elektrokjeler og oljekjeler.

Konsekvenser ved avbrudd

Frem til slutten av 90-tallet var bedriften plaget med utfall av TMP-anlegget både på grunn av avbrudd og spenningsdipper. Etter installasjon av egen trafo, har det relativt sjelden oppstått problemer ved utfall av anlegget på grunn av avbrudd eller spenningsforstyrrelser. B7 opplevde sist ett avbrudd på 15 minutter i 2003.

Bedriften bruker i hovedsak elektrisitet til å male opp treffiser til papir i de to papirmaskiner, samt noe til hjelpefunksjoner. Papirmaskinene er avhengig av elektrisitet, noe som betyr at disse stopper opp under et avbrudd. Kostnaden ved et avbrudd er knyttet til kostnaden ved tapt produksjon.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnader som følge av et avbrudd er knyttet til varigheten på avbruddet og tiden det tar fra elektrisiteten er tilbake til produksjonen går som normalt. Oppstartstiden gir også tap av produksjonstimer. For 10 år siden medførte avbrudd og stans som følge av en spenningsdipp driftstans i ett døgn. Til sammenligning tar det i dag mellom 4 og 8 timer å komme tilbake til normal drift for et gjennomsnittstilfelle. Ved noen anledninger kan bedriften ha full drift allerede etter en halv time. Tapt produksjon kan ikke tas igjen, og avvik i elektrisitetforsyningen vil derfor påføre bedriften kostnader i form av tapte inntekter. Bedriften har selv anslått denne kostnaden.

Andre kostnader

Et avbrudd kan også medføre ekstrakostnader på grunn av havari på utstyr, men bedriften har ikke klart å tallfeste denne kostnaden.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er besparelsen anslått til å være omtrent 40 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Dette estimatet er basert på gjennomsnittlig kraftforbruk per time og gjennomsnittlig spotpris. Informant ønsker å understreke at bedriften sparer de variable kostnadene når elektrisitetsforsyningen er borte, men at de fortsatt har de faste kostnadene som må dekkes. Fordi bedriften ikke har klart å tallfeste alle potensielle kostnader ved et avbrudd i elektrisitetsforsyningen, samt at det er usikkert om bedriften bruker ekstra energi i oppstartsfasen, er ikke denne kostnaden inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Bedriften har selv anslått inntektstapet per time produksjonsstopp.

Økonomiske konsekvenser

Bedriftens kostnader ved et avbrudd er i hovedsak knyttet til tapt produksjon både under selve avbruddet og i oppstartsfasen når forsyningen er tilbake. Opptrappingen mot normal produksjon tar normalt mellom 4 og 8 timer, og vi antar derfor at et avbrudd vil gi en lineær opptrappingstid på 6 timer. Dette vil i så fall medføre et produksjonstap på 3 timer.

Bedriftens kostnader som følge av et avbrudd avhenger av antallet timer avbruddet varer, t . Bedriftens kostnadsfunksjon er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd:

$$K_1(t) = 0,3 + 0,1t$$

Samfunnsøkonomisk kostnad

Dersom bedriften ikke kan levere produkter som avtalt, kan dette medføre kostnader for bedriftens kunder.

Varsling

Kostnaden som følge av produksjonstap vil være den samme ved varsling, men kostnaden som følge av skade og slitasje på bedriftens utstyr kan reduseres som følge av varsling.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Dybden på spenningsdippene påvirker de to maskinene ulikt. Så lenge spenningsnivået er over 80 prosent av normalt nivå, vil begge maskinene gå som normalt. Dersom spenningsnivået er mellom 70 og 80 prosent av normalt nivå, kan den ene maskinen falle ut. Faller spenningsnivået til under 70 prosent, vil begge maskinene falle ut.

Spenningsdippene som medfører problemer har normalt en varighet på 300 ms til 400 ms, men også et spenningsnivå på 70-80 prosent og en varighet på 100 ms kan gi helt eller

delvis prosessutfall. Dersom spenningen faller under 70 prosent i 100 ms, vil dette medføre total driftsstans.

Hyppighet

Papirprodusenten opplever problemer som følge av spenningsdipper 2-3 ganger hvert år. Dersom spenningsfallet er stort nok, samt at varigheten er lang nok, vil spenningsdippen medføre driftsstans.

Økonomiske konsekvenser

Kostnaden som følge av en spenningsdipp er gitt ved tiden det tar å starte opp igjen produksjonen. Dersom begge papirmaskinene faller ut som følge av spenningsfallet, vil det i gjennomsnittstilfellet medføre lineær opptapping av produksjonen i 6 timer, noe som gir et produksjonstap på 3 timer.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse – utfall av begge maskinene:

$$K_2(t) = 0,3$$

Dersom én maskin faller ut som følge av en spenningsdipp, vil kostnadene per time i form av tapt produksjon halveres sammenlignet med et tilfelle der begge maskinene faller ut.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse – utfall av én maskin:

$$K_3(t) = 0,15$$

hvor K er kostnad i millioner kroner

I tillegg til inntektstapet, kan bedriften bli påført kostnader som følge av havari på utstyr, men denne kostnaden er ikke tallfestet.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.13 viser B7s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Bedrift 7 påføres kostnader som følge av tapt produksjon, og produksjonstapet er proporsjonalt med effektreduksjonen. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.13 B7s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24	75 %	50 %	0,1	1,3
50 % reduksjon	50 %	24	50 %	50 %	0,2	1,3
Maksimal reduksjon	50 %	-	-	-	-	-

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Kostnaden ved en time produksjonsstopp øker lineært med antall timer stans for avbrudd med varighet opp til 14 dager. Dette betyr at bedriften vil ha det samme inntektstapet per time i en rasjoneringssituasjon opp til 14 dager, som ved et avbrudd. Dersom bedriften må redusere elektrisitetsforbruket i mer enn 14 dager, vil dette åpne for permitteringer, noe som vil redusere kostnaden. Etter en rasjoneringssituasjon der elektrisitetsforbruket reduseres med 50 prosent eller mindre, vil det ta 5 timer å komme i gang igjen med

produksjonen. Ved en ytterligere reduksjon enn 50 prosent vil produksjonsnivået bli 0 prosent, og opptrappingstiden øker til 12 timer.

Tabell V1.14 B7s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	75	5	0	9
50 %	50	5	0	17
30 %	0	12	0	34

BEDRIFT 8 (B8) - TREFOREDLING

Bedrift 8 er en papirprodusent. Bedriften har et årlig energiforbruk på 255 GWh, og er selvforsynt av egen kraftproduksjon.

Konsekvenser ved avbrudd

B8 dekker selv eget kraftforbruk. Bedriften er likevel tilkoblet nettet for å opprettholde balansen i produksjonstankene. I mellom 30 til 40 prosent av tiden har ikke B8 egenforsyning. I tilfeller der bedriften er koblet til nettet, vil produksjonen falle ut ved et avbrudd. Bedriften påføres da en kostnad som følge av tapt produksjon.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnader ved et avbrudd er i stor grad knyttet til tap av produksjon. Bedriftens kostnader avhenger av om avbruddet varer i mer eller mindre enn 6 timer. Et avbrudd med en varighet på mindre enn 6 timer vil gi en lineær opptrappingstid på 12 timer, mens dersom varigheten på avbruddet er mer enn 6 timer, vil oppstartstiden øke til 24 timer.

Bedriften kan ikke ta igjen tapt produksjon. Dette betyr at et avbrudd vil påføre bedriften kostnader i form av tapte salgsinntekter.

Andre kostnader

Et avbrudd kan også påføre bedriften kostnader som følge av havari på utstyr. Bedriften har ikke klart å tallfeste denne kostnaden.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 12 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi dette er en relativt liten kostnadsbesparelse, er denne utelukket fra kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Tapt produksjon kan ikke tas igjen, og bedriften har selv oppgitt hvor mye én times produksjonsstopp koster i form tapte salgsinntekter.

Økonomiske konsekvenser

Et avbrudd med en varighet under 6 timer gir en opptrappingstid på 12 timer, noe som betyr 6 timer produksjon tapt som følge av oppstartsprosessen etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake. Dersom avbruddet varer lenger enn 6 timer, vil den

lineære opptappingstiden øke til ett døgn. Bedriften taper da 12 timer med produksjon som følge av opptappingen mot normalt produksjonsnivå.

Fordi kostnaden ved et avbrudd avhenger av om avbruddets varighet er over eller under 6 timer, vil bedrift 8 ha to ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t. Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 6 timer:

$$K_1(t) = 1,35 + 0,225t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd > 6 timer:

$$K_2(t) = 2,70 + 0,225t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

Dersom bedriften ikke kan levere produkter som avtalt, kan dette medføre kostnader for bedriftens kunder.

Varsling

Dersom bedriften varsles på forhånd, kan den koble seg fra nettet, og problemene vil kunne unngås.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Dersom det skjer noe på nettet som bedriften ikke får beskjed om, vil dette medføre en øyeblikkelig bråstopp.

Dersom bedriften opplever en restspenning under 60 prosent, vil dette medføre tilsvarende oppstartstid som et avbrudd.

Hyppighet

B8 opplyser at produksjonen faller ut i gjennomsnitt én gang hvert år som følge av en spenningsforstyrrelse.

