

Auteurs drs. Ineke Steetskamp en dr. Ad van Wijk,
vakgroep Natuurwetenschap en samenleving,
Universiteit Utrecht

STROOMLOOS

Kwetsbaarheid van de samenleving;
gevolgen van verstoringen van
de elektriciteitsvoorziening



Rathenau
instituut



Medefinanciers
Ministerie van VROM
Ministerie van Binnenlandse Zaken
Ministerie van Economische Zaken
Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Energie Ned

Tweede druk, januari 1994

Een studie van het Rathenau Instituut
Projectmanagement Sybren de Hoo en Harriët Böttcher

Voorwoord

Stroomloos

Kwetsbaarheid van de samenleving;
gevolgen van verstoringen van de
elektriciteitsvoorziening

Studie V26

© Rathenau Instituut, Den Haag, 1994

No part of this book may be reproduced in any form,
by print, photoprint, microfilm or any other means
without prior written permission of the holder of the
copyright.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd
en/of openbaar gemaakt door middel van druk,
fotocopie, microfilm of op welke wijze dan ook,
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van
het Rathenau Instituut.

ISBN 90 346 311 76

Vormgeving Marc Suvaal

© *Kaarten; pagina's 215, 223, 231 en 259*

Topografische Dienst, Emmen

Druk Sdu Grafische Projecten

Papier omslag en binnenwerk Bioset, houtvrij,
chloorvrij gebleekt

NOTA – Rathenau Instituut

Deze studie is tot stand gekomen in opdracht van de
Nederlandse Organisatie voor Technologisch
Aspectenonderzoek (NOTA). NOTA heeft echter
sinds juni 1994 een nieuwe naam, Rathenau
Instituut. Aangezien het grootste deel van deze
studie is geschreven toen er nog geen sprake was
van een naamsverandering gebruiken de schrijvers in
de tekst consequent NOTA.

Bestuur Rathenau Instituut per 1 november 1994

prof. W. Zegveld (voorzitter)

prof.dr. J.C.M. van Eijndhoven

prof.dr. J.M. Dirken

drs. M. Epema-Brugman

prof.dr. H. Franken

prof.dr. A. Rip

prof.mr. H.D.C. Roscam Abbing

ir. M. van der Veen

dr. A.D. Wolff-Albers

De elektriciteitsvoorziening in Nederland is zeer
betrouwbaar, betrouwbaarder zelfs dan in vele
andere geïndustrialiseerde landen. Het gevolg
hiervan is dat Nederlanders minder rekening
houden met het uitvallen van die voorziening.
Dit is een voorbeeld van de kwetsbaarheids-
paradox: naarmate een land minder kwetsbaar is
in haar voorzieningen, komt een verstoring van
de productie, distributie en consumptie van die
voorzieningen des te harder aan.

Bij de elektriciteitsvoorziening kan er zelfs
gesproken worden van een dubbele
kwetsbaarheidsparadox: niet alleen de
afgenomen kwetsbaarheid van de voorziening
maar ook de toegenomen afhankelijkheid van
elektriciteit zorgen voor een grotere
maatschappelijke kwetsbaarheid bij een
verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

De elektriciteitsvoorziening lijkt een goed
voorbeeld van de effecten die het toegenomen
gebruik van technologie kan hebben op de
manier waarop de maatschappij met
kwetsbaarheid omgaat. Dit was de reden voor
NOTA om na te gaan of en hoe de Nederlandse
samenleving zich verweert tegen de risico's van
stroomuitval. Hoe groot is de maatschappelijke
veerkracht in zo'n geval en wat is er geregeld?

Inhoud

Deze studie geeft een beeld van de effecten van stroomuitval aan de hand van een aantal recente gevallen in Nederland. Ze geeft ook aan dat de maatschappelijke veerkracht vergroot kan worden door een aantal maatregelen: het vergroten van het risicobewustzijn, aandacht voor snel oplossen van de verstoring, vergroten van veerkracht bij bedrijven en instellingen, verbetering van de bestuurlijke coördinatie, garanderen van mogelijkheden tot communicatie en publieksvoorlichting.

Wij verwachten dat deze studie eraan kan bijdragen het bewustzijn te verhogen van de mogelijke gevolgen van toepassing op grote schaal van technologie, in dit geval de elektriciteitsvoorziening. Het rapport kan ook ondersteuning geven bij het ontwikkelen van concrete maatregelen om de veerkracht van de samenleving te vergroten.

prof.dr. J.C.M. van Eijndhoven
directeur Rathenau Instituut

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 9

- Samenvatting en conclusies 9
- Aanbevelingen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht 22

1 Inleiding 27

- 1.1 Gevolgen nooit eerder in kaart gebracht 27
- 1.2 De elektriciteitsvoorziening 28
- 1.3 Doel en afbakening van het onderzoek 29
- 1.4 Opzet van het rapport 29

2 Kwetsbaarheid van de samenleving voor elektriciteitsverstoringen 31

- 2.1 Maatschappelijke kwetsbaarheid 32
- 2.2 Kwetsbaarheid en technisch infrastructurele systemen 32
- 2.3 Maatschappelijke veerkracht 32
- 2.4 Toenemende kwetsbaarheid? 32
- 2.5 Aantal storingen en verstoringen in Nederland 33
- 2.6 Kans op verstoring en gemiddelde uitvalsduur 34
- 2.7 Ervaringen met verstoringen in Nederland en het buitenland 35
- 2.8 Elektriciteitsverstoring een probleem? 37

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

3 Verstoringsscenario: De opzet	39	8 Conclusies en aanbevelingen	101
3.1 Doel en werkwijze	39	8.1 De kwetsbaarheidsparadox	101
3.2 Sectoren beschouwd in het onderzoek	40	8.2 De kans op een verstoring van de elektriciteitsvoorziening	102
3.3 Driedeling in gevolgen	42	8.3 Gevolgen van verstoringen	103
3.4 Gevolgen van een verstoring: een verstoringsscenario	44	8.4 Grootte en vergroting van maatschappelijke veerkracht	106
4 Verstoringsscenario: maatschappelijke gevolgen	45	8.5 Kwetsbaarheid een paradox?	109
4.1 Bedrijven	45	8.6 Aanbevelingen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht	110
4.2 Instellingen	50		
4.3 Openbare diensten	53	Referenties	115
4.4 Huishoudens	56		
4.5 Conclusies en overzichten	57	Bijlage 1	
5 Verstoringsscenario: invloed op infrastructuurle systemen	65	Leden begeleidingscommissie	117
5.1 Tweeledige invloed	65	Bijlage 2	
5.2 Elektriciteitsvoorziening	67	Storingsanalyse	119
5.3 Drinkwatervoorziening	68	Bijlage 3	
5.4 Waterhuishouding	68	Verstoringen in Europa en de Verenigde Staten	127
5.5 Gasvoorziening	69	Bijlage 4	
5.6 Transport	69	Werkwijze onderzoek	135
5.7 (Tele)communicatie	71	Bijlage 5	
5.8 Afvalverwerking	72	De Achterhoek	169
5.9 Conclusies en overzichten	73	Bijlage 6	
6 Verstoringsscenario: Schade	77	Arnhem	193
6.1 Economische schade	77	Bijlage 7	
6.2 Kosten van niet geleverde elektriciteit	78	Rotterdam	215
6.3 Kosten voor sectoren als functie van de tijdsduur	82	Bijlage 8	
6.4 Milieuschade	85	Edam	223
6.5 Conclusies	86	Bijlage 9	
7 Maatschappelijke veerkracht	89	Bleiswijk	231
7.1 Maatschappelijke veerkracht versus anticipatie	89	Bijlage 10	
7.2 Technische maatregelen	91	Den Haag	239
7.3 Organisatorische maatregelen	92		
7.4 Vergroting van de maatschappelijke veerkracht	98		

1 Samenvatting en conclusies

9

1.1 inleiding

Het overkomt ons allen wel eens; de elektriciteit valt uit. Meestal is de elektriciteit al weer snel terug en gaan we weer over tot de orde van de dag. Toch kan het voorkomen dat de elektriciteit voor langere tijd uitvalt, zelfs in Nederland. Dit is in het verleden gebeurd, maar zal ook in de toekomst nog wel eens plaatsvinden. Een honderd procent zekere levering van elektriciteit is immers niet te realiseren. Bovendien worden we steeds afhankelijker van elektriciteit. Er is bijna niets meer te bedenken waarbij we geen elektriciteit gebruiken. Dit is in huis zo, maar zeker ook in het openbare leven, de instellingen en bedrijven. Het maatschappelijk functioneren is dus kwetsbaar als de elektriciteit uitvalt. Om na te gaan wat we eraan zouden kunnen doen om toch nog redelijk te functioneren tijdens een stroomstoring is het van belang te weten wat de gevolgen zijn van zo'n stroomstoring. Dat nu is het onderwerp van deze studie. Het gaat om de gevolgen van een elektriciteitsuitval en de maatregelen die getroffen zouden kunnen worden om deze gevolgen op te vangen. Maar allereerst gaan we in op de toenemende kwetsbaarheid van de maatschappij en de kwetsbaarheidsparadox.

1.2 de kwetsbaarheidsparadox

De kwetsbaarheid van de maatschappij door ongewenste (technische) storingen, ongewenst menselijk handelen en ongewenste gebeurtenissen zoals (natuur)rampen kan aanleiding zijn voor een ernstige maatschappelijke ontregeling. Technische infrastructurele systemen, zoals de elektriciteitsvoorziening, leveren producten of diensten die belangrijk zijn voor het algemeen maatschappelijk functioneren. De maatschappij is daardoor kwetsbaar voor een verstoring van het functioneren van deze technisch infrastructurele systemen. (Verstoringen zijn die storingen in een technisch infrastructureel systeem die tot maatschappelijke gevolgen leiden.) Het begrip *kwetsbaarheid van de maatschappij* wordt daarom als volgt omschreven 'de gevoeligheid van het maatschappelijk functioneren voor het uitvallen van bepaalde functies'.

In diverse studies wordt gewezen op het feit dat geïndustrialiseerde landen tegelijkertijd met hun technologische ontwikkeling kwetsbaarder zijn geworden voor verstoringen. Dit is gedefinieerd als de *kwetsbaarheidsparadox* en wordt als volgt omschreven: 'Naarmate een land minder kwetsbaar is in haar voorzieningen, komt iedere verstoring van de productie, distributie en consumptie van die voorzieningen des te harder aan'.

Niet alleen de technologische ontwikkeling van de elektriciteitsvoorziening kan tot een toenemende kwetsbaarheid leiden. De technologische ontwikkeling heeft ook geleid, en zal in de toekomst leiden, tot een grotere penetratie van elektrische apparatuur en van elektronische regel-, controle- en besturings-systemen. Hierdoor is er in het geval van de elektriciteitsvoorziening sprake van een *dubbele kwetsbaarheidsparadox*. Zowel de afgenomen

kwetsbaarheid van de elektriciteitsvoorziening als de toegenomen penetratie van elektriciteit zorgen beiden voor een toenemende maatschappelijke kwetsbaarheid bij een verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

Naast deze toegenomen zekerheid van de elektriciteitsvoorziening en de toenemende penetratie van elektrische apparatuur speelt zelfs nog een derde aspect een rol. De toegenomen afhankelijkheid van de andere infrastructurele voorzieningen, zoals de drinkwatervoorziening, de waterhuishouding, de telecommunicatie en transport, van het gebruik van elektriciteit zorgt ervoor dat bij een uitval van de elektriciteitsvoorziening, deze voorzieningen in principe ook verstoord zouden kunnen raken.

Gezien deze grote afhankelijkheid van het gebruik van elektriciteit in de maatschappij is de verwachting dat de maatschappelijke kwetsbaarheid voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening groot is. Toch zijn de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening in Nederland nooit onderzocht. Om na te gaan hoe hierop zowel technisch, organisatorisch als bestuurlijk gereageerd zou kunnen worden (het vergroten van de maatschappelijke veerkracht) is het echter van groot belang om de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening in kaart te brengen. Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening alsmede het formuleren van aanbevelingen om de maatschappelijke veerkracht te vergroten.

1.3 de kans op een verstoring van de elektriciteitsvoorziening

Het elektriciteitsvoorzieningssysteem bestaat uit diverse onderdelen, de brandstofvoorziening, het productiesysteem, het transportsysteem (hoogspanningsnet) en het distributiesysteem

(midden- en laagspanningsnet). In al deze onderdelen kunnen storingen optreden. Toch leiden lang niet alle storingen tot een verstoring van de elektriciteitslevering. De kans op een verstoring als gevolg van een storing in de brandstofvoorziening of het productiesysteem is zeer klein. De meeste verstoringen van de elektriciteitslevering worden veroorzaakt door storingen in het transport- en distributiesysteem. Een storing in het 380 en 220 kV hoogspanningsnet leidt echter zelden tot een verstoring. In het 50-150 kV hoogspanningsnet leiden storingen in ongeveer 30% van de gevallen tot verstoringen. Storingen in het midden- en laagspanningsnet leiden in meer dan 80% van de gevallen tot verstoringen. Deze cijfers zijn een gemiddelde over de afgelopen 10 jaar.

Het aantal storingen dat optreedt is het laagst in de hoogspanningsnetten en het hoogst in de laagspanningsnetten. In het 50-150 kV deel van het hoogspanningsnet zijn in 1992 112 storingen geregistreerd. Voor het middenspanningsnet (3-30 kV) betrof dit in 1992 circa 2300 storingen en voor het laagspanningsnet (0,4 kV) circa 7200 storingen.

De duur van de verstoring en het aantal mensen dat wordt getroffen door een verstoring verschilt van geval tot geval. Er treden per jaar veel verstoringen in een klein gebied op met een korte uitvalduur, met name door storingen in het middenspannings- en laagspanningsnet. Toch treden er zeker ook grote verstoringen op, die veelal het gevolg zijn van een storing in het hoog- of middenspanningsnet. Een tweetal voorbeelden. Op 1 en 2 maart 1987 zorgde ijzelaafzetting op hoogspanningslijnen ervoor, dat de provincies Friesland, Groningen en het noorden van Drenthe gedurende een dag getroffen werden door meerdere stroomstoringen, waarvan sommigen lang duurden. Een storing in het hoogspanningsnet

op 4 januari 1993 zorgde ervoor dat een deel van de Achterhoek ongeveer 8 uur zonder stroom zat.

De betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening wordt echter uitgedrukt in gemiddelde waarden voor de kans dat een verstoring optreedt en een gemiddelde waarde voor de uitvalduur. Hiervoor worden statistieken bijgehouden. De kans dat een laagspanningsverbruiker in 1992 gedurende enige tijd geen elektriciteit geleverd kreeg bedroeg 20,7% (gemiddeld eens in de vijf jaar). Het gemiddeld aantal minuten dat een laagspanningsverbruiker door een verstoring geen elektriciteit geleverd kreeg (jaarlijkse uitvalduur), bedroeg in 1992 16,3 minuten. Deze statistische gegevens betekenen, dat één op de vijf laagspanningsverbruikers gemiddeld 80 minuten per jaar zonder stroom zit.

In vergelijking met het buitenland is de kans op een verstoring in Nederland laag. Zelfs de meeste andere geïndustrialiseerde landen hebben een grotere kans op een verstoring en een hogere gemiddelde jaarlijkse uitvalduur. Tevens is de kans op een verstoring en de jaarlijkse uitvalduur in Nederland de afgelopen decennia sterk gedaald. De elektriciteitslevering is duidelijk minder kwetsbaar geworden. Dit neemt niet weg dat er altijd een kans is dat er een grote, langdurige verstoring van de elektriciteitsvoorziening kan plaatsvinden; een 100% betrouwbare elektriciteitsvoorziening kan immers nooit gerealiseerd worden. Het is daarom zinvol de gevolgen van een langdurige, grote verstoring nader te bekijken en de mogelijkheden voor vergroting van de maatschappelijke veerkracht na te gaan.

Instellingen		0 - 2 uur	2 - 8 uur	8 - 24 uur	24 uur->
ziekenhuis	nsa* verplicht, neemt deel van het vermogen over, kantoorfuncties vallen weg	wegvallen kantoorfuncties wordt hinderlijker	handmatig administratie doen	mogelijk vormt bevoorrading nsa met brandstof een probleem	
bejaarden-/verpleeghuis zonder noodstroomaggregaat	Liften; maaltijdvoorziening; verlichting; pieperinstallatie in huis; elektrische apparatuur op kamers; extra personeel in dienst	maaltijdvoorziening; koeling mortuarium; warmwatervoorziening; noodverlichting stopt, onveilige situatie; in winter geen verwarming	zie ook 2-8 uur; ook problemen met diepvries	situatie wordt onhoudbaar; in verpleeghuis: evacuatie deel patiënten, medische behandelingen stoppen; bevoorrading goederen mogelijk een probleem	
bejaarden-/verpleeghuis met noodstroomaggregaat	alleen problemen met individuele elektrische apparatuur op kamers/afdelingen; deuren gaan automatisch open, mensen kunnen zonder toezicht tehuis in/uit	hulpverlening raakt achter op schema, door verstoorde communicatie wordt voorlichting bemoeilijkt; paniek bij zorgbezoekers	zie ook 2 - 8 uur; ook problemen met diepvries; noodverlichting (op accu's) stopt	mogelijk problemen met brandstofvoorziening nsa en bevoorrading van goederen	
thuiszorg	zorgbehoevende mensen thuis voor rolstoelen, medische apparatuur, elektrische deuren enz. afhankelijk van elektriciteit en voor communicatie afhankelijk van beschikbaarheid (tele)communicatie apparatuur	zie ook 2 - 8 uur, als geen lijst op papier beschikbaar dan onduidelijk wie, waar en wat voor hulp behoort; bederft van medische entstoffen op kantoor	situatie precair, mensen evacueren		* nsa = noodstroomaggregaat

Tabel S1 Gevolgen voor instellingen.

verstoringsscenario voor de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening op te stellen. Het doel van het verstoringsscenario is het geven van een procesbeschrijving van de gevolgen van elektriciteitsuitval naar sectoren, als functie van de duur van de verstoring. De gegevens voor de opstelling van dit scenario zijn afkomstig van een zestal analyses van verstoringen die in Nederland hebben plaatsgevonden (zie kader), een tweetal 'brainstormbijeenkomsten' met betrokkenen uit diverse sectoren en verschillende gebieden en door informatie uit de literatuur. Deze gevolgen zijn geanalyseerd aan de hand van een drietal 'criteria', maatschappelijk, invloed op infrastructurele systemen en schade.

maatschappelijke gevolgen

De maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening zijn sterk afhankelijk van de duur van de verstoring. De gevolgen zijn voor de landbouw, industrie, dienstverlening, instellingen, openbare diensten en huishoudens als functie van de duur van de uitval in afzonderlijke tabellen weergegeven. Ter illustratie is de tabel voor de instellingen (tabel S1) hier opgenomen.

In figuur S1 (blz.14) is een kwalitatieve weergave gegeven van de maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening als functie van de duur van de uitval. Deze figuur laat zien dat direct na een verstoring een groot aantal gevolgen optreden, die echter na 1 tot 2 uur weer afnemen. Naarmate de verstoring langer duurt zullen de gevolgen steeds omvangrijker worden en ongeveer lineair toenemen. Na ongeveer 8 uur zullen de gevolgen exponentieel toenemen. Deze drie delen van de curve zijn als volgt toe te lichten:

- Direct na de verstoring kunnen ernstige gevolgen optreden, zoals verkeersongelukken, ontsnappen van gassen uit industriële processen,

1.4 gevolgen van een verstoring; een verstoringsscenario

De gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening zijn afhankelijk van een aantal karakteristieken van de verstoring. Dit zijn het tijdstip, het seizoen, de tijdsduur, de kenmerken en de omvang van het getroffen gebied. Een zeer belangrijke karakteristiek blijkt de tijdsduur van de verstoring. Daarom is er voor gekozen om een zogenaamd

Zes geanalyseerde verstoringen in Nederland

de Achterhoek

maandag 4 januari 1993 om 18.27 uur met een duur van een half uur tot 7,5 uur, een klein deel 11 uur.

Arnhem

dinsdag 25 augustus 1992 om 8.37 uur met een duur van 53 minuten en 155 minuten (voor een deel)

Rotterdam

vrijdag 16 november 1990 om 13.37 uur met een maximale duur van 4 - 4,5 uur

Edam

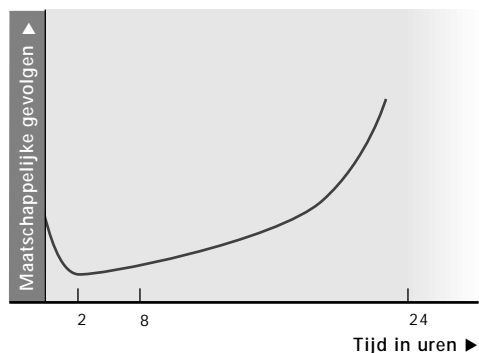
woensdag 3 januari 1990 om 8.30 uur met een duur van minimaal 8 uur tot maximaal 3 dagen

Bleiswijk

woensdag 5 juli 1989 om 19.00 uur met een duur van minimaal 8 uur tot meer dan 30 uur

Den Haag

dinsdag 7 februari 1989 om 16.45 uur met een maximale duur van 1,5 uur



Figuur S1 Een kwalitatieve schets van de maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening als functie van de duur van de verstoring (niet cumulatief).

vastzitten van mensen in liften of metro. Deze directe gevolgen zullen na verloop van tijd afnemen.

- Na ongeveer 2 uur zullen andere langdurige gevolgen steeds meer merkbaar worden. Dit zijn vooral de gevolgen door het niet meer functioneren van apparaten, regelapparatuur en communicatieapparatuur. Bijvoorbeeld geen verwarming omdat de pomp van de centrale verwarmingsketel niet meer werkt, geen water in flatgebouwen omdat de hydrofoorinstallatie niet functioneert, geen kunstlicht, televisie, radio enz., geen verkoop van goederen en diensten omdat kassa's en computers niet meer functioneren, geen doorgang meer kunnen vinden van bedrijvigheid.
- De gevolgen zullen na ongeveer 8 uur meer dan lineair gaan toenemen omdat er grote gevolgen gaan optreden, kippen (zie kader) en varkens gaan dood, hulpverlening bereikt hulpbehoevende mensen thuis niet meer, gekoelde producten bederven, materiaal in leidingen van bedrijven gaat vast zitten, maaltijdvoorziening in bejaardenhuizen kan geen doorgang vinden. Zeker na een langdurige periode zullen deze effecten steeds erger worden, transport komt stil te liggen omdat er niet meer getankt kan worden, de voorraden voor de noodstroomaggregaten raken op,

tunnels lopen onder water, koeien moeten worden drooggelegd.