Økonomiske konsekvenser

Bedriften har automatiske systemer som skal isolere dem fra nettet dersom det oppstår spenningsforstyrrelser. Bedriften vil da koble seg fra nettet, og på den måten unngå skader på utstyr. Dersom bedriften ikke får koblet seg fra nettet, vil bedriften påføres kostnader i form av produksjonstap under oppstartsprosessen. Gitt at produksjonsprosessen stopper som følge av en spenningsforstyrrelse, vil den lineære opptappingen medføre 6 timer produksjonstap. Skader på utstyr er ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelse:

$$K_3(t) = 1,35$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

Bedriften takler dårlig lynnedslag, da dette kan medføre kortslutning. Dersom det tar mer enn 6 timer før opptappingen av produksjonen kan settes i gang, vil kostnadsfunksjonen være tilsvarende som ved et avbrudd med varighet over 6 timer.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

I en situasjon med redusert leveringskapasitet kan bedriften koble seg fra nettet. Ved å øke bruken av olje, kan bedriften opprettholde normalt produksjonsnivå.

Konsekvenser ved rasjonering

I en rasjoneringssituasjon kan bedriften koble seg fra nettet, og dermed opprettholde produksjonen. Bedriften blir likevel påført kostnader i en slik situasjon fordi de da må bruke olje som er tre ganger så dyr som elektrisiteten. Ved å anta en oljepris på 7 kr/l, gir dette en pris lik 1,7 kr/kWh nyttiggjort energi. Dersom vi antar at bedriften i løpet av 2 ukers perioden med rasjonering må erstatte 1 GWh ved bruk av olje istedenfor elektrisitet, vil dette påføre bedriften en kostnad på 1,7 millioner kroner.

BEDRIFT 9 (B9) – KJEMISK

Bedrift 9 er en produsent av et produkt som i hovedsak blir brukt i produksjon av papir, enten som fyllstoff eller bestrykning. Produktet brukes også i matvareemballasje, som for eksempel melkekartonger. Bedriften har en kraftintensiv produksjonsprosess, og er sårbar for både avbrudd og spenningsforstyrrelser.

B9 har en årlig produksjon på 3 millioner tonn, og 98,7 prosent av produksjonen eksporteres. Kundene er hovedsakelig store papirprodusenter i Nord og Sentral Europa.

Bedriften har et årlig elektrisitetsforbruk på rundt 485 GWh. Bedriftens gjennomsnittlige effektforbruk er 55 MW.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedriften kostnader vil i hovedsak være knyttet til tap av produksjon, noe som betyr tapte salgsinntekter. B9 vil likevel bli påført ekstrakostnader knyttet til bruk av råvarer og energi i oppstartfasen etter et avbrudd. Årsaken er at oppstartsprosessen medfører vrakproduksjon.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriften har ledig kapasitet på noen deler av prosessen, mens de på andre deler i prosessen er mer eller mindre fullt belastet. I beregningene av bedriftens kostnadsfunksjon antas det derfor at tapt produksjon ikke kan tas igjen.

Bedriftens kostnader som følge av et avbrudd er i stor grad knyttet til om avbruddets varighet er over eller under 10–15 minutter. Et avbrudd med varighet under 10-15 minutter fører til at en del av prosessen blir blokkert med masse slik at et er behov for manuell spyling. Produksjonen kan startes igjen med en gang elektrisiteten er tilbake, og etter 12 timer lineær opptrapping er produksjonen tilbake på normalt nivå. Dersom avbruddet varer i 10 og 15 minutter, må noen av bedriftens anlegg tappes ned for å unngå sedimentasjon i anleggene. Maskinene må tappes ned avhengig av type produkt. Et avbrudd som varer lenger enn 10 – 15 minutter medfører at produktet ikke kan settes i ferdig tank før det har gått 12-18 timer etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake. Det vil så være en tilnærmet lineær opptrapping av produksjonen fra de 12-18 timene til full produksjon etter 2 døgn. I beregning av kostnadsfunksjonen antar vi at oppstartsprosessen blir en annen dersom avbruddet varer i mer enn 15 minutter.

Andre kostnader

Dersom avbruddet blir langvarig, det vil si en varighet over ett døgn, vil dette kunne påføre bedriften ekstra kostnader i form av at frakteskip som ligger til kai ikke kan lastes og at produktleveranser ikke overholdes. Denne potensielle ekstrakostnaden er ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 23 500 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi bedriften blir påført ekstrakostnader både til råvarebruk og energibruk i oppstartsprosessen, er ikke eventuelle besparelser inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Tapt produksjon kan ikke tas igjen, og avvik i elektrisitetsforsyningen vil derfor påføre bedriften kostnader i form av tapte inntekter. Tapte inntekt er beregnet ved årlig omsetning i kroner delt på årlig produksjon i tonn. Dette gir et inntektstap på 458,12 kr per tonn som ikke produseres.

Økonomiske konsekvenser

Et avbrudd med varighet under 15 minutter medfører et produksjonstap på 6 timer, mens et avbrudd som varer i mer enn 15 minutter vil medføre en opptrappingsperiode på 2 døgn inkludert en nedetid i 12-18 timer før produksjonen kan startes. Vi antar at et gjennomsnittstilfelle gir en total produksjonsstopp i 15 timer etterfulgt av en lineær opptrappingstid på 33 timer, noe som gir et produksjonstap på $(15 + 33/2 =) 31,5$ timer.

Fordi kostnaden ved et avbrudd avhenger av om avbruddets varighet er over eller under 15 minutter, vil bedrift 9 ha to ulike kostnadsfunksjoner. Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 15 minutter:

$$K_1(t) = \frac{\frac{3\,056\,000}{8760} \cdot 458,12 \cdot (6+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 0,96 + 0,16t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd > 15 minutter:

$$K_2(t) = \frac{\frac{3\,056\,000}{8760} \cdot 458,12 \cdot (31,5+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 5,03 + 0,16t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

Dersom bedriften blir utsatt for et avbrudd med varighet over ett døgn, vil dette kunne føre til utsatt leveranse av produkter til kunder i Europa. En svært stor andel av bedriftens produksjon eksporteres til Europa via lasteskip. Dersom et avbrudd har en varighet på mer enn 24 timer, vil båter som ligger til kai og venter på last føre til store kostnader for bedriften. Dersom bedriften ikke kan innfri sine leveringsforpliktelser ovenfor kunder, kan dette medføre tap av kunder.

Varsling

Bedriftens kostnader kan reduseres ved varsling. Produksjonen kan da kjøres kontrollert ned, noe som vil minimere vrakproduksjonen. I tillegg har de da mulighet til å hente inn ekstra mannskap i forbindelse med nedkjøring og oppstart.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

En spenningsdipp som varer lenger enn 100 – 150 ms vil påføre bedriften kostnader fordi dette medfører en stopp i produksjonen. Dersom restspenningen er under 40 – 50 prosent i mer enn 150 ms, kobles alle bedriftens store drifter ut. Hensikten med utkoblingen er å berge nettet fra sammenbrudd da bedriftens prosessmaskiner har liten svingemasse, og reakselerasjon av disse vil kunne medføre at vern lenger ut i nettet kobler ut. Så lenge overspenning ikke medfører utkobling av maskiner eller produksjonsanlegg, vil ikke dette være et stort problem for bedriften.

Økonomiske konsekvenser

En spenningsforstyrrelse vil påføre bedriften kostnader dersom dette medfører en stopp i produksjonen. Kostnaden er da en konsekvens av tapte produksjonstimer som følge av opptrappingsprosessen. Nøyaktig hvor mange produksjonstimer bedriften mister som følge av en spenningsforstyrrelse, vil variere fra tilfelle til tilfelle. Dette tapet er blant annet avhengig av hvilke operatører som er på skift, når på døgnet spenningsforstyrrelsen oppstår og hvor lett tilgjengelig servicepersonellet er. Dersom bedriften kan kjøre opp igjen produksjonsprosessen innen 5 - 10 minutter, vil produksjonen som regel være tilbake til normal etter 2 – 3 timer. Ved å anta lineær opptrapping i 2,5 timer, vil dette medføre et produksjonstap på 1,25 timer.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelser:

$$K_1(t) = \frac{\frac{3\,056\,000}{8760} * 458,12 * 1,25}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 0,2$$

hvor K er kostnad i millioner kroner

Kostnadsfunksjonen inkluderer ikke kostnader knyttet til skader på bedriftens utstyr. Dersom produksjonen ikke kommer raskt i gang etter en spenningsforstyrrelse, vil kostnadsfunksjonen sammenfalle med funksjonen for avbrudd. Årsaken til dette er at oppstartstiden da blir betydelig lengre.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

B9 har en del produkt på lager, og de kan derfor kjøre ned lagerbeholdningen tilsvarende et par dagers produksjon. Dette er volum som da må produseres opp igjen senere. I et anstrengt scenario, kan bedriften vente noen uker eller kanskje måneder før dette gjøres. Bedriften har søsterselskaper i Europa, men det er relativt små muligheter for at noen av søstrene kan ta over noen av bedriftens leveringsforpliktelser, da den norske bedriften er mer enn dobbelt så stor som det nest største verket i produksjonsvolum av deres produkt som går til papiindustrien.