De pluimveehouderij

In de pluimveehouderij kunnen zich vrij direct na de stroomstoring problemen voordoen doordat de ventilatie in de stal wegvalt. Loslopende dieren (slachtkuikens) gaan boven op elkaar zitten, in de zomer zijn er na een kwartier dan al gauw 10.000 dode dieren op een totaal van 40.000. En bij loslopende dieren kunnen niet de deuren worden opengezet voor ventilatie. Bij legkippen in kooien verloopt het proces van mogelijke sterfte minder snel. Wel raken de kippen van de leg af. Duurt de storing langer dan acht uur dan zal ook hier grote sterfte optreden. Bij overblijvende dieren zal groeistagnatie optreden. In de zomer zijn de problemen groter dan in de winter.

Uit deze weergave van de maatschappelijke gevolgen als functie van de duur van de uitval kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Direct na de uitval van de verstoring treden een aantal gevolgen op die qua aard sterk afhankelijk zijn van een aantal andere karakteristieken dan de duur van de uitval. Vooral het tijdstip en de geografische kenmerken van het gebied zijn hierbij bepalend. Bijvoorbeeld verkeersongelukken zullen zich vooral voordoen indien de stroom uitvalt in de spits in een stedelijk gebied.
- De gevolgen als functie van de duur van de uitval zullen sterk toenemen. Bij een uitval van langer dan 8 uur kan gesproken worden van een rampachtige situatie. Het aantal gevolgen, maar met name ook de ernst van de gevolgen zal sterk toenemen. Er moeten dan ook maatregelen

genomen worden die sterk lijken op de maatregelen die genomen worden in de rampenbestrijding.

- Ernstige maatschappelijke gevolgen zullen na 8 uur vooral optreden bij hulpbehoevenden, bejaarden, gehandicapten en zieken. Deze mensen zijn veelal direct of indirect voor hun functioneren afhankelijk van elektrische apparatuur en voor hun veiligheid afhankelijk van de bereikbaarheid van anderen middels communicatievoorzieningen. Bij langdurige uitval moet, vooral voor deze categorie mensen, gekeken worden hoe de hulpverlening aangepakt moet worden.

invloed op infrastructurele systemen

Het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening heeft gevolgen voor het functioneren van andere infrastructuren, zoals de drinkwatervoorziening, de gasvoorziening, de waterhuishouding, het transport, de telecommunicatie en afval. Deze invloed kan tweeledig zijn. Ten eerste kan het functioneren van de infrastructuur zelf worden beïnvloed. Ten tweede kan de apparatuur die aangesloten is op de infrastructuur en afhankelijk van elektriciteit niet meer functioneren of vindt een (sociale) reactie plaats waardoor het functioneren van de infrastructuur wordt beïnvloed. Tabel S2 geeft een overzicht van de gevolgen van een stroomuitval op het functioneren van de infrastructuur als functie van de duur van de stroomuitval. Daarbij kunnen de volgende gevolgen in de tijd worden onderscheiden.

- Tot 2 uur na de verstoring treden er wel gevolgen op, maar is er in de meeste gevallen geen sprake van dat de infrastructuur zelf verstoord is. Zo werkt de drinkwatervoorziening wel, maar omdat hydrofoorinstallaties in flats niet meer functioneren is er in flats toch geen water. Ook de gasvoorziening functioneert nog

wel, maar omdat de pomp van de centrale verwarmingsinstallatie niet meer functioneert valt toch de verwarming uit. Het telefoonnet blijft functioneren, maar telefooncentrales en faxen vallen uit en er treedt congestie op doordat er veel gebeld wordt. Het transportsysteem vormt een uitzondering want dat raakt in deze periode ook zelf verstoord: metro en tram stoppen, het wegverkeer kan in een verkeerschaos ontaarden.

- In de periode van 2 tot 24 uur verandert de situatie nauwelijks. Het ongemak neemt echter wel sterk toe. Alleen in het geval van de waterhuishouding kan er overstort van rioolwater op het oppervlaktewater plaatsvinden, omdat de bergingscapaciteit van het rioolstelsel vol raakt.
- Naast dat de ongemakken voor derden nog sterker toenemen, kunnen na 24 uur de infrastructuren zelf mogelijk ook de gevolgen merken van de stroomuitval. Bij de diverse infrastructuren zijn voldoende noodstroomvoorzieningen aanwezig. Een probleem kan ontstaan als de brandstoftanks bij de noodstroomaggregaten leeg raken. Ook het transport over de weg zelf komt stil te liggen, omdat er geen brandstof getankt kan worden door uitval van de benzinepompen. In deze situaties zal dan ook brandstof moeten worden aangevoerd van buiten het gebied.

Uit deze analyse van de gevolgen voor de technisch infrastructurele systemen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De meeste infrastructurele systemen zijn in voldoende mate geëquipeerd om de gevolgen van een stroomuitval zeker voor een duur van 24 uur en soms langer, op te kunnen vangen. Alleen in het transport treedt direct een verstoring op omdat trams, metro en treinen niet meer rijden en het tanken van brandstof niet meer mogelijk is, zie kader.
- De verstoringen die optreden zijn veelal niet het gevolg van een verstoring van de

	0 - 2 uur	2 - 24 uur	24 uur en langer
Drinkwater	••	••	••
Waterhuishouding	•	•••	•••
Gas	••	••	••
Transport	•••	•••	•••
Telecommunicatie	••	••	••
Afval	-	-	•••

- Geen invloed op infrastructures, geen gevolgen
• Invloed op infrastructures, geen gevolgen
•• Geen invloed op infrastructures, gevolgen
••• Invloed op infrastructures, gevolgen

Tabel S2 Invloed van het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening op infrastructurele systemen als functie van de duur van de uitval.

infrastructuur, maar van een verstoring van de apparatuur die hierop is aangesloten. en tevens gebruik maakt van elektriciteit.

- Een niet-technisch probleem dat zich voordoet bij de telecommunicatie is congestie. Bij het uitvallen van de stroom gaan mensen bellen, in hoofdzaak naar vrienden of familie, maar ook met 06-11, het elektriciteitsbedrijf en de politie. Om de invloed van dit probleem te minimaliseren, is voor de communicatie tussen vitale diensten onder andere het Nationaal Noodnet aangelegd. Uit ervaringen tot nu toe blijkt, dat een aantal instanties hier (nog) geen gebruik van gemaakt.

Schade

Schade betreft vooral economische schade, naast milieuschade. De economische schade ten gevolge van een uitval van de elektriciteitsvoorziening wordt onderscheiden in omzetverlies, overwerk, materiële schade en het voorzien in een noodstroomvoorziening. De schade die ten gevolge van stroomuitval ontstaat is sterk afhankelijk van de specifieke situatie in een bedrijf, instelling of dienst, van de aanwezigheid van een noodstroomaggregaat en van de duur van de uitval. Er is in de literatuur

Vormen van transporthinder door elektriciteitsuitval

Scheepvaart

- bruggen kunnen niet omhoog
- geen gebruik laad- of losarmen vanaf de wal
- overslagactiviteiten beïnvloed

Wegverkeer

- benzinepompen functioneren niet
- bruggen open
- geen verkeerslichten
- spoorbomen dicht
- geen openbare verlichting
- water in tunnels

Metro/tram

- stoppen, gestrande reizigers

(Trolley)bus

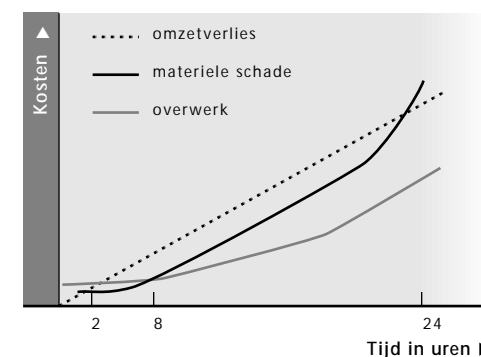
- geen spanning op de bovenleiding
- vertraging of stopzetten dienstregeling

Trein

- geen spanning op de bovenleiding, gestrande reizigers
- spoorbomen naar beneden
- verstoorde dienstregeling

veel aandacht voor dit aspect, het wordt veelal uitgedrukt in kosten per niet geleverde kWh. Ook in dit onderzoek is getracht een beeld te verkrijgen van deze kosten per niet geleverde kWh. De volgende conclusies kunnen hieruit worden gedestilleerd:

- De kosten per niet geleverde kWh voor huishoudens zijn relatief laag (kleiner dan 1 gld/kWh)
- De kosten per niet geleverde kWh voor dienstverlening, instellingen en openbare instanties zijn relatief hoog (gemiddeld 60-70 gld/kWh)
- De kosten per niet geleverde kWh voor industriële bedrijven variëren sterk, maar zijn gelijk of lager dan de bedragen voor de dienstverlening.
- Algemeen blijkt dat de kosten per niet geleverde kWh omgekeerd evenredig zijn met de elektriciteitsintensiteit (kWh/gld, elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde). In andere woorden, hoe hoger het elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde des te lager zijn de kosten per niet geleverde kWh.



Figuur S2 Het verloop van de drie schadeposten (omzetverlies, overwerk en materiële schade) als functie van de duur van de verstoring (cumulatief).

Zoals al is opgemerkt is de schade sterk afhankelijk van de duur van de uitval. De bedragen die hierboven zijn genoemd gelden voor een betrekkelijk korte (minder dan 8 uur) uitval van de stroom. De schade als functie van de duur van de uitval zijn voor de landbouw, industrie, dienstverlening, instellingen, openbare diensten, huishoudens en openbare nutsvoorzieningen in afzonderlijke figuren in het rapport opgenomen. Hier is de schade als functie van de duur van de uitval voor de componenten 'omzetverlies', 'overwerk' en 'materiële schade', geaggregeerd voor de verschillende sectoren, kwalitatief geschetst in figuur S2. De categorie 'voorzien in een noodstroomvoorziening' is niet in de figuur begrepen omdat dat een maatregel is die individuele bedrijven, instellingen of diensten kunnen nemen. Hierdoor zullen voor die individuele actoren de totale kosten afnemen. Geaggregeerd over alle sectoren zullen deze echter nauwelijks bijdragen aan een minder sterk verloop van de kosten voor de andere drie componenten. Uit de analyse kan over het verloop van de kostencomponenten als functie van de tijd, het volgende geconcludeerd worden:

- Omzetverlies bij bedrijven zal evenredig met de duur van de uitval toenemen. Het gaat hierbij immers om het naar huis sturen van personeel en het niet meer kunnen maken van producten. De hoeveelheid niet gewerkte uren of niet geproduceerde goederen zal ruwweg lineair met de tijd toenemen.
- Overwerk is vooral van belang bij de openbare diensten en de instellingen. Bij de openbare diensten en bejaardenhuizen moet men extra personeel inzetten om kruispunten te beveiligen, extra preventieve surveillance, mensen uit liften halen, enz. Bij ziekenhuizen en de thuiszorg, zal na verloop van tijd extra personeel moeten worden ingezet voor extra hulp.
- Materiële schade zal pas na enige tijd gaan ontstaan, door bederf van gekoelde waren,

	0 - 2 uur	2 - 8 uur	8 - 24 uur	24 uur->
politie	<ul style="list-style-type: none"> reageren (alarm)mel-dingen regelen verkeerskrui-singen, spoorwegover-gangen 	<ul style="list-style-type: none"> beheersen route gevaarlijke stoffen preventie-surveillances bevolking informeren 	<ul style="list-style-type: none"> prioriteiten stellen, met verloop van tijdsduur steeds scherper, gericht op: <ul style="list-style-type: none"> handhaven openbare orde verkeersbegeleiding instandhouden (nood)radioverbindingen 	
brandweer	<ul style="list-style-type: none"> mensen uit liften bevrijden reageren brandmel-dingen hulp bij verkeers-ongevallen hulp bij evacuatie grote gebouwen 	<ul style="list-style-type: none"> inzetten noodstroom-aggregaten bevolking informeren rekening houden met incident dat mogelijk tot calamiteit kan uitgroeien 		<ul style="list-style-type: none"> handhaven communicatie handhaven noodstroom-voorzieningen
gemeente	<ul style="list-style-type: none"> op hoogte (laten) stellen 	<ul style="list-style-type: none"> bevolking (laten) informeren 	<ul style="list-style-type: none"> het rampenplan in werking stellen (in overleg) 	
centrale post ambulancevervoer	-normale werkzaamheden, nauwelijks extra maatregelen			
allen	<ul style="list-style-type: none"> coördinatie en daarmee onderlinge communicatie moet geregeld zijn (gebruik Nationaal Noodnet) informeren bevolking 			

Tabel S3 Maatregelen van openbare diensten

maatregelen

Voor de zes verstoringen in Nederland waarvoor de gevolgen in kaart zijn gebracht, zijn tevens de maatregelen geïnventariseerd die zijn genomen om de gevolgen van stroomuitval te kunnen opvangen. Uit deze inventarisatie blijkt het volgende:

- Verbruikers kunnen technische maatregelen treffen door de installatie van noodstroomvoorzieningen zoals no-break sets, aggregaten en accu's/batterijen. Bij ruim de helft van de respondenten anders dan huishoudens, blijkt er geen enkele vorm van noodstroomvoorziening aanwezig te zijn. Bij ongeveer 5% blijkt een no-break set aanwezig, 20% beschikt over een aggregaat en 5% heeft een aggregaat gehuurd. Ongeveer 20% beschikte over een accu/batterij set voor noodstroomvoorziening. Overigens bleek in een klein aantal gevallen de noodstroomvoorziening niet te functioneren.

- No-break sets zijn vooral aanwezig bij een aantal cruciale diensten zoals de centrale post ambulancevervoer en in de telecommunicatie. Vele (kleinere) bedrijven en kantoren, maar ook een aantal bejaardentehuizen, beschikken niet over een noodstroomaggregaat. In vier van de zes verstoringen beschikte de politie niet over een aggregaat.

- Door de getroffen verbruikers wordt een groot scala aan organisatorische maatregelen genomen om de gevolgen van de stroomstoring op te vangen. Deze organisatorische maatregelen zijn zeer divers en specifiek voor het betreffende bedrijf of instelling. Een aantal voorbeelden, extra personeelsinzet in bejaardentehuizen vooral in verband met veiligheid, overgaan op een nooddienstregeling bij openbaar vervoer bedrijven, afsluiten van winkels, beveiliging van winkels/bedrijven organiseren, alternatieve dienstroosters/werkzaamheden invoeren, enz.

- Belangrijk bij een verstoring zijn de openbare instanties. Deze instanties nemen zekere

sterfte van dieren, vastkoeken van leidingen in verschillende bedrijven, droogleggen van koeien, enz. Deze kostenpost zal zeker meer dan lineair toenemen met de duur van de uitval.

Bij een stroomstoring kan ook milieuschade optreden. Er zijn twee aanwijsbare oorzaken voor het ontstaan van milieuschade. Ten eerste doordat zich binnen het systeem van de waterhuishouding, in het rioleringsstelsel, overstort van ongezuiverd afvalwater kan voordoen. Ten tweede kan milieuschade optreden als industriële processen abrupt worden onderbroken. Gebeurt het stopzetten van een proces onverhoopt niet fail safe dan kunnen soms ernstige emissies optreden.

1.5 grootte en vergroting van maatschappelijke veerkracht

De mate waarin een maatschappij in staat is de gevolgen van een verstoring op te vangen zal in belangrijke mate de kwetsbaarheid bepalen. Dit wordt wel omschreven als de maatschappelijke veerkracht en is als volgt te omschrijven 'verlaging van het behoeft patroon in calamiteiten-situaties en mogelijkheden om de normale situatie te herstellen'.

De maatschappelijke kwetsbaarheid is dus geen statisch gegeven, het kan in belangrijke mate worden beïnvloed door de maatschappelijke veerkracht. Vergroting van de maatschappelijke veerkracht kan enerzijds worden bereikt met technische maatregelen zoals de installatie van noodstroomvoorzieningen. Anderzijds kunnen organisatorische maatregelen worden genomen die de maatschappelijke veerkracht vergroten. De maatregelen die getroffen verbruikers, openbare diensten en openbare voorzieningen nemen, zijn als functie van de duur van een verstoring in tabellen weergegeven. Als voorbeeld zijn in tabel S3 de maatregelen van de openbare diensten opgenomen.

organisatorische maatregelen om de algemeen maatschappelijke gevolgen van de verstoring te beperken of mogelijk te voorkomen.

- Uit de analyse van de zes verstoringen bleek de politie het meest actief te zijn op verschillende gebieden, zoals het te woord staan van burgers en bedrijven, reageren op alarmmeldingen, regeling van het verkeer op kruispunten en spoorwegovergangen, informeren van burgers, handhaving openbare orde middels extra surveillance.
- De brandweer blijkt vooral een aantal activiteiten te verrichten in de meer technische sfeer zoals het bevrijden van mensen uit liften en het regelen van noodstroomaggregaten.
- De gemeente blijkt in deze verstoringen slechts een marginale rol te vervullen. Slechts enkele mensen bellen naar de gemeente voor informatie.
- De centrale post ambulancevervoer blijkt in de verstoringen niet veel extra vraag naar hulpverlening te hebben binnengekregen.
- Belangrijk bij de organisatorische maatregelen die de verschillende openbare instanties nemen, is de coördinatie en onderlinge communicatie. Uit de analyse van de zes verstoringen bleek dat deze sterk varieerde per verstoring. In het algemeen bleek er, in deze zes verstoringen die een betrekkelijk korte uitvalduur kenden, weinig sprake van coördinatie tussen de verschillende openbare diensten inclusief het elektriciteitsbedrijf. Terwijl juist het elektriciteitsbedrijf relevante informatie kan verschaffen over de verwachte tijdsduur van de verstoring. Soms was er enig overleg tussen de verschillende diensten binnen één gemeente, maar niet of nauwelijks tussen de gemeenten onderling. In geen enkel geval is gebruik gemaakt van het Nationaal Noodnet.
- Communicatie en voorlichting naar bedrijven en publiek blijkt belangrijk tijdens een stroomstoring. Mensen bellen vooral naar familie en vrienden, daarnaast wordt vooral

geïnformeerd bij de elektriciteitsbedrijven en de politie. Hierdoor kan congestie van het telefoonnet optreden, wat in een aantal van de onderzochte verstoringen is voorgekomen. De voorlichting naar het publiek is in de onderzochte verstoringen ad hoc aangepakt. In vier gevallen is gebruik gemaakt van een regionale zender. In twee gevallen van geluidswagens. Doordat radio en televisie toch in hoofdzaak via het elektriciteitsnet worden gevoed bereikt dit niet alle mensen. In de Achterhoek heeft 56% van de huishoudens geen enkele informatie ontvangen. In Arnhem zelfs 90% niet.

Algemeen kan geconcludeerd worden dat de maatschappelijke veerkracht in geval van een elektriciteitsuitval niet erg groot is. Er zijn onvoldoende technische voorzieningen aanwezig, er is onvoldoende organisatorische voorbereiding en er is onvoldoende geregeld hoe de bestuurlijke coördinatie zou moeten verlopen. Dat deze maatschappelijk veerkracht niet groot is komt mede doordat het risicobewustzijn onder burgers, bedrijven, instellingen en openbare diensten ten aanzien van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening niet erg groot is. Men weet niet wat de gevolgen kunnen zijn en ervaart dit dan ook niet als een bedreigende situatie.

Vergroting van de maatschappelijke veerkracht

Vergroting van de maatschappelijke veerkracht is zeker mogelijk en in een aantal gevallen ook wenselijk. Er zijn vele technische en organisatorische maatregelen denkbaar, die niet kostbaar hoeven te zijn. Uit de analyse van de gevolgen blijkt dat er drie tijdsfasen in de verstoring zijn te onderscheiden, die ieder een iets andere set van maatregelen zullen vergen om het maatschappelijke functioneren zo veel

mogelijk doorgang te kunnen laten vinden. Veel van deze maatregelen zullen echter al, voordat er sprake is van een verstoring, moeten zijn aangelegd (technische maatregelen) of zijn voorbereid (organisatorische maatregelen) willen ze de gevolgen van een verstoring kunnen verminderen. De te nemen maatregelen, die de gevolgen van een verstoring in deze drie verschillende tijdsfasen kunnen verminderen, worden hieronder aangegeven.

In de eerste twee uur na een stroomuitval (de eerste fase) zijn het vooral de technische maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. Er kan immers nooit in organisatorische zin direct gereageerd worden op een onvoorspelbare uitval. Bij deze technische maatregelen, die aanwezig moeten zijn, moet vooral gedacht worden aan:

- No-break sets en/of accu's/batterijen en/of aggregaten voor verkeerslichten, telefooninstallaties, bruggen, alarminstallaties, computers, kassa's, controle- en regelapparatuur, hydrofoorinstallaties, trams en treinen, medische thuisapparatuur, enz.
- Mogelijkheden voor handbediening van liften, bruggen, elektrische deuren, benzinepompen, enz.
- Noodstroomaggregaten bij ondermeer de politie en bejaardentehuizen.
- Fail-safe ontwerp van productieprocessen zodat deze veilig down kunnen gaan.

In deze eerste fase zijn echter ook organisatorische maatregelen van belang. Zo zullen grote gebouwen en warenhuizen geëvacueerd moeten worden, waarvoor een evacuatieplan nodig is. Ook is in deze eerste fase noodzakelijk dat zo snel mogelijk zicht komt op de mogelijke duur van de stroomstoring, dit ter voorbereiding van maatregelen die in de volgende fasen noodzakelijk zijn.