Tabell V1.15 viser B9s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.15 B9s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	68 %	68 %	0,7	1,9
50 % reduksjon	50 %	24 timer	40 %	40 %	2,5	4,6
Maksimal reduksjon	30 %	24 timer	-	18 %	-	6,3

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Dersom bedriften må redusere forbruket med 75 prosent i en rasjoneringssituasjon, vil dette medføre et produksjonsnivå på 65-70 prosent i rasjoneringsperioden, i tillegg til et produksjonstap som følge av en opptrappingsperiode på 1-2 døgn. I beregning av kostnaden har vi antatt et produksjonsnivå på 68 prosent og en opptrappingstid på 1,5 døgn. Dersom forbruket må reduseres til 50 prosent, kan 40 prosent av produksjonen opprettholdes og opptrappingstiden blir 2-3 døgn. En ytterligere forbruksreduksjon enn 50 prosent medfører et produksjonsnivå på 0 prosent etterfulgt av en opptrappingstid på 2-3 døgn. En rasjoneringssituasjon kan også føre til at bedriften mister kunder.

Tabell V1.16 B9s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	40	60	0	18
50 %	68	36	0	35
30 %	0	60	0	59

BEDRIFT 10 (B10) - KJEMISK

Bedrift 10 er i hovedsak en produsent av flytende kaustisk soda (lut) og vinylkloridmonomier (VCM). Gass fra Nordsjøen omdannes til plastråvarer i bedriftens anlegg. Prosessen starter i etylenfabrikken, der gassen omdannes til hovedproduktene etylen og propylen.

Etylen, som også kalles eten, er en kjemisk forbindelse med formel C_2H_4 . Fordi den inneholder en dobbeltbinding, kalles den et umettet hydrokarbon eller en olefin. Etylen benyttes for produksjon av en rekke andre kjemiske forbindelser. Av fabrikkens årsproduksjon på 550 000 tonn etylen, blir ca 70 prosent nyttet som råstoff til PVC og Polyetylen i nabofabrikkene. De resterende 30 prosentene av årsproduksjonen kjøles ned til væskeform og eksporteres med båt.

Propylen, som også kalles propen, er en kjemisk forbindelse med formel C_3H_6 . Bedriftens nabofabrikk har en årsproduksjon på ca 80 000 tonn propylen, og hele produksjonen eksporteres i væskeform.

Etylen overføres så til VCM-anlegget hvor den reagerer med klor til VCM. Klor og etylen blandes i en reaktor, noe som fører til at det dannes et mellomprodukt kalt EDC. EDC ckackes så om til hovedproduktet VCM. Bedrift 10 har en årlig produksjon på 520 000 tonn VCM. VCM blir til plastråstoffet polyvinylklorid (PVC). Bedriften har også en PVC-fabrikk, men grunnet en svært kompleks produksjonsprosess, er ikke denne produksjonen inkludert i bedriftens kostnadsfunksjon. Plastråvarene fra bedriftens produksjonsanlegg benyttes i plastbearbeidende industri og inngår i svært mange plastprodukter som preger

vår hverdag. Råvarene benyttes til fremstilling av blant annet matemballasje, medisinske artikler, plastposer, bygningsmaterialer, kabelisolasjon, gulvbelegg og rør.

Bedriften produserer 260 000 tonn klorin hvert år. Lut er et biprodukt fra klorproduksjonen, og selges til kunder både i inn- og utland. Det største bruksområdet er papir/celluloseproduksjon, der lut er et av de viktigste kjemikaliene. Lut benyttes ellers i mange ulike virksomheter som for eksempel smelteverksindustri for fjerning av svovel fra røykgasser, til produksjon av vaskemidler, til rengjøring i næringsmiddelindustri, til kjemisk industri som lim- og malingsproduksjon, til tekstilproduksjon og til pH-regulering i drikkevann- og avløpsanlegg. Bedriften produserer 280 000 tonn lut hvert år.

Ved beregning av kostnadsfunksjonen er det kun sett på konsekvenser for produksjonen av VCM og etylen. Bedrift 11, inklusive fabrikk som produserer polyetylen, har et årlig elektrisitetsforbruk på 1,3 TWh. Dette tilsvarer en last på ca 150 MW.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedriftens produksjon er avhengig av råstoffene Etylen og Klor. Dersom Etylen-fabrikk mister elektrisitetstilførselen, kan ikke bedriftens produksjon av VCM opprettholdes. Kostnadene ved et avbrudd vil i stor grad avhenge av hvilke stadier i prosessen produksjonen er kommet til når avbruddet oppstår. Dersom det ikke oppstår skade på utstyr, vil kostnaden i hovedsak skyldes produksjonstap som følge av tapt produksjon under avbruddet og under opptrappingsprosessen etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake.

Dersom det oppstår skade på utstyr, vil dette øke produksjonstapet betydelig. Bedriften opplevde et avbrudd som følge av lynnedslag i juli 2009 som i praksis varte i 1,2 sekunder, men som medførte en produksjonsstopp i 17-19 minutter. Dette avbruddet førte til store prosessmessige svingninger, noe som førte til at en kompressor ble utkoblet for å hindre skader på kompressoren. Kompressoren spylte inn luft for å kjøle ned en reaktor. Samtidig trippet også dampproduksjonen i en annen fabrikk. Resultatet var altså at flere viktige prosessenheter stoppet samtidig, noe som medførte store skader på bedriftens reaktor. Feilsøking og reparasjonstid medførte at produksjonen stoppet i en måned. Bedriften antar også at avbruddet har redusert levetiden på reaktoren, men denne kostnaden er vanskelig å tallfeste.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bortsett fra følgekostnader ved at andre produksjonsenheter kan stoppe opp, er B10s kostnader i stor grad knyttet til tap av produksjon som følge av svært lang opptrappingstid. Bedriftens kostnader ved et avbrudd avhenger av varigheten på avbruddet. I tilfeller der det ikke oppstår skader, vil avbrudd med varighet under 10 sekunder gi en opptrappingstid på et par døgn, mens avbrudd med varigheter over 10 sekunder vil gi opptrappingstid på én uke. Tapt produksjon kan ikke tas igjen.

Tiden det tar fra elektrisiteten er tilbake, til produksjonen kan settes i gang igjen avhenger av om utstyr blir ødelagt eller ikke. Dersom det oppstår skader som følge av avbruddet, vil dette generere lengre nedetid før produksjonen kan starte igjen. Hvor lang tid dette tar avhenger av følgeskadene. Problemene med å starte opp igjen produksjonen etter et avbrudd er ofte større i frost/vinter perioder enn ellers.

Andre kostnader

Et avbrudd kan også påføre bedriften kostnader som følge av at utstyr må repareres, samt at utstyres levetid vil reduseres. Disse kostnadene er ikke tallfestet av bedriften.

Bedriften opplyser også at den har væske som står under trykk som trenger kjøling. Dersom denne ikke blir kjølt ned, vil brennbar væske bli sluppet ut. Det er ikke veldig sannsynlig at dette vil skje, men det er et "worst case"-scenario.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 63 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi bedriftens det er usikkert om bedriften bruker mer energi i oppstartsfasen, er ikke denne besparelsen inkludert.

Bedriften sparer kostnader knyttet til råvarer under et avbrudd. Dersom avbruddet blir langvarig, må bedriften importere mer råvarer. I så fall kan besparelsen snus til en ekstrakostnad. Det er usikkert hvordan disse kostnadene blir, og den eventuelle besparelsen er derfor ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

For å beregne bedriftens inntektstap per time produksjonsstopp har vi brukt prisen på VCM som publiseres på ICIS pricing. Prisen som gjelder for området Nordvest Europa er lik 4 013,19 kr/tonn, og er sist oppdatert 29. oktober 2010.

B10 har en årlig produksjon på 520 000 tonn VCM, og produksjonen er døgntkontinuerlig.

Økonomiske konsekvenser

Bedriftens kostnader ved et avbrudd avhenger av varigheten på avbruddet. I tilfeller der det ikke oppstår skader, vil avbrudd med varighet under 10 sekunder gir en opptrappingstid på et par døgn, mens avbrudd med varigheter over 10 sekunder vil gi opptrappingstid på én uke. Vi antar at avbrudd med varighet under 10 sekunder i gjennomsnitt gir en opptrappingstid på 1,5 døgn. Dette betyr at et avbrudd under 10 sekunder medfører et produksjonstap på 18 timer som følge av opptrapping av produksjonen, mens produksjonstapet øker til 84 timer som følge av oppstart etter et avbrudd som varer i mer enn 10 sekunder.

Dersom avbruddet medfører skader, kan feilsøking og reparasjonstid medføre produksjonsstopp i flere uker. Nøyaktig hvor lang tid dette tar vil avhenge av omfanget på skadene. Vi har valgt å ta utgangspunkt i bedriftens erfaringer fra sommer 2009 som et "worst-case"-scenario, og antar derfor at et avbrudd i verste fall vil medføre en måneds produksjonsstopp. Vi antar derfor at produksjonstapet som følge av feilsøking, reparasjon og oppstart i verste fall kan generere et produksjonstap på 720 timer.