In de periode van 2 tot 8 uur na de stroomuitval (de tweede fase), is het een mix van

organisatorische en technische maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. In deze fase zullen zeker een aantal van de noodstroomvoorzieningen 'uitgeput' raken. Het is daarbij van belang dat vooral de openbare diensten weten welke gevolgen er in hun taakgebied kunnen optreden, hoe men daarop in kan spelen en welke met prioriteit moeten worden behandeld. Het gaat in deze fase ondermeer om de volgende maatregelen:

- Overgang op een alternatief dienstrooster in bedrijven, instellingen en openbare diensten.
- Oproepen van extra personeel vooral bij de openbare diensten en instellingen.
- Het installeren van noodstroomaggregaten bij cruciale diensten, zoals bejaarden/verpleeghuizen, telefoonverbindingen, indien deze niet aanwezig zijn of niet functioneren.

Na 8 uur kan een verstoring van de elektriciteitsvoorziening uitgroeien tot een rampachtige situatie, vooral als de verstoring een groot gebied omvat en er een indicatie is dat het langer dan 24 uur gaat duren. Ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht zijn dan vooral organisatorische en coördinerende maatregelen van belang, die echter al voorbereid, beschreven in een plan, moeten zijn voordat er een stroomstoring optreedt. Het instellen van een coördinatieteam is in deze fase van groot belang. Een aantal maatregelen kunnen dan zijn:

- Het instellen van informatiepunten voor bedrijven, burgers.
- Inrichten van ruimten voor de opvang van mensen in verband met bijvoorbeeld uitval van verwarming.
- Het coördineren van brandstoftoevoer naar noodstroomaggregaten en voor transportdoeleinden.
- Het coördineren van de evacuatie van mensen uit bejaardentehuizen, verzorgingstehuizen, thuiswonende

hulpbehoevenden en ziekenhuizen naar buiten het stroomstoringsgebied.

- Het coördineren van de distributie van ondermeer primaire levensbehoeften.

1.6 kwetsbaarheid een paradox?

Door de technologische ontwikkeling is de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening toegenomen. Het elektriciteitsvoorzienings-systeem kan echter nooit 100% betrouwbaar worden gemaakt, er zal altijd een kans zijn dat een langdurige, grote uitval zal plaatsvinden. De gevolgen van een toch optredende verstoring van de elektriciteitsvoorziening zullen aanzienlijk zijn. Dit wordt omschreven als de kwetsbaarheidsparadox: 'Naarmate een land minder kwetsbaar is in haar voorzieningen, komt iedere verstoring van de produktie, distributie en consumptie van die voorzieningen des te harder aan'. Deze paradox wordt nog eens versterkt door de toenemende penetratie van elektrische apparatuur, controle- en regelsystemen en de toenemende afhankelijkheid van elektriciteit bij de andere infrastructurele voorzieningen.

Uit de analyse naar de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening blijkt dat het maatschappelijk leven in hoge mate wordt ontwricht. Indien een verstoring langer dan 8 uur gaat duren kan gesproken worden over een situatie die vergelijkbaar is met een ramp. De maatschappij is dus kwetsbaar voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

De maatschappelijke veerkracht, de mate waarin een maatschappij in staat is de gevolgen van een verstoring op te vangen, blijkt niet erg groot te zijn. Mensen zijn onvoldoende voorbereid, er zijn onvoldoende technische voorzieningen aangebracht en in organisatorische zin wordt ad-hoc op een stroomuitval gereageerd. Er zijn echter voldoende technische en organisatorische maatregelen aan te geven die

de maatschappelijke veerkracht aanzienlijk zouden kunnen vergroten. De kwetsbaarheidsparadox kan, door het vergroten van deze maatschappelijke veerkracht, zeer zeker doorbroken worden.

2 Aanbevelingen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht bij verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

Wij hebben geconstateerd dat:

- de elektriciteitsvoorziening producten en diensten levert die cruciaal zijn voor het maatschappelijk functioneren;
- de penetratie van elektrische apparatuur in alle facetten van onze samenleving sterk is toegenomen;
- de zekerheid van een onverstoord elektriciteitsvoorziening de afgelopen jaren is toegenomen en daarmee ook het vertrouwen op een onverstoord voorziening;
- de elektriciteitsvoorziening van toenemende betekenis is geworden voor andere infrastructurele systemen, zoals de drinkwatervoorziening, de gasvoorziening, de waterhuishouding, de telecommunicatie en het transport;
- de potentiële gevolgen van verstoring van de elektriciteitsvoorziening de afgelopen jaren aanzienlijk zijn toegenomen, terwijl daarbij minder rekening wordt gehouden met een dergelijke verstoring;

Daarenboven hebben wij geconstateerd dat:

- het systeem van de elektriciteitsvoorziening bestaat uit een groot aantal onderdelen zoals de brandstofvoorziening, het produktiesysteem en het transport- en distributiesysteem. Gesteld kan worden dat deze in internationaal perspectief

gezien uitstekend functioneren, maar elk afzonderlijk, of in combinatie, evenwel aanleiding kunnen geven tot storingen in de elektriciteitsvoorziening;

- het transport- en distributiesysteem in de elektriciteitsvoorziening is omvangrijk (totale lengte ruim 100.000 km), complex en relatief kwetsbaar. Dit transport- en distributiesysteem bestaat uit hoogspanningsnetten (HS-netten van 380 tot 50 kV) en middenspanningsnetten (MS-netten van 50 tot 3 kV) met een transportfunctie, en laagspanningsnetten (LS-netten van 0,4 kV) met een distributiefunctie.
- met name het transport- en distributiesysteem geeft aanleiding tot storingen in de elektriciteitsvoorziening. Statistisch gezien krijgt een LS-verbruiker in Nederland door dergelijke storingen eenmaal in de vijf jaar te maken met een storing die leidt tot een onderbreking (**verstoring**) van de elektriciteitsvoorziening. Nationaal gezien had in 1992 één op de vijf LS-verbruikers ca. 80 minuten geen stroomvoorziening;
- verstoringen van de elektriciteitsvoorziening in een omvangrijk verzorgingsgebied van enkele uren of meer komen incidenteel ook voor (deze studie analyseert er 6);
- verstoringen van de elektriciteitsvoorziening hebben maatschappelijke gevolgen die in aard, ernst en omvang sterk blijken te verschillen. Deze gevolgen blijken vooral afhankelijk te zijn van het tijdstip van de verstoring, het seizoen, de kenmerken (stedelijk, industrieel, landelijk) en de omvang van het getroffen gebied. Er is sprake van maatschappelijke gevolgen waaronder ook gevolgen voor infrastructurele systemen en economische gevolgen (schade);
- verstoringen kunnen ernstige gevolgen hebben, omdat:
 - al direct na een verstoring ernstige gevolgen kunnen optreden (zoals verkeersongelukken, ontsnappen van gassen uit industriële processen, mensen die vastzitten in liften en metro's,...). Deze

directe gevolgen blijken na verloop van tijd weer af te nemen.

- na ongeveer twee uur worden andere gevolgen steeds meer merkbaar. Vooral door het niet meer functioneren van allerlei apparaten, regelapparatuur en communicatie apparatuur (geen centrale verwarming, geen water in flatgebouwen, geen kunstlicht, geen televisie of radio, geen verkoop van goederen en diensten omdat kassa's en computers niet meer functioneren, stilleggen van bedrijvigheid,...). Deze gevolgen blijken "lineair" toe te nemen met de tijdsduur van de elektriciteits-onderbreking.
- na ongeveer acht uur zullen de gevolgen meer dan lineair toenemen (kippen en varkens in de intensieve veehouderij gaan dood, hulpverlening aan hulpbehoevenden komt beneden een acceptabel niveau, gekoelde producten bederven, materiaal in leidingen van bedrijven gaat vastzitten, maaltijdvoorziening in bejaardenhuizen kan geen doorgang vinden,...). Naarmate de tijdsduur langer wordt, worden deze effecten nijpender (transport komt meer stil te liggen omdat niet meer getankt kan worden, noodagregaten functioneren minder of niet meer, tunnels lopen onder water, koeien moeten worden drooggelegd,...)

Deze constatering leiden tot een aantal aanbevelingen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht voor verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

2.1 het vergroten van het risico bewustzijn

Geconstateerd is dat enerzijds de zekerheid van een ongestoorde levering van elektriciteit is toegenomen. Dit heeft geleid tot een vergroting van het vertrouwen in de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening. Anderzijds is echter ook de penetratie van elektrische apparatuur in

de samenleving de laatste jaren sterk toegenomen en is er ook sprake van een toename van de afhankelijkheid van de andere infrastructurele voorzieningen van de levering van elektriciteit. Daardoor is een aanzienlijke vergroting opgetreden in de omvang van de potentiële gevolgen van uitval van de elektriciteitsvoorziening. Omdat deze ontwikkelingen zich geleidelijk hebben voltrokken en gelijktijdig de kans op een onderbreking van de elektriciteitslevering is afgenomen heeft de ontwikkeling van het risicobewustzijn onvoldoende gelijke tred gehouden met de potentiële omvang van de gevolgen.

Om de maatschappelijke veerkracht - de mate waarin de samenleving in staat is de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening op te vangen - te vergroten is het van belang het risicobewustzijn aan te scherpen. Burgers, bedrijven, instellingen en openbare diensten moeten zich meer dan nu het geval is bewust worden van de juiste proporties van de risico's die een eventuele uitval van de elektriciteitsvoorziening voor hun functioneren zou kunnen betekenen. Gebleken is dat genoemde partijen doorgaans een verstoring van de elektriciteitsvoorziening nog niet als een ernstig risico ervaren, terwijl zo'n verstoring direct ernstige gevolgen kan hebben en binnen 8 tot 24 uur kan uitgroeien tot een rampachtige situatie. De overheid en de elektriciteitsvoorzieners hebben een belangrijke taak bij de opbouw van een adequaat risicobewustzijn bij de verschillende maatschappelijke groeperingen. Risicobewustzijn is een eerste voorwaarde om maatregelen te kunnen treffen gericht op het vergroten van de maatschappelijke veerkracht.

2.2 het garanderen van blijvende aandacht voor het snel oplossen van de verstoring

Aangegeven is dat de duur van een verstoring doorgaans bepaalt of deze uit kan groeien tot een rampachtige situatie. Het heeft dan ook de hoogste prioriteit om een eventuele verstoring van de elektriciteitsvoorziening zo snel mogelijk, in een zo groot mogelijk deel van het getroffen verzorgingsgebied, weg te nemen. Het realiseren van een zeer betrouwbare elektriciteitsvoorziening en het snel oplossen van een verstoringssituatie is op dit moment vanzelfsprekend en wordt respectievelijk door de elektriciteitsproductiebedrijven en door de distributiebedrijven goed verzorgd.

Er zijn echter een aantal ontwikkelingen gaande die genoemde vanzelfsprekendheid negatief kunnen beïnvloeden. Te denken valt aan een meer marktgerichte (en op een lagere prijs gerichte) benadering van de nutsbedrijven in samenhang met de ontwikkeling van concurrentie tussen de nutsbedrijven. Ook de ontwikkeling naar een meer Europese markt voor elektriciteit lijkt in dit opzicht relevant omdat deze gepaard zal gaan met een vrijer (grensoverschrijdend) elektriciteitstransport inclusief een mogelijk lagere kwaliteit ten aanzien van de continuïteit van de levering. Het aspect van de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening en het tempo van het oplossen van storingen verdient in het reguliere overleg tussen overheid en nutssector een belangrijker plaats.