Fordi kostnaden ved et elektrisitetsavbrudd er avhengig av varigheten på avbruddet, vil bedrift 10 ha tre ulike kostnadsfunksjoner. De to første funksjonene viser bedriftens kostnader uten skade, mens den tredje funksjonen indikerer kostnaden ved "worst-case"-scenarioet som medfører produksjonsstopp i én måned. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t. Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 10 sekunder:

$$K_1(t) = \frac{\frac{520000}{8760} \cdot 4013,19 \cdot 18}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 4,29$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd > 10 sekunder:

$$K_2(t) = \frac{\frac{520000}{8760} * 4013,19 * (84+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 20,01 + 0,24t$$

Kostnadsfunksjon ved "worst-case"-scenario:

$$K_3(t) = \frac{\frac{520000}{8760} * 4013,19 * (720+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_3(t) = 171,52 + 0,24t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

B10 har en svært kompleks produksjonsprosess, der stans i en fabrikk også kan generere stans i andre fabrikker. Årsaken til dette er at den aktuelle delen av anlegget er underleverandør til andre deler av anlegget. I utregningen av bedriftens kostnadsfunksjon har vi valgt å se kun på kostnadene ved stans i VCM-fabrikken. B10 produseres PVC ved en annen lokasjon, og VCM er et råstoff i denne produksjonen. Grunnet noe mellomagring av VCM, vil ikke produksjonen av PVC stanse før etter noen timers avbrudd. Ved langvarige avbrudd vil også denne produksjonen stoppe opp.

Årsaken til at bedriftens kostnader kun er basert på stans i VCM-fabrikken, er at bedriftens produksjonsprosess er svært kompleks, og ved kun å se på én fabrikk unngår man dobbelttelling av bedriftens kostnader. Ulempen er følgelig at den oppgitte kostnadsfunksjonen, særlig for langvarige avbrudd, vil underestimere de faktiske samfunnsøkonomiske kostnadene.

Et utfall av Etylen-fabrikken vil også medføre at et annet selskap, som produserer ammoniakk, ikke vil kunne produsere.

Varsling

Ved varsling kan produksjonen kjøres kontrollert ned. Dette vil fortsatt generere tapt produksjon i opptrappingstiden, men bedriften unngår da ekstrakostnader som følge av skader på utstyr. I tillegg vil dette kunne redusere følgekostnadene for kundene. Bedriften opplyser også at den kan koble om til kun å bruke én av to kraftlinjer. Gitt at mannskapet er på plass, trengs det 15 minutter for å utføre denne omkoblingen.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Bedriften er noe usikker på hvilke dybder som medfører problemer, men hevder at et spenningsnivå på 60 prosent kan medføre utfall av kompressorer.

En spenningsforstyrrelse med en varighet over 150 ms vil føre til utfall av én kompressor. Dette kan ofte føre til at hele fabrikken faller ut. I så fall vil det ta én uke å starte opp igjen produksjonen, i tillegg til at andre fabrikker må trappe ned produksjonen grunnet mangel på råstoff. Dersom varigheten er over 400 ms, vil flere kompressorer falle ut. Dette vil sannsynligvis medføre lengre nedetid. Nedetiden avhenger av følgeskadene.

Økonomiske konsekvenser

Nøyaktig hvor mange produksjonstimer som går tapt som følge av en spenningsforstyrrelse avhenger av hva som stoppes. Så lenge produksjonen av VCM kan opprettholdes, vil en spenningsforstyrrelse gå relativt greit. Dersom etylenfabrikken stoppes, vil dette generere lengre nedetid.

Ved svært kortvarige spenningsforstyrrelser vil kostnaden være som ved et avbrudd med varighet under 10 sekunder:

Kostnadsfunksjon ved svært kortvarige spenningsforstyrrelser:

$$K_1(t) = \frac{\frac{520000}{8760} * 4013,19 * 18}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 4,29$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

Dersom varigheten på spenningsforstyrrelsen er lang nok, vil en eller flere kompressorer falle ut. Selv om kun én kompressor faller ut, kan dette føre til at hele fabrikken faller ut. Dersom hele fabrikken faller ut, vil dette medføre store kostnader for bedriften da det vil ta en uke å starte opp igjen produksjonen. Ved å anta at opptrappingsprosessen er lineær, vil dette medføre et produksjonstap på 84 timer. Gitt at hele fabrikken stopper, men at det ikke oppstår følgeskader, vil bedriftens kostnader i dette tilfellet være gitt ved:

Kostnadsfunksjon ved lengre spenningsforstyrrelser:

$$K_2(t) = \frac{\frac{520000}{8760} * 4013,19 * 84}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 20,01$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner

I tillegg til tap av produksjon, kan en spenningsforstyrrelse medføre eventuelle reparasjonskostnader samt kostnader knyttet til slitasje på anlegget.

Bedriften forteller at overspenning kan medføre havari på utstyr, men at de generelt sett ikke har mye problemer med dette.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.17 viser B10s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som innteksttap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.17 B10s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	50 %	50 %	1,7	4,3
50 % reduksjon	50 %	4 timer	50 %	50 %	1,7	1,9
Maksimal reduksjon	50 %	-	-	-	-	-

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Bedriften har et gjennomsnittlig effektforbruk på 148 MW. Dette inkluderer også nabofabrikkens forbruk. B11 antar at det i en rasjoneringssituasjon er mulig å redusere forbruket med 45 MW uten store konsekvenser, men det vil likevel påføre bedriften en kostnad som følge av at det vil ta en del timer å kjøre produksjonen opp igjen til normalt nivå.

Dersom bedriften reduserer effektforbruket med 45 MW (noe som tilsvarer et kvotenivå på ca 60 prosent), vil dette føre til 50 prosent reduksjon av klorproduksjonen, noe som betyr at bedriften må importere mer EDC. Rasjoneringen medfører et produksjonstap som følge av halvering av produksjonen under selve rasjoneringen og en opptrappingsperiode på 24 timer etter at rasjoneringsperioden er over.

Dersom bedriften skal redusere elektrisitetsforbruket med 50 prosent eller mer i løpet av en 2 ukers periode, vil produksjonsnivået være tilnærmet lik null og opptrappingsperioden øker til 168 timer. Dette øker kostnaden betydelig, og kan potensielt medføre en betydelig reduksjon i andre fabrikkers produksjon grunnet manglende råstoff. I tilfeller der produksjonen av andre produkter påvirkes i stor grad, kan dette medføre markedsproblemer for bedriften.

Dersom anlegget skal stå over lengre tid, er sannsynligheten for at bedriftens utstyr skal bli skadet høyere i perioder med frost.

Tabell V1.18 B10s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	50	24	0	42
60 %	50	24	0	42
50 %	0	168	0	100
30 %	0	168	0	100

BEDRIFT 11 (B11) - METALL

Bedrift 11 er en nikkelprodusent. Prosessen starter med at råstoffet som består av ulike metaller knuses til et fint pulver og transporteres til klorlduting. Metallet skilles så fra hverandre ved hjelp av klor i saltsyre, og fordeles til forskjellige prosessområder for rensing og raffinering.

Nikkelprodusenten har en årlig produksjon på ca 92 000 tonn. B11 har i tillegg en produksjonskapasitet på 39 000 tonn kobber, 5 200 tonn kobolt og 115 000 tonn svovelsyre. Disse produktene er biprodukter ved produksjon av nikkel. Bedriften produserer også edelmetaller.

Det årlige elektrisitetsforbruket er 647 GWh. Dette elektrisitetsforbruket dekker både produksjonen av nikkel og biproduktene. Knusprosessen og oppløsningsprosessen er felles for produksjonen av alle produktene, mens filtreringen skjer i forskjellige delprosesser. 2/3 av elektrisitetsforbruket brukes til utvinning av metallet ved hjelp av elektrolyse.

Fordi man ønsker å skille ut svovel, produserer bedriften svovelsyre av gassen fra rosteprosessen. Omdanning til svovelsyre avgir store mengder energi, og dette blir omgjort til ca 40 GWh i form av varmtvann til fjernvarme.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedriften er avhengig av elektrisitet for å kunne produsere, men fordi produksjonen er basert på en kald prosess ved 60 – 70 °C, vil ikke metallet størkne dersom bedriften mister elektrisitetsforsyningen. Dersom hele prosessen stopper, vil dette generere ca ett døgn med opptrapping. Oppstartstiden er basert på tiden det tar å få knuse- og oppløsningsprosessene opp igjen.

Bedriften produseres flere produkter, men har valgt å fokusere på kostnadene som genereres av ikke levert energi for produksjonen av nikkel og kobber. Både nikkel- og kobberproduksjonen stopper under avbruddet, men kobberproduksjonen er mer utsatt for langvarige problemer. Kobberelektrolysen kan få problemer som følge av et avbrudd fordi det dannes et oksidbelegg på anoden dersom elektrisiteten er borte lenge nok. Ved avbrudd med varighet inntil en halv time, vil hele prosessen mest sannsynlig være tilbake til normalt nivå på ett døgn. Dersom avbruddet har en varighet på over 30 minutter, kan det oppstå problemer for kobberproduksjonen i flere måneder etter avbruddet. Dette vil medføre redusert kvalitet på kobberet, samt driftsproblemer på grunn av ujevn vekst på metallkatodene.