2.3 het vergroten van de maatschappelijke veerkracht bij bedrijven en instellingen

Vergroten van de maatschappelijke veerkracht zal mede via een scala van organisatorische en technische maatregelen van individuele

bedrijven en instellingen gestalte moeten krijgen. Gegeven beide voorgaande aanbevelingen ligt het allereerst voor de hand dat bedrijven en instellingen meer dan in het verleden het geval was aandacht gaan besteden aan de gevolgen van verstoring van de elektriciteitsvoorziening. In de eerste plaats kunnen bedrijven en instellingen zich richten op het garanderen van een zo adequaat mogelijk niveau van het eigen functioneren. Zo kunnen bedrijven zorgdragen voor bedrijfsnoodplannen en meer fail-safe ontwerpen van productieprocessen. Instellingen kunnen, mogelijk in samenwerking met brandweer en/of politie, een plan van aanpak opstellen. Sector organisaties in de landbouw of dienstverlening zouden hun leden kunnen voorlichten over potentiële gevolgen en mogelijkheden van te nemen maatregelen. Zij kunnen ook verder gaan en meer specifieke adviezen geven en implementatie bevorderen.

Het onderzoek onderstreept het belang dat bedrijven fail-safe gestopt kunnen worden en zonodig stroomvoorzieningen aanbrengen. De neerslag daarvan in de vergunning (incl. de eis van beproeving van deze voorzieningen), alsmede de handhaving door gemeente of provincie, in essentieel. Zorgverlenende instanties (ziekenhuizen, bejaardenhuizen, verpleegtehuizen en de thuiszorg) waarvan hulpbehoevende mensen afhankelijk zijn, wordt aanbevolen zich technisch en organisatorisch voor te bereiden op elektriciteitsuitval.

2.4 verbetering van de bestuurlijke coördinatie

Ook op bestuurlijk niveau wordt een verstoring van de elektriciteitsvoorziening niet direct gezien als een (potentieel) ernstige situatie. Bij een verstoring blijkt dan ook dat er door de diverse diensten veelal op ad-hoc basis en weinig gecoördineerd wordt gereageerd. Van essentieel

belang voor een adequate reactie is het verkrijgen van een goed inzicht in de geschatte duur en de omvang van de verstoring. Bij een stroomstoring van korter dan 8 uur moeten de verschillende diensten (politie, brandweer, gemeentelijke diensten en de nutsbedrijven) terdege zijn voorbereid, weten wat hun takenpakket is en welke prioriteiten gesteld moeten worden. Zoals is aangegeven kan een verstoring van de elektriciteitsvoorziening bij een duur van 8 uur of meer zelfs uitgroeien tot een rampachtige situatie, zeker als de verstoring een groot gebied omvat. In zo'n situatie wordt bestuurlijke coördinatie van groot belang, ondermeer voor het evacueren van mensen, organiseren van de brandstofvoorziening en de voedselvoorziening.

Het verdient aanbeveling dat op gemeentelijk en regionaal bestuurlijk niveau een plan van aanpak voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening wordt opgesteld. In een dergelijk plan worden de taken, verantwoordelijkheden en coördinatie beschreven. In het plan moet worden uitgegaan van een geleidelijke opschaling van de bestuurlijke coördinatie naarmate de duur van de verstoring en de omvang van het getroffen gebied groter blijken te zijn. Het opstellen van een dergelijk plan is de taak van het openbaar bestuur. Er licht hier een relatie met het rampenplan.

2.5 garanderen van mogelijkheden tot communicatie

Bij rampenplannen lijkt vaak de premisse te zijn dat de elektriciteitsvoorziening blijft functioneren: "ramen en deuren gesloten houden, binnen blijven en televisie en/of radio aanzetten" wordt bij een (gelijktijdige) verstoring van de elektriciteitsvoorziening een minder zinvol advies en leidt mede tot verdere verstoring van de (tele)communicatie. De verstoring van de (tele)communicatie is daarbij

niet een gevolg van een verstoring van de infrastructuur maar wordt veroorzaakt door verstoring van de daarop aangesloten apparatuur (radio, tv, telefooninstallatie, fax) en door congestie in het telefoonnet. Congestie in het telefoonnet is niet specifiek voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening, het treedt ook op bij andere grote verstoringen en rampen. De verstoring van de (tele)communicatie kan ondermeer het verhelpen van de verstoring van de elektriciteitsvoorziening en de onderlinge communicatie tussen diverse diensten op een nadelige wijze beïnvloeden.

Vanuit dit perspectief bezien is het door openbare diensten en nutsbedrijven gebruik maken van het Nationaal Noodnet aan te bevelen zodat ongestoord de spoedeisende communicatie kan worden afgewikkeld. Het verdient aanbeveling de betrokken diensten, die nog niet zijn aangesloten, op dit Noodnet aan te sluiten en alle over het adequaat gebruik ervan te instrueren. Ook in het oproepen van extra personeel dient bij een gestoorde (tele)communicatie goed voorzien te zijn. Dit laatste geldt mutatis mutandis ook voor zorgverlenende instanties.

2.6 publieksvoorlichting

Bij verstoring van de elektriciteitsvoorziening is de noodzakelijke publieksvoorlichting via radio (met uitzondering van batterij-voeding) en tv door mogelijke uitval van kabelsignaal en zendmasten niet mogelijk. De rampenvoorlichting lijkt hiermee onvoldoende rekening te houden. Voor het oplossen van dit probleem dienen nieuwe wegen gezocht en gevonden te worden. De overheid heeft hier een centrale en coördinerende rol.

2.7 nader onderzoek

De conclusies van dit onderzoek geven aanleiding tot het opzetten en uitvoeren van onderzoek naar de kwetsbaarheid van andere infrastructurale systemen. Verstoring van de gasvoorziening zou eveneens op basis van case studies analyse verdienen.

Inleiding 1

1.1 Gevolgen nooit eerder in kaart gebracht

De kwetsbaarheid van de maatschappij door ongewenste (technische) storingen, ongewenst menselijk handelen en ongewenste gebeurtenissen zoals (natuur)rampen kan aanleiding zijn voor een ernstige maatschappelijke ontregeling. Technisch infrastructurale systemen leveren producten of diensten die belangrijk zijn voor het algemeen maatschappelijk functioneren. Veelal zijn daarvoor meerdere systemen tegelijk, in onderlinge wisselwerking, nodig. Naast het technisch infrastructuurle systeem van de elektriciteitsvoorziening kan daarbij gedacht worden aan telecommunicatie, gasvoorziening, drinkwatervoorziening, afvalverwerking, waterhuishouding en transport. Omdat de infrastructurale systemen ten dienste staan van het algemeen maatschappelijk functioneren is de maatschappij kwetsbaar voor een verstoring van het functioneren van deze technisch infrastructurale systemen. De mate van kwetsbaarheid van de maatschappij is echter een moeilijk te definiëren grootte. Bovendien is weinig bekend over de gevolgen van verstoringen van technisch infrastructurale systemen. Ten aanzien van een verstoring van

de elektriciteitsvoorziening is in Nederland zelfs nooit een studie verricht.

Verscheidene departementen houden zich bezig met de kwetsbaarheid van de maatschappij door ongewenste (technische) storingen, ongewenst menselijk handelen en ongewenste gebeurtenissen zoals (natuur)rampen. In opdracht van een aantal ministeries is in het verleden door de Stichting Samenwerkende Instellingen ten behoeve van Beleidsanalytische Studies (SIBAS, 1987) een probleemverkenkend onderzoek naar de kwetsbaarheid van technisch infrastructurele systemen in Nederland uitgevoerd. Hieruit bleek dat met name de energievoorziening zich kenmerkt door interdependentie met andere technisch infrastructurele systemen en door maatschappelijke afhankelijkheid. De studie leidde tot de aanbeveling vervolgonderzoek uit te voeren naar maatschappelijke gevolgen van verstoringen in de elektriciteitsvoorziening. De rapportage daarvan ligt voor u. Het onderzoek is uitgevoerd door de vakgroep Natuurwetenschap en Samenleving van de Universiteit Utrecht. Opdrachtgever is de Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspectenonderzoek (NOTA), medefinanciers zijn EnergieNed (Vereniging van Energiedistributiebedrijven in Nederland) en de ministeries van Binnenlandse Zaken, Economische Zaken, Verkeer en Waterstaat en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. In bijlage 1 staan de leden van de begeleidingscommissie vermeld.

1.2 De elektriciteitsvoorziening

Het technisch infrastructurele systeem van de elektriciteitsvoorziening levert elektriciteit van een bepaalde (technische) kwaliteit. In de Sibas-studie zijn de systeemgrenzen van het 'technisch infrastructurele systeem van de elektriciteitsvoorziening' als volgt afgebakend: de brandstofvoorziening (de aanvoer), het productiesysteem (productie en de koel- en ketelwatervoorziening), het transport- en

distributiesysteem en de gebruikstoestellen (SIBAS, 1987, pp.10,11). In Steetskamp en van Wijk (1992, p. 70) wordt nader op deze systeemgrenzen ingegaan.

Verstoringen zijn die storingen in het systeem van de elektriciteitsvoorziening die tot (maatschappelijke) gevolgen leiden. Storingen kunnen zich in elk van de hierboven beschreven onderdelen van het systeem voordoen. Storingen in gebruikstoestellen zijn in deze studie van verder onderzoek uitgesloten omdat alleen de gebruiker van het toestel hinder ondervindt en er daarom niet van maatschappelijke gevolgen kan worden gesproken.

Een storing leidt niet noodzakelijkerwijs tot een verstoring. Verstoringen worden onder andere voorkomen doordat zich reserves in het systeem bevinden of omdat in het hoogspanningsnet ringstructuren zijn ingebouwd. Het aantal verstoringen dat zich desondanks voordoet zou kunnen worden verminderd door diverse technische maatregelen zoals nog meer reserves in het systeem inbouwen. Dit heeft echter aanzienlijke financiële consequenties. Een betrouwbaarheid van 100% is onmogelijk. Verstoringen zullen zich blijven voordoen, altijd is er een kans dat deze een grote omvang kennen en/of langere tijd duren. In de afgelopen vijftien jaar hebben zich een aantal van dergelijke verstoringen van de elektriciteitsvoorziening voorgedaan in Nederland. Recentelijk, op 4 januari 1993 viel in de Achterhoek de stroom weg. Een deel van het gebied zat acht uur zonder stroom. Op 1 en 2 maart 1987 zorgde ijzelafzetting op de hoogspanningslijnen ervoor dat delen van Friesland, Groningen en Drenthe beurtelings van elektriciteitslevering waren verstoken. Veendam en omgeving ondervond als gevolg hiervan tot dagen na de ijzelregen hinder. Een zelfde verschijnsel van ijzelregen met vergelijkbare

gevolgen had zich in 1979 ook al voorgedaan in het Noorden van het land. Als gevolg van een storing in Rotterdam viel op 16 november 1990 de stroom uit in Rotterdam-west, Schiedam en Vlaardingen, met grote gevolgen voor het verkeer en het bedrijfsleven. Een vergelijkbare verstoring deed zich ook voor op 5 september 1979.