Bedriften produseres for full kapasitet, og har ikke anledning til å ta igjen tapt produksjon.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnader knyttet til et avbrudd er avhengig av varigheten på avbruddet. Årsaken til dette er at det vil ta mye lenger tid før kobberproduksjonen går som normalt dersom elektrisiteten har vært borte i mer enn 30 minutter. Mens et avbrudd med varighet inntil 30 minutter vil medføre en opptrappingstid på ett døgn, vil et avbrudd med varighet over 30 minutter medføre opptrappingstid på 1-2 måneder fordi det dannes et oksidbelegg på anodene i kobberproduksjonen. I tillegg vil langvarige avbrudd gi redusert kobberkvalitet og driftsproblemer på grunn av ujevn vekst på metallkatodene.

Andre kostnader

Et avbrudd med varighet over 30 minutter vil kreve bruk av overtid. Årsaken er at en slik situasjon vil kreve rengjøring, vedlikehold og manuell håndtering av elektrolyseprosessen. Bedriften anslår at det vil bli behov for 10 årsverk ekstra i 1-2 måneder etter avbruddet. For å tallfeste denne kostnaden har vi antatt at det er behov for 10 personer ekstra i halvannen måned. Gjennomsnittlig månedslønn i metallindustrien i 2010 var 37 600. Dersom man antar personene som jobber overtid får et overtidstillegg på 50 prosent, vil overtidskostnaden bli 846 000 kr. Her er det kun direkte lønnskostnader som er inkludert, og ikke bedriftens statlige avgifter. Årsaken til at regnestykket er forenklet, er at det antas at bedriftens reelle kostnader uansett ikke vil være identisk med de estimerte kostnadene.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 30 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Denne besparelsen er relativt liten sammenlignet med bedriftens kostnader, og er derfor ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Nikkelpriisen som er lagt til grunn for å beregne inntektstapet per time med produksjonsstopp er 131 390,60 kr per tonn, mens kobberprisen er 45 426,90 kr per tonn. Prisen er hentet fra SSBs historiske oversikt over spotpriser for ulike metaller, og er gjennomsnittsprisen for 2010. SSBs metallpriser er basert på priser fra London Metal Exchange (LME) og Norges Bank.

Nikkelprodusenten har en årlig produksjon på ca 92 000 tonn.

Økonomiske konsekvenser

Vi antar at opptrappingen av produksjonen etter et avbrudd er tilnærmet lineær, noe som betyr at et avbrudd med varighet lenger enn 30 minutter vil medføre et produksjonstap på 12 timer etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake. Som følge av problemer for

kobberproduksjonen ved avbrudd lenger enn 30 minutter, vil produksjonstapet i dette tilfellet øke til 540 timer som følge av opptrappingen. Produksjonen av nikkel vil være i gang igjen etter ett døgn også ved avbrudd med varighet lenger enn 30 minutter. Produksjonstap under selve avbruddet kommer i tillegg til produksjonstapet som følge av opptrapping mot normalt produksjonsnivå. Tapte produksjon kan ikke tas igjen.

Fordi kostnaden ved et avbrudd avhenger av om avbruddets varighet er over eller under 30 minutter, vil bedrift 11 ha to ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t . Kostnadsfunksjonene gjelder for produksjonen av nikkel og kobber, og er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 30 minutter:

$$K_1(t) = \frac{\frac{92000}{8760} * 131390,60 * (12+t) + \frac{34000}{8760} * 45426,90 * (12+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 18,68 + 1,56t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd > 30 minutter:

$$K_1(t) = \frac{\frac{92000}{8760} * 131390,60 * (12+t) + \frac{34000}{8760} * 45426,90 * (540+t) + 846000}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 112,61 + 1,56t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

For å hindre utslipp av kjemikalier, må bedriften ha noe elektrisitet. Langvarige avbrudd kan derfor få miljøkonsekvenser. B11 har installert et nødstrømsaggregat for å opprettholde noen funksjoner samt nødlys i tilfelle avbrudd.

Varsling

Kostnadene knyttet til produksjonstap vil være de samme ved varsling, men et varslet avbrudd er likevel å foretrekke med tanke på at dette kan redusere omfanget av skader og slitasjer på bedriftens utstyr.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

En spenningsdipp vil kunne føre til at en del utstyr faller ut. Det er også en risiko for at noe utstyr kan bli ødelagt. Bedriften klarer ikke å talfeste disse kostnadene.

Overspenning kan potensielt skade utstyr, men bedriften har installert vern mot dette. Ved hjelp av en kondensator holdes spenningen jevn, og effektfaktoren holdes på ønsket nivå. Bedriften er ikke spesielt plaget med overspenning.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.19 viser B11s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapte produksjon.

Tabell V1.19 B11s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	60 %	60 %	3,6	15,7
50 % reduksjon	50 %	24 timer	23 %	23 %	6,9	30,5
Maksimal reduksjon	40 %	24 timer	-	20 %	-	31,5

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

Bedrift 11 kan redusere effekten fra dagens 80 MW, til 45 MW. Prosessen holdes da i gang, men bedriften får produsert svært lite metall. Årsaken til dette er at den tilgjengelige energien må brukes til å holde knuse- og luteprosessen i gang. B11 har aldri prøvd å stenge knuse- og luteprosessen. Fordi man ikke har kunnskap om hvilke konsekvenser dette medfører, mener bedriften at det er uaktuelt å stenge ned denne prosessen. Omtrent all tilgjengelig elektrisitet vil da brukes til å holde knusing og luting i gang, noe som betyr at elektrisiteten til elektrolyseprosessen må reduseres. Elektrolysen er avhengig av tilførsel av elektrisitet, og en reduksjon i elektrisitetstilførselen til elektrolysen vil medføre en proporsjonal reduksjon i produksjonen.

B11 bruker normalt ca 40 GWh til å produsere damp ved hjelp av en elkjele. Under en rasjoneringssituasjon, vil denne eventuelt kunne gå på olje.

Bedriften kan opprettholde reduksjonen fra 80 MW til 45 MW så lenge de må, men en situasjon med rullerende utkobling der bedriften har elektrisitet bare noen timer hver dag er utenkelig.

Bedriften kan delvis opprettholde fjernvarme salget også under en rasjoneringssituasjon. Hvor mye fjernvarme salget reduseres er vanskelig å si, men bedriften antar en halvering.

Tabell V1.20 B11s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	55	9	0	211
50 %	23	9	0	364
30 %	0	9	0	470

BEDRIFT 12 (B12) - KJEMISK

Bedrift 12 er en silisiumprodusent. Bedriften har 3 smelteovner, og produserer de tre produktene Si92, Si96 og FeSi75.

Silisiumprodusenten har en produksjon på 1 850 tonn per uke, noe som tilsvarer en årlig produksjon på 96 464 tonn.

Det årlige elektrisitetsforbruk er 1 040 GWh. Ovn 1 og 2 har en last på 34 MW, mens ovn 3, som nesten produserer like mye som 1 og 2 til sammen, har en last på 43 MW.

Konsekvenser ved avbrudd

Bedriften har en døgntkontinuerlig produksjon, og er avhengig av elektrisitet for å kunne produsere. Bedriften produserer for full kapasitet, og tapt produksjon kan derfor ikke tas igjen. Bedriftens kostnader ved et avbrudd er i hovedsak knyttet til tapt produksjon både under selve avbruddet og i oppstartsfasen når elektrisitetsforsyningen er tilbake.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Dersom et avbrudd har en varighet under 2,5 timer, kan produksjonen startes med en gang elektrisitetsforsyningen er tilbake, og bedriftens kostnader vil derfor være knyttet til tap av produksjon. Bedriften taper produksjonen i tiden avbruddet varer, samt en at opptrappingsprosessen gir 2 timer tapt produksjon.

En varighet på 2,5 timer er bedriftens kritiske punkt. Årsaken til dette er at et avbrudd som varer i mer enn 2,5 timer vil skape brudd på alle elektroder for alle tre ovnene. Produksjonstapet vil selvfølgelig variere noe fra gang til gang, men erfaring har vist at bedriften i gjennomsnitt taper én ukes produksjon ved avbrudd med varighet over 2,5 timer.

Andre kostnader

Bedriftens tap er stort sett knyttet til tap av produksjon. Dersom bedriftens utstyr blir skadet, vil dette komme i tillegg til kostnaden ved tapt produksjon.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 50 000 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Det er usikkert om bedriftens energiforbruk er høyere i oppstartsfasen etter et avbrudd, og denne besparelsen er derfor ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

For å beregne tapte inntekter per time produksjonsstopp har vi benyttet et dekningsbidrag per tonn. Dekningsbidraget er oppgitt av bedriften, og er oppgitt som x i kostnadsfunksjonen.

Økonomiske konsekvenser

Bedriftens kostnader knyttet til et avbrudd er avhengig av varigheten på avbruddet. B12s kritiske punkt er 2,5 timer. Årsaken til dette er at opptrappingstiden etter at elektrisitetsforsyningen er tilbake øker drastisk når varigheten på avbruddet er lenger enn den kritiske varigheten. Mens opptrappingstiden etter et avbrudd med varighet under 2,5 timer medfører 2 timers tapt produksjon, medfører opptrappingsprosessen etter et avbrudd med varighet over 2,5 timer én uke, eller 168 timer, tapt produksjon.

Fordi kostnaden ved et avbrudd avhenger av om avbruddets varighet er over eller under 2,5 timer, vil bedrift 12 ha to ulike kostnadsfunksjoner. Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd < 2,5 timer:

$$K_1(t) = \frac{\frac{96\,464}{8760} * x * (2+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 0,18 + 0,09t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd > 2,5 timer:

$$K_2(t) = \frac{\frac{96\,464}{8760} * x * (168 + t)}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 14,80 + 0,09t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

Et langvarig avbrudd kan medføre at leveranser ikke kan overholdes, noe som kan gi følgekostnader for bedriftens kunder.

Varsling

Kostnadene knyttet til produksjonstap vil være lite påvirket av varsling, men en kontrollert nedstenging kan redusere kostnaden noe.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Bedrift 12 opplever ikke problemer dersom det oppstår korte spenningsforstyrrelser. Korte avbrudd i elektrisitetsforsyningen, det vil si avbrudd under 3 minutter, har ikke noe å si for bedriftens produksjon.

Spenningsforstyrrelser kan medføre forstyrrelser for produksjonen, men det vil ikke medføre tapte produksjonstimer. Spenningsforstyrrelser i seg selv vil altså ikke skape problemer for bedriften.

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.21 viser B12s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Bedriften kan holde et effektnivå på 50 prosent i inntil 4 timer, men dersom det reduserte effektnivået skal holdes lengre enn 4 timer, må ovner kobles ut. Dette vil øke opptrappingstiden betydelig, noe som øker bedriftens kostnad. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon.

Tabell V1.21 B12s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	75 %	75 %	0,04	2,4
50 % reduksjon	50 %	24 timer	50 %	50 %	0,09	4,8
Maksimal reduksjon	0 %	2 timer	-	0 %	-	0,4

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

I en rasjoneringssituasjon vil bedriften velge å stenge ned én ovn, og redusere elektrisitetsforbruket på de to andre, eller eventuelt stenge ned to ovner. Produksjonen reduseres lineært med reduksjonen i energiforbruket. Dersom én ovn er ute i 14 dager, medfører dette en ukes lineær opptrapping av produksjonen før produksjonen igjen er som normalt. Opptrapping vil være lineær i løpet av uken, noe som betyr at opptrappingstiden etter en rasjoneringsperiode på 14 dager vil medføre et produksjonstap på 3-4 dager. Den aktuelle bedriften har tre ovner med noe ulik størrelse og dermed

elektrisitetsforbruk. Den aktuelle bedriften kan derfor opprettholde et produksjonsnivå på 30 prosent ved et kvotenivå på 30 prosent. Informanten opplyser at dette ikke er tilfellet for alle produsenter av det aktuelle produktet. For eksempel vil ikke en bedrift med to ovner kunne opprettholde noe produksjon ved et kvotenivå på 30 prosent.

Tabell V1.22 B12s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	75	168	0	9
50 %	50	168	0	19
30 %	30	168	0	26

BEDRIFT 13 (B13) - RAFFINERI

Bedrift 13 består av fire hovedenheter. Raffineriet utgjør den største delen av virksomheten, og består av prosessanlegg, lager for råolje og produkter, kaier for utskipning, samt en fyllplass for tankbiler. Hovedproduktene fra raffineriet er petrokok, fyringsolje, diesel, parafin, bensin, nafta og LPG. Produksjonen tilsvarer 120 prosent av det årlige forbruket i Norge. Omtrent halvparten av produktene går til eksport.

Et prosessanlegg er integrert med raffineriet, og fødes med våtgass og kondensat via en rørledning. Produktene som produseres her er LPG (propan og butan), mens tyngre hydrokarboner overføres til raffineriet og går til produksjon av nafta og bensin.

Også et kraftvarmeverk er integrert med raffineriet. Kraftverket har to gassturbiner og en dampturbin. Anlegget fødes med naturgass via en rørledning, samt med overskuddsgass fra raffineriet. Varme i avgassene fra gassturbinene brukes til å varme opp råoljeføde til raffineriet, og til å produsere høytrykksdamp. Dampen leveres til raffineriet og brukes til oppvarming og drift av dampturbiner. Damp fra kraftvarmeverket erstatter damp fra gassfyrte kjeler i raffineriet. Overskudd av damp brukes til å drive dampturbinen internt i kraftvarmeverket. Den elektriske effekten er ca 140 MW, men øker til ca 260 MW i 2020.

Bedriften har en årlig produksjon på nesten 10 millioner tonn per år. B13 har altså en produksjon på ca 1 100 tonn per time, noe som tilsvarer 8 400 fat per time.

Mens det totale effektforbruket i raffineriet er ca 760 MW, er elektrisitetsforbruket ca 55 MW. Det resterende effektforbruket på ca 705 MW er varme fra gassfyring. Gassene som brukes til oppvarming er raffinergass og naturgass. Raffinergassen er et biprodukt fra raffineringprosessen og består hovedsakelig av hydrogen, metan og etan.

Raffineriet står for det meste av bedriftens elektrisitetsforbruk. Mens raffineriet alene brukte 384 GWh, var bedriftens totale elektrisitetsforbruk 464 GWh i 2010.

Konsekvenser ved avbrudd

I industrianleggene brukes elektrisk energi hovedsakelig til motordrifter for pumper og kompressorer. En mindre del går til oppvarming (varmekabler) og belysning. Elektriske motordrifter opprettholder sirkulasjon i prosessanleggene. Sirkulasjon gir temperaturutjevning ved å balansere ut energinivåene i prosessenheter. Ved utfall av elektrisitetsforsyningen stopper de elektriske motordriftene og sirkulasjonen i prosessanleggene stopper. Energibalansen kommer dermed ut av kontroll, noe som gir temperaturstigning og trykkøkning. Prosessanleggene vil da stoppe, og trykket blir avlastet til fakkell.

Utfall av elektrisitetsforsyningen trigger flere sikkerhetsfunksjoner i prosessanleggene som stopp av energitilførsel, trykkavlastning, beskyttelse mot overfylling, beskyttelse mot gassgjennomslag osv. Raske temperaturendringer stresser anlegget og gir ekspansjon av materialer i rør og beholdere. Dette øker risikoen for lekkasjer. Det er ikke unormalt at utfall av elektrisitetsforsyningen gir følgeskader som lekkasjer av olje og/eller gass. I deler av anleggene er det varm olje som vil selvantenne ved lekkasje og kontakt med luft.

Et avbrudd med varighet over 3 sekunder vil medføre stopp av prosessanleggene, noe som medfører tapt produksjon som følge av nedkjøling og opptrappingsprosessen. Hvor mange produksjonstimer bedriften mister avhenger av varigheten på avbruddet.

Kostnader som følge av tapt produksjon

Bedriftens kostnader ved et avbrudd er avhengig av avbruddets varighet. Årsaken til dette er at tiden det tar fra elektrisiteten er tilbake til produksjonen går som normalt, avhenger av hvor lenge bedriften har vært uten elektrisitetstilførsel. Et avbrudd med varighet fra 3 sekunder til 3 minutter medfører en opptrappingstid på 24 timer, mens en varighet mellom 3 minutter og 1 time medfører en opptrappingstid på 36 timer. Dersom avbruddets varighet er over 1 time, vil opptrappingstiden øke til 48 timer. Disse opptrappingstidene forutsetter at det ikke forekommer skader på deler av fabrikkens utstyr. I verste fall kan opptrappingstiden øke til 2 måneder, noe som vil gi en betydelig økning i bedriftens kostnader. Dette er "worst case"-scenarioet.

Andre kostnader

Et avbrudd vil medføre ekstrakostnader knyttet til bruk av overtid. Ved et avbrudd på 3 minutter må bedriften bruke 25 ansatte på overtid, mens det ved et avbrudd på 1 time vil være behov for 40 personer på overtid. Denne kostnaden er ikke inkludert i kostnadsfunksjonen.

Bedriften har også anslått at årlige kostnader knyttet til katalysator og stansavsetninger er 146 millioner kr. Da disse kostnadene ikke påføres bedriften ved hvert enkelt tilfelle, er ikke den kostnaden inkludert i kostnadsfunksjonen.

Sparte kostnader

Bedriften sparer energikostnader under avbruddet. Ved å bruke Nord Pool Spots spotpris for 2010, er denne besparelsen anslått til å være omtrent 22 500 kr per time elektrisitetsforsyningen er borte. Fordi denne besparelsen er relativt liten sammenlignet med bedriftens totale kostnader, er ikke dette inkludert i kostnadsfunksjonen.

Inntektstap

Inntektstapet per time produksjonsstopp er beregnet ved hjelp av en gjennomsnittlig margin oppgitt av bedriften selv. Marginen er oppgitt som x i kostnadsfunksjonen.

B13 har en årlig produksjon på 9 820 000 tonn, og tapt produksjon kan ikke tas igjen.

Økonomiske konsekvenser

Opptrappingstiden avhenger altså av varigheten på avbruddet. Vi antar at bedriftens opptrappingstid er lineær. En varighet mellom 3 sekunder og 3 minutter gir da et produksjonstap på 12 timer, en varighet mellom 3 minutter og 1 time gir et produksjonstap på 18 timer og en varighet på over én time vil gi et produksjonstap på 24 timer. I verste fall kan et avbrudd gi en opptrappingstid på 2 måneder, noe som tilsvarer et produksjonstap på 720 timer. I tillegg kommer produksjonstapet under selve avbruddet.