1.3 Doel en afbakening van het onderzoek

Deze studie heeft tot doel het in kaart brengen van de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening, alsmede het formuleren van aanbevelingen om de maatschappelijke veerkracht te vergroten. Om nader inzicht te verkrijgen in de gevolgen heeft een beschrijving plaatsgevonden van de gevolgen van elektriciteitsuitval als functie van de tijdsduur: het verstoringsscenario (geen toekomstvoorspelling). De gevolgen zijn ingedeeld naar 'maatschappelijk', 'invloed op infrastructurele systemen' en 'schade'. Voor mogelijke gevolgen is gekeken naar de beschikbare informatie in literatuur en zijn tevens de gevolgen van een zestal verstoringen, van de elektriciteitsvoorziening in Nederland, nader verkend. Verder is een tweetal bijeenkomsten gehouden met vertegenwoordigers van diverse sectoren waarin gevolgen door de tijd heen centraal stonden. Tot slot zijn maatregelen geïnventariseerd die getroffen verbruikers en openbare instanties (kunnen) nemen. Het accent bij de studie ligt op informatie uit de praktijk.

Uitgangspunt van de studie is, dat de elektriciteitsvoorziening verstoord raakt en dat tot maatschappelijke gevolgen leidt. Uitval van de elektriciteitsvoorziening kan door een drietal factoren worden veroorzaakt; technisch falen, menselijk falen of handelen (bewust dan wel onbewust) en natuurlijke oorzaken. Soms treden deze factoren in combinatie op. De oorzaken van verstoringen worden genoemd, maar daar

wordt niet verder op ingegaan. De nadruk ligt op de gevolgen van verstoringen.

Doet elektriciteitsuitval zich voor tijdens een ramp dan treden gevolgen op waarvan moeilijk te onderscheiden zal zijn of ze optreden door de ramp of de daarmee gepaard gaande elektriciteitsuitval. In dit onderzoek staat de uitval van de elektriciteitsvoorziening voorop. De combinatie met een ramp wordt niet beschouwd. Dit wil niet zeggen dat een verstoring niet kan uitgroeien tot een rampachtige situatie of aanleiding geeft tot een ramp.

1.4 Opzet van het rapport

In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek naar de kwetsbaarheid van de samenleving voor verstoring van de elektriciteitsvoorziening. Van het onderzoek is tussentijds verslag gedaan in een werkdocument van NOTA (Steetskamp en van Wijk, 1992). Dit rapport kan echter zelfstandig worden gelezen; de resultaten van de voorfase zijn hierin geïntegreerd.

In hoofdstuk 2 is allereerst getracht het begrip kwetsbaarheid van de samenleving in relatie tot een verstoring in de elektriciteitsvoorziening nader uit te werken aan de hand van literatuur. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk apart ingegaan op storingen en verstoringen in de elektriciteitsvoorziening, zowel in Nederland als in het buitenland. Hoofdstuk 3 behandelt de wijze waarop het verstoringsscenario tot stand is gekomen, welke sectoren in het onderzoek beschouwd zijn en hoe het verstoringsscenario naar de driedeling 'maatschappelijk', 'invloed op infrastructurele systemen' en 'schade' is vormgegeven. In hoofdstuk 4 komt het eerste onderdeel van het verstoringsscenario aan bod; de maatschappelijke gevolgen als functie van de tijdsduur. Een stroomstoring heeft maatschappelijke gevolgen voor verschillende

sectoren: bedrijven, instellingen, openbare diensten en huishoudens. Een tweede onderdeel van het verstoringsscenario betreft de invloed van het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening op (andere) infrastructurele systemen. In hoofdstuk 5 wordt daar dieper op ingegaan. Hoofdstuk 6 behandelt het derde onderdeel van het verstoringsscenario: schade. Schade doet zich voornamelijk voor als economische schade. De resultaten uit de analyse van de zes onderzochte Nederlandse verstoringen en het verloop van de kosten komen aan de orde. Naast economische schade komt in dit hoofdstuk ook milieuschade aan bod. Hoofdstuk 7 gaat in op de maatregelen die verbruikers en openbare instanties kunnen nemen om de gevolgen van een verstoring op te vangen. Hoe hierop technisch, organisatorisch en bestuurlijk gereageerd wordt, bepaalt de grootte van de maatschappelijke veerkracht. Tot slot wordt in hoofdstuk 8 op de conclusies en aanbevelingen ingegaan.

Bij dit rapport is een aantal bijlagen gevoegd, waarin diverse aspecten meer in detail worden besproken. In bijlage 1 staan de leden van de begeleidingscommissie vermeld. In bijlage 2 wordt nader ingegaan op de storingsanalyse van het transport- en distributiesysteem. Bijlage 3 beschrijft ervaringen met verstoringen in het buitenland en Nederland. Bijlage 4 geeft de verantwoording van de werkwijze van dit onderzoek. In de bijlagen 5, 6, 7, 8, 9 en 10 worden de gevolgen van de verstoring van de elektriciteitslevering in respectievelijk de Achterhoek, Arnhem, Rotterdam, Edam, Bleiswijk en Den Haag, zoals die uit de enquêteresultaten naar voren komen, uitgebreid besproken.

Kwetsbaarheid van de samenleving voor elektriciteitsverstoringen

2

Om de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening te kunnen beoordelen op hun ernst, is inzicht vereist in het begrip kwetsbaarheid van de maatschappij. In paragraaf 2.1 wordt kort ingegaan op wat in de literatuur onder dit begrip verstaan wordt. Tevens is het van belang na te gaan hoe het begrip maatschappelijke kwetsbaarheid samenhangt met verstoringen veroorzaakt door storingen van technisch infrastructurele systemen, zoals de elektriciteitsvoorziening, zie paragraaf 2.2. Vervolgens wordt ingegaan op het feit dat kwetsbaarheid geen statisch begrip is. De maatschappelijke veerkracht is van invloed op de kwetsbaarheid (paragraaf 2.3) en het dynamisch karakter van de maatschappij veroorzaakt veranderingen in de kwetsbaarheid, zie paragraaf 2.4. Een inzicht in het aantal storingen en verstoringen in Nederland (paragraaf 2.5) en de kans op een verstoring en de gemiddelde uitvalduur (paragraaf 2.6) geven een idee van de geringe kwetsbaarheid van het systeem van de elektriciteitsvoorziening zelf. Maar als zich verstoringen voordoen dan treden gevolgen op. Een indicatie hiervoor is verkregen uit buitenlandse en Nederlandse ervaringen met verstoringen in het verleden, zie paragraaf 2.7.

2.1 Maatschappelijke kwetsbaarheid

Het concept kwetsbaarheid van de samenleving wordt in de literatuur niet integraal benaderd. In een tweetal studies wordt ingegaan op de kwetsbaarheid van de stad (Duenk, 1988 en Laurentius, 1984). Afgeleid uit deze twee studies kan maatschappelijke kwetsbaarheid als volgt worden omschreven. Het begrip bestaat uit twee delen; het stedelijk of maatschappelijk systeem aan de ene kant en kwetsbaarheid aan de andere kant. In het maatschappelijk systeem bevinden zich enerzijds de maatschappelijke sectoren (huishoudens, bedrijven, (overheids)instellingen) en anderzijds de infrastructurele systemen (onder andere de energievoorziening). Tevens omvat het maatschappelijk systeem de relaties die zich afspelen tussen en binnen de sectoren en systemen. Ook de fysieke omgeving waarin al deze elementen zijn gelegen, valt binnen het maatschappelijk systeem. Het begrip kwetsbaarheid wordt gerelateerd aan het risico-begrip (kans x de omvang van de effecten). Kwetsbaarheid hangt samen met de omvang van de effecten van een verstoring (Duenk, 1988, p.3).

2.2 Kwetsbaarheid en technisch infrastructurele systemen

In diverse studies die ingaan op het begrip kwetsbaarheid is dit op een of andere wijze gekoppeld aan het begrip infrastructuur (Lovins en Lovins, 1982; OTA, 1990 en SIBAS, 1987). Door de Stichting Samenwerkende Instellingen ten behoeve van Beleidsanalytische Studies (SIBAS, 1987) is een onderzoek naar de kwetsbaarheid van technisch infrastructurele systemen in Nederland uitgevoerd. Onder technisch infrastructurele systemen wordt ondermeer begrepen de drinkwatervoorziening, de telecommunicatie, diverse vormen van vervoer, de gasvoorziening en de elektriciteitsvoorziening. Zij definiëren de

kwetsbaarheid van de maatschappij als 'de gevoeligheid van het maatschappelijk functioneren voor het uitvallen van bepaalde functies' (SIBAS, 1987, p.16). Een belangrijk deel van deze functies kunnen worden vervuld met behulp van technisch infrastructurele systemen. Daarmee is de maatschappelijke kwetsbaarheid in belangrijke mate gekoppeld aan verstoringen van technisch infrastructurele systemen. Tevens wordt uit deze studie duidelijk dat er een onderlinge afhankelijkheid is met betrekking tot het functioneren van diverse technisch infrastructurele systemen. Daarbinnen geeft de elektriciteitsvoorziening aanleiding tot de grootste systeem- en maatschappelijke kwetsbaarheid.

2.3 Maatschappelijke veerkracht

De mate waarin een maatschappij in staat is de gevolgen van een verstoring op te vangen, zal in belangrijke mate de kwetsbaarheid bepalen. Dit wordt wel omschreven als maatschappelijke veerkracht. Maatschappelijke kwetsbaarheid is dus een dynamisch begrip. In de SIBAS studie wordt maatschappelijke veerkracht als volgt gedefinieerd; 'verlaging van het behoeft patroon in calamiteiten-situaties en mogelijkheden om de normale situatie te herstellen' (SIBAS, 1987, p.3). Vergroting van de maatschappelijke veerkracht kan enerzijds worden bereikt met technische maatregelen zoals de installatie van noodstroomvoorzieningen. Anderzijds kunnen (bestuurlijk) organisatorische maatregelen worden genomen die de maatschappelijke veerkracht vergroten.

2.4 Toenemende kwetsbaarheid?

In diverse studies wordt gewezen op het feit dat geïndustrialiseerde staten tegelijkertijd met hun technologische ontwikkeling kwetsbaarder zijn geworden voor verstoringen (van Duin en Rosenthal, 1991; Laurentius, 1984 en Lovins en Lovins, 1982). Door van Duin en Rosenthal is dit

gedefinieerd als de kwetsbaarheidsparadox: 'Naarmate een land minder kwetsbaar is in haar voorzieningen, komt iedere verstoring van de productie, distributie en consumptie van die voorzieningen des te harder aan' (van Duin en Rosenthal, 1991, p.19). Deze paradox geeft aan dat een afname van de kans op een verstoring kan betekenen dat de gevolgen van zo'n verstoring zullen toenemen.