Fordi kostnaden ved et avbrudd er avhengig av varigheten på avbruddet, vil bedrift 13 ha fire ulike kostnadsfunksjoner. Kostnaden avhenger av antallet timer avbruddet varer, t . Kostnadsfunksjonene er oppgitt i millioner kroner.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 3 sekunder og < 3 minutter:

$$K_1(t) = \frac{\frac{9\,820\,000}{8760} * x * (12+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_1(t) = 2,14 + 0,18t$$

Hvor K er kostnad i millioner kroner og t er antall timer med avbrudd.

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 3 minutter og < 1 time:

$$K_2(t) = \frac{\frac{9\,820\,000}{8760} * x * (18+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_2(t) = 3,21 + 0,18t$$

Kostnadsfunksjon ved avbrudd ≥ 1 time:

$$K_3(t) = \frac{\frac{9\,820\,000}{8760} * x * (24+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_3(t) = 4,28 + 0,18t$$

Kostnadsfunksjon ved "worst case"-scenarioet:

$$K_4(t) = \frac{\frac{9\,820\,000}{8760} * x * (720+t)}{1\,000\,000}$$

$$K_4(t) = 128,40 + 0,18t$$

Samfunnsøkonomiske kostnader

Prosessanlegget som er integrert med raffineriet vil også stoppe under et avbrudd.

Varsling

Kostnadene knyttet til tappt produksjon kan ikke reduseres ved varsling, men en kontrollert stans vil redusere risikoen for lekkasje.

Konsekvenser ved spenningsforstyrrelser

Kritiske nivåer

Dersom spenningen reduseres til 70 prosent, vil pumpene stoppe. Når spenningsnivået er tilbake på 80 prosent, vil de mest kritiske delene av prosessen starte igjen. Spenningsdipp med varighet under 100 ms vil ikke medføre betydelige problemer for bedriften.

Hyppighet

Bedriften antar at den sannsynligvis blir utsett for spenningsdipper med varighet under 100 ms mellom 8 og 15 ganger hvert år. Estimater er basert på statistikk fra 2004 til 2005.

Økonomiske konsekvenser

Dersom spenningsdippen har en varighet mellom 100 ms og 3 sekunder, vil dette medføre 10 timer med opptapping før produksjonen igjen går som normalt. Dette gir et produksjonstap på 5 timer. Fordi produksjonen ikke kan tas igjen, vil de tapte

produksjonstimene medføre et inntektstap. Dersom det oppstår skader på bedriftens utstyr, kommer denne kostnaden i tillegg.

Kostnadsfunksjon ved spenningsforstyrrelser med varighet 0,1 sek – 3 sek:

$$K_5(t) = \frac{9\,820\,000}{1\,000\,000} \cdot x^5$$

$$K_5(t) = 0,89$$

hvor K er kostnad i millioner kroner

Konsekvenser ved redusert leveringskapasitet

Tabell V1.23 viser B13s mulige tilpasning til en situasjon med redusert leveringskapasitet. Kostnadene er beregnet som inntektstap knyttet til tapt produksjon på samme måte som ved avbrudd og spenningsforstyrrelser.

Tabell V1.23 B13s produksjonsnivå, varighet og kostnad som følge av effektreduksjon

	Effektnivå	Maks varighet ¹	Produksjonsnivå		Estimert kostnad (mill kr)	
			2 timer	Maks varighet	2 timer	Maks varighet
25 % reduksjon	75 %	24 timer	60 %	60 %	1,0	2,6
50 % reduksjon	50 %	24 timer	30 %	30 %	2,5	5,2
Maksimal reduksjon	40 %	24 timer	-	20 %	-	6,0

Merknad: 1) Maks varighet angir hvor lenge den aktuelle effektreduksjonen kan holdes i intervallet 2–24 timer.

Konsekvenser ved rasjonering

På grunn av produksjonen i kraftvarmeverket, vil bedriften normalt ha overskudd av elektrisk kraft, og bedriften vil være en positiv bidragsyter til å opprettholde effektbalansen i kraftsystemet. Dersom bedriftens råoljeanlegg ikke er i drift, kan ikke kraftvarmeverket gå. Dersom sirkulasjon av råolje gjennom kraftvarmeverket stopper, kobles kraftvarmeverket automatisk ut. Årsaken til dette er at råoljen vil kokes i varmecoilene, noe som medfører flere uker med stans for rengjøring og vedlikehold. Bedriften selv mener derfor at hurtig utkobling av last til raffineriet vil virke mot sin hensikt.

Dersom bedriften blir nødt å koble ut 50 prosent av maksimal last grunnet lokal kritisk effektbrist, vil dette medføre en stans av varmekraftverket og dermed en forverring av effektbalansen i området. En slik stans vil også gi en ukontrollert stans i raffineriet, noe som vil øke risikoen for lekkasje.

Dersom elektrisitetsforbruket skal reduseres, må bedriften koble ut forsyningen til en plattform. Bedriften har en avtale med plattformen om at plattformen skal redusere sitt effektuttak før raffineriet reduseres. Dersom forsyningen til plattformen kobles ut betyr dette at olje- og gassproduksjonen må stanses. Plattformen må varsles så tidlig som mulig, og minst én time før stans av elektrisitetsleveranse. Dette er viktig for at operatøren skal kunne redusere gjennomstrømmingen av hydrokarboner i prosessanlegget på en kontrollert måte. Dette er viktig for å unngå produksjonsproblemer, samt en tilfredsstillende ivaretagelse av helse-, miljø- og sikkerhetsforhold. Plattformens maksimale last er 22 MW, normal last er 18 MW og minimum last er 7 MW. Ved en last på 7 MW er produksjonen nede, noe som tilsvarer en reduksjon i elektrisitetsforbruket på omtrent 70 prosent. Maksimal utetid er 12 timer. Dersom bedriften må redusere elektrisitetsforbruket ytterligere, må enheter i raffineriet som ikke påvirker kraftproduksjonen stenges.

Tabell V1.24 B13s estimerte kostnad som følge av en situasjon med kvoterasjonering

Gitt kvotenivå	Produksjonsnivå (prosent)	Opptrapping (timer)	Ekstrakostnad (kr)	Estimert kostnad (mill kr)
75 %	60	36	0	25
50 %	30	36	0	44
0 %	0	48	0	64

VEDLEGG 2: NÆRINGSKODER

Tabell V2.26 viser en oversikt over hvilke næringskoder som er dekket av de fire kundegruppene. For kundegruppe kjemisk, er to av næringskodene skrevet i parentes. Bedrifter innen disse næringene var ikke representert blant casebedriftene, men det antas at disse bedriftenes kostnader er best representert ved kundegruppe kjemisk.

Tabell V2.25 Kundegrupper og tilhørende næringskoder

Kundegruppe	Næringskode (SN2007)
Metall	24.42, 24.44, 24.45
Gass og raffineri	6.1, 6.2, 19.2
Treforedling	17.11, 17.12
Kjemisk	20.12, 20.13, 20.14, 20.15 (24.10, 23.51)

VEDLEGG 3: DOKUMENTASJON AV KOSTNADER

Tabell V2.26 viser en sammenligning av resultatene for gitte avbruddstyper, det vil si avbrudd med en gitt varighet, for 2002-undersøkelsen og 2010-undersøkelsen (dette prosjektet). Bedriftene innenfor kraftintensiv industri er delt inn i tre grupper i 2010 undersøkelsen, mens disse bedriftene utgjør én gruppe i 2002. Merk at utvalget fra 2002 også inkluderer bedrifter som ikke er definert som bedrifter med eldrevne produksjonsprosesser, noe som gjør at resultatene ikke er direkte sammenlignbare.

Tabell V2.26 Sammenligning av resultater for gitte avbruddstyper fra 2002 undersøkelsen og 2010 undersøkelsen. Kr/kW (2010-priser)

Avbruddstype	2002 KKI og treforedling	2010 Metall	2010 Gass og raffineri	2010 Treforedling	2010 Kjemisk
Spenningsdipp	6,60	0,30	31,80	24,80	49,80
1 sek	7,20	87,20	53,20	24,80	93,40
1 min	9,60	87,30	53,30	24,90	93,40
3 min	10,70	87,60	53,40	25,10	93,40
1 time	27,80	789,70	56,90	29,20	139,90
4 timer	96,60	1602,30	67,80	42,50	175,80
24 timer	208,10	1753,10	200,10	153,90	209,80

VEDLEGG 4: INTERVJUGUIDE

Innledende spørsmål:

- 1) Årlig elektrisitetsforbruk på, om mulig fordelt på ulike kategorier av forbruk på de to stedene (MW kapasitet)
- 2) Produksjonsprosessen (produksjonsflytkart),
- 3) Avhengigheten av elektrisitets til disse produksjonsprosessene.

HENDESESFORLØP

Hva skjer ved avbrudd?

- 4) Hvordan påvirkes virksomheten ved avbrudd? Ulike konsekvenser for ulike deler av produksjonslinjen? (I den grad det er relevant)
- 5) Hvor lang er oppstartstiden etter et avbrudd før produksjonen er på normalt nivå igjen? Hvordan er opptrappingen etter avbrudd i produksjon? Lineær/jevnt stigende, eller andre forløp?
- 6) Er opptrappingstiden sesongavhengig/ ukedagavhengig/ døgnavhengig?
- 7) Hvordan har lengden på avbruddet betydning? Er det en kritisk grense for at avbruddet får ekstra store konsekvenser?
- 8) Under er forslag til ulike lengder på avbrudd. Dette er for at vi kan få et bilde av hva slags konsekvenser ulike hendelser kan ha for din virksomhet. Kom gjerne med andre kritiske tidsperspektiv som kan gi et bedre bilde av situasjonen av konsekvensene av stans i produksjonen som følge av avbrudd.

200 millisekund - alle maskiner står: Hva skjer? Hvor lang er oppstartstid?

1 sekund - alle maskiner står: Hva skjer? Hvor lang er oppstartstid?

1 minutt - alle maskiner står: Hva skjer? Hvor lang er oppstartstid?

5 minutter - alle maskiner står: Hva skjer? Hvor lang er oppstartstid?

3 timer - alle maskiner står: Hva skjer? Hvor lang er oppstartstid?

24 timer - alle maskiner står: Hva skjer? Hvor lang er oppstartstid?

- 9) Hvilke konsekvenser får avbrudd for administrasjonen (datautstyr, dobbeltarbeid m.m.)?
- 10) Har dere noen erfaringer med konsekvenser og kostnader ved avbrudd?

Hva skjer ved spenningsforstyrrelser?

- 11) Hvordan påvirkes virksomheten ved ulike typer spenningsforstyrrelser?
Kortvarige under- eller overspenninger
Transiente overspenninger
 - 12) Har alle typer spenningsforstyrrelser de samme konsekvensene på produksjonen?
-

- 13) Hvor lang er oppstartstiden etter en spenningsforstyrrelse før produksjonen er på normalt nivå igjen? Hvordan er opptrappingen etter spenningsforstyrrelse i produksjon? Lineær/jevnt stigende, eller andre forløp?
- 14) Er opptrappingstiden sesongavhengig/ukedagavhengig/døgnavhengig?
- 15) Hvordan har størrelsen på spenningsforstyrrelsen betydning? Er det en kritisk grense for at spenningsfall, overharmoniske spenninger etc får ekstra store konsekvenser?
- 16) Hvilke konsekvenser får spenningsforstyrrelser for administrasjonen (datautstyr, dobbeltarbeid m.m.)?
- 17) Kontrollspørsmål mht kompetanse, oversikt og kontroll med spenningskvalitet ved bedriften:

Har dere noen erfaringer med konsekvenser og kostnader ved spenningsforstyrrelser?

Klarer dere å skille mellom et kortvarig avbrudd og ulike typer spenningsforstyrrelser hvis produksjonen stopper opp?

Har dere noen måling/overvåking (instrumenter etc) av spenningsforstyrrelse og/eller avbrudd?

Har dere personell med kompetanse på leveringskvalitet og den norske forskriften om leveringskvalitet?

ØKONOMISKE KONSEKVENSER

Kostnader knyttet til avbrudd eller spenningsforstyrrelser

- 18) Er det mulig å sette opp en kostnadsfunksjon for kostnadsutviklingen ved avbrudd og/eller spenningsfall?

Hva slags kostnader bør inngå i så fall?

Faste kostnader knyttet til avbrudd/spenningsfall?

Variable kostnader knyttet til avbrudd/spenningsfall?

Hva har betydning for kostnadsutviklingen:

- 19) Varighet på avbrudd. Er det et kritisk punkt for kostnadsutviklingen?
 - 20) Tidspunkt på dagen/ukedag/måned/sesong
 - 21) Varslede vs. ikke varslede avbrudd (eventuelt hvor lang varslingstid er nødvendig for å begrense skadene)
 - 22) Oppstartstid/kostnad for å gjenoppta produksjon for både avbrudd og spenningsforstyrrelser?.
 - 23) Varierer kostnaden avhengig av lengden på avbruddet?
 - 24) Hva er kostnadene ved de ulike avbruddslengdene under (ikke direkte krone beløp, men produksjonstap og eventuelle andre kostnader) *[Tidspunktene tilpasses bedriftens svar i hht betydelige endringer i prosessen som følge av endring i varighet]:*

200 millisekund alle maskiner står: Hva koster dette?

1 sekund - alle maskiner står: Hva koster dette?
-

- 1 minutt – alle maskiner står: Hva koster dette?
- 5 minutter - alle maskiner står: Hva koster dette?
- 3 timer –alle maskiner står: Hva koster dette?
- 24 timer - alle maskiner står: Hva koster dette?
- 25) Hvordan er inntjeningen i opptrappingsfasen etter avbrudd/spenningsforstyrrelse? Hvordan ser inntjeningskurven ut? Lineær, gradvis voksende?
- 26) Hvordan påvirker størrelsen og varigheten på spenningsforstyrrelser kostnadene?
- 27) Kostnader for skader på utstyr som følge av avbrudd/spenningsforstyrrelser – redusert levetid, slitasje etc?
- 28) Er det mulig å spare kostnader på innkjøp/bruk av ulike innsatsfaktorer i produksjonen (elektrisitet, annen energi, andre råvarer/utstyr)?
- 29) Mulighet for å sende personalet hjem/lavere lønnskostnader?
- 30) Behov for overtid, økte lønnskostnader?
- 31) Kan avbrudd hos dere gi økte kostnader/ reduserte inntekter i verdikjeden (hos leverandører eller kunder)?
- 32) Kostnader for administrasjonen ved avbrudd/spenningsforstyrrelser?

Inntektstap ved produksjonsstans

- 33) Er det mulig å ta igjen produksjonstap ved avbrudd/spenningsforstyrrelser? Hvordan?
- 34) Hva er inntektsreduksjonen hvis produktet selges på et senere tidspunkt ved avbrudd/spenningsforstyrrelse?
- 35) Betydning av varighet på inntektstapet?
- 36) Merkostnader knyttet til å ta igjen produksjonstap? Hva bestemmer hva merkostnadene blir? (konjunkturrelle svingninger i produktpris, svingninger i graden av ledig kapasitet andre steder som kan settes inn, sesongavhengig ...)
- 37) Hva inngår i nåverditap av ikke å selge produkter i dag?
- 38) Konsekvenser ved ikke å møte leveringsforpliktelser? Bøter, straffekostnader, eventuelle merkostnader (eller besparelser) ved å dekke inn leveringsforpliktelser via spotmarkedet eller lignende?

TILTAK FOR Å REDUSERE AVBRUDD/SPENNINGSFORSTYRRELSE OG/ELLER KONSEKVENSER

- 39) Hvordan kan risikoen for avbrudd/spenningsforstyrrelser reduseres, og hva vil det eventuelt koste? Er noen slike tiltak iverksatt allerede i dag eller er planlagt iverksatt?
 - Tiltak i nettet? Ekstralinje, reservekraftverk?
 - Andre tiltak? Private tiltak/investeringer i bedriften (UPS, nødgenerator, filter etc)?
 - 40) Hvordan kan konsekvensene/kostnadene av avbrudd/spenningsforstyrrelser minimeres?
 - Tiltak i nettet (ny linje eller andre tiltak)?
 - Andre fysiske tiltak? Finnes det tiltak som gjør at man kan sikre seg bedre mot spenningsforstyrrelser? Har dere investert i slikt utstyr, hvorfor/hvorfor ikke?
-

Forsikringsordninger

RASJONERING

- 41) Myndighetene kan innføre rasjonering i anstrengte kraftsituasjoner, såkalt SAKS. Hvordan vil det kunne forløpe for din bedrift mht
- reduert uttak (50 %)
 - rullerende utkobling/kvoterasjonering m.m.
 - Minimum bedriften trenger for å kunne produsere (i %)
- 42) Vil en reduksjon/rasjonering gi en egen kostnadsfunksjon?

TILLEGG

Typer av mulige spenningsforstyrrelser:

Frekvensavvik

Effektivverdi

- Spenningsymmetri (ubalanse)
- Langsomme rms-variasjoner
- Hurtige rms-variasjoner – flimmer
- Spenningsprang
- Kortvarige underspenninger (spenningsdipp)
- Kortvarige overspenninger (eng.: "swell")
- Temporære overspenninger fase-jord

Kurveform

- Transiente overspenninger (impulser)
- Overharmoniske spenninger
- Interharmoniske spenninger
- Signaltransmisjon på kraftnettet

Avbrudd

- Kortvarige avbrudd
 - Langvarige avbrudd
-



ENERGIKADEMIET | EnergiAkademiet tilbyr kurs og konferanser for energibransjen. Vårt mål er å dekke de behov våre medlemmer og bransjen har for faglig oppdatering, erfaringsutveksling og nettverksbygging.

Våre arrangementer dekker hele verdikjeden, samt støtteområdene HR og økonomi. Målgruppen er både nyutdannede og erfarne.

BEDRIFTSTILPASSEDE KURS | Vi fokuserer på brukervennlige kurs og som et ledd i dette tilbyr vi også å holde skreddersydde kurs hos bedriftene.

NETTBUTIKK | I vår nettbutikk har vi en stor portefølje bestående av forskrifter, publikasjoner, normer, guider og håndbøker, tilgjengelig for løssalg og abonnementsordninger.

Les mer om våre tilbud på vår hjemmeside:

www.energinorge.no/energiakademiet