Met betrekking tot de elektriciteitsvoorziening is er nog een ander aspect dat de kwetsbaarheid doet toenemen. Door de technologische ontwikkeling is de penetratie van elektrische apparatuur en van elektronische regel-, controle-, en besturingssystemen de laatste jaren sterk toegenomen en daarmee de afhankelijkheid van de elektriciteitsvoorziening. Als indicatie hiervoor kan de penetratiegraad van elektrische apparatuur bij verschillende maatschappelijke sectoren dienen. Bij de huishoudens kent bijvoorbeeld de combi-ketel een toename van de penetratie. Dit betekent dat de verwarming van huizen afhankelijk is geworden van de elektriciteitsvoorziening, omdat de CV-pomp elektrisch wordt aangedreven. Diezelfde combi-ketel wordt ook voor de warmwatervoorziening in huizen gebruikt. Ook de warmwatervoorziening valt dus weg bij een stroomstoring. Voor de dienstensector mag bekend worden verondersteld dat de introductie van computer- en faxapparatuur een stormachtige ontwikkeling heeft doorgemaakt in het afgelopen decennium. Voor de (detail)handel kan een vergelijkbare veronderstelling worden gemaakt. Steeds meer wordt overgegaan op in de automatisering tot stand gekomen systemen zoals beveiliging, kassa's en betaalautomaten. Productieprocessen binnen de industrie worden steeds ingewikkelder en (bijna) alle onderdelen van het productieproces zijn afhankelijk van elektriciteit. Computertechnologie speelt een rol bij de besturing van het proces. Een voorbeeld is een assemblagelijijn van een autofabriek. Voor

transport kan gedacht worden aan steeds geavanceerdere apparatuur om verkeer in goede banen te leiden. Uit de SIBAS studie blijkt de onderlinge afhankelijkheid van infrastructurele systemen, zo ook de afhankelijkheid van andere infrastructures van de elektriciteitsvoorziening. De toegenomen afhankelijkheid van het gebruik van elektriciteit speelt ook hier een rol. Bij een elektriciteitsuitval kunnen andere infrastructures, zoals de drinkwatervoorziening, de waterhuishouding, de gasvoorziening, het transport, de telecommunicatie en de afvalverwerking in principe verstoord raken. Zo wordt tegenwoordig in het systeem van de drinkwatervoorziening gebruik gemaakt van elektrisch aangedreven pompen voor de drukvoorziening in het drinkwaterleidingnet. Vroeger daarentegen werd de druk verzorgd door watertorens.

2.5 Aantal storingen en verstoringen in Nederland

Het elektriciteitsvoorzieningssysteem bestaat uit meerdere onderdelen (par. 1.2). In al deze onderdelen van het systeem kunnen storingen optreden. Toch leiden niet alle storingen tot een verstoring van de elektriciteitslevering. Door diverse maatregelen worden veel storingen door het systeem zelf opgevangen. De kans op een verstoring als gevolg van een storing in de brandstofvoorziening of het produktiesysteem is zeer klein. De meeste verstoringen van de elektriciteitslevering worden veroorzaakt door storingen in het transport- en distributiesysteem. Voor een nadere toelichting op het transport- en distributiesysteem zie bijlage 2.

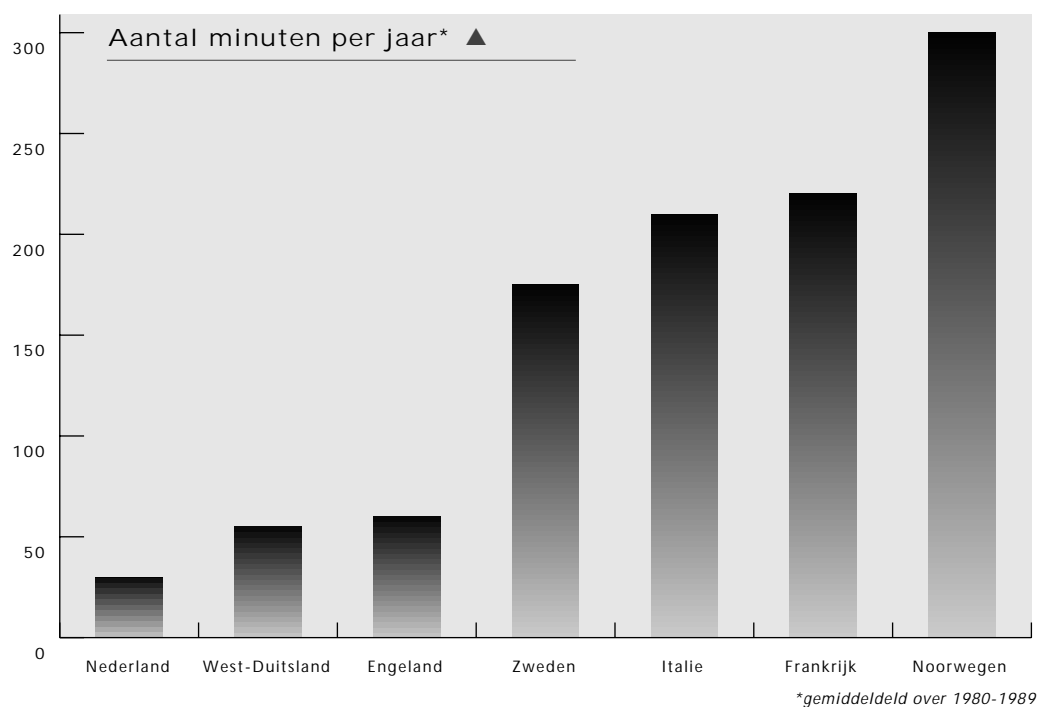
Maar ook binnen het transport- en distributiesysteem leiden niet alle storingen tot verstoringen. Door de Samenwerkende elektriciteitsproducenten (Sep) en EnergieNed worden storingsrapportages van het transport- en distributiesysteem bijgehouden. Een storing in het 220 en 380 kV hoogspanningsnet leidt

zelden tot een verstoring. Van 1990 tot en met 1992 zijn er geen storingen geweest die tot een verstoring hebben geleid (v. Moll, 1993). In het 50-150 kV hoogspanningsnet leiden storingen in 30% van de gevallen tot een verstoring (EnergieNed, 1993 B, p.6,11). Daarentegen leiden storingen in het midden- en laagspanningsnet in meer dan 80% van de gevallen tot verstoringen in de elektriciteitslevering (EnergieNed, 1993 A, p.5). De getallen gelden voor de Nederlandse situatie over het afgelopen decennium (uitgezonderd het 220 en 380 kV net). Wat betreft het aantal storingen dat optreedt, komen voor het 50-150 kV deel van het hoogspanningsnet 112 storingen naar voren in 1992 (EnergieNed, 1993 B, p.11). Voor het middenspanningsnet (3-30 kV) betrof dit in 1992 circa 2300 storingen. Voor het laagspanningsnet (0,4 kV) betrof dit circa 7200

storingen (EnergieNed, 1993 A, p.6). In bijlage 2 wordt uitgebreider ingegaan op de storingsanalyses.

2.6 Kans op verstoring en gemiddelde uitvalduur

De duur van de verstoring en het aantal mensen dat wordt getroffen door een verstoring verschilt van geval tot geval. Deze factoren moeten meegewogen worden om een beeld te verkrijgen van de mate van verstoring van de elektriciteitsvoorziening. Daarvoor worden zowel de kans op een verstoring als het gemiddeld aantal minuten van een verstoring (de gemiddelde uitvalduur) bepaald. De kans dat een laagspanningsverbruiker in 1992 gedurende enige tijd geen elektriciteit geleverd kreeg, bedroeg 20,7%. Dit betekent dat een laagspanningsverbruiker gemiddeld eens in de 5



figuur 2.1 Jaarlijkse gemiddelde uitvalduur in minuten van de elektriciteitsvoorziening bij een verbruiker in verschillende Europese landen (Waumans,1989)

jaar met een elektriciteitsverstoring geconfronteerd wordt. Het gemiddeld aantal minuten dat een laagspanningsverbruiker in 1992 door een verstoring geen stroom geleverd kreeg, bedroeg 16,3 minuten (EnergieNed, 1993 A, pp. 15,16). Een indicatie voor wat deze statistische gegevens betekenen voor een LS-verbruiker is, dat één op de vijf verbruikers in 1992 gemiddeld 80 minuten zonder stroom zat.

In de storingsanalyses worden vergelijkingen gemaakt met voorgaande jaren. De kans dat een laagspanningsverbruiker geen stroom geleverd kreeg, bedroeg vanaf 1976 tot 1983 steeds meer dan 20%. Vanaf 1983 doet zich de tendens voor, dat deze kans net kleiner of gelijk aan 20% is. In de periode 1976-1984 was een laagspanningsverbruiker gemiddeld een half uur per jaar spanningsloos als gevolg van verstoringen (VDEN, 1986, p.66), tegen circa een kwartier sinds 1984 (EnergieNed, 1993 A, p.15). De gemiddelde waarden voor de kans op een verstoring en de uitvalduur geven een indicatie van de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening in Nederland. De elektriciteitslevering in Nederland is duidelijk minder kwetsbaar geworden.

In vergelijking met het buitenland is de kans op een verstoring in Nederland laag. Figuur 2.1 vergelijkt voor een aantal Europese landen de jaarlijkse uitvalduur in minuten. De cijfers zijn een gemiddelde over de jaren 1980 t/m 1989. Uit de figuur blijkt dat Nederland een lage gemiddelde jaarlijkse uitvalduur heeft van circa een half uur. Alleen de voormalige Bondsrepubliek en Engeland volgen Nederland enigszins met ongeveer een uur stroomonderbreking per jaar. Zweden, Italië en Frankrijk bevinden zich met circa drie uur in eenzelfde ordergrootte. Noorwegen kent vijf uur stroomuitval per jaar.

In 1993 is een Unipede werkgroep 'experts

voorzieningskwaliteit' gestart, die voor 14 landen de gemiddelde onderbrekingsduur van de elektriciteitsvoorziening over de periode 1982-1991 veroorzaakt door centrales en het hoogspanningsnet in kaart brengt. Er wordt met het begrip 'average interruption time' (AIT) in minuten per jaar gerekend. Voor Nederland bedraagt deze 8,0 minuten. Het gemiddelde over de onderzochte landen is 20 minuten. Een viertal landen blijkt een AIT kleiner of gelijk aan Nederland te hebben. De rest van de landen bevindt zich daarboven (v. Moll, 1993).

2.7 Ervaringen met verstoringen in Nederland en het buitenland

Hoewel de elektriciteitslevering duidelijk minder kwetsbaar is geworden de afgelopen jaren, is er altijd een kans dat er een grote verstoring van de elektriciteitsvoorziening kan plaatsvinden. In het verleden hebben zich in Nederland verscheidene omvangrijke verstoringen van de elektriciteitsvoorziening voorgedaan. In kader 2.1 zijn twee voorbeelden uit Nederland kort beschreven. Toch zijn de gevolgen van veel van deze verstoringen niet systematisch in kaart gebracht. Dit geldt zeker voor een aantal grote verstoringen in Europa. Voor een tweetal verstoringen in de Verenigde Staten zijn de gevolgen wel systematisch in kaart gebracht. Dit betreft de 'North-East Power Failure' van 1965 en de 'New York City Black Out' uit 1977. De gevolgen van de laatste verstoring worden in kader 2.2 kort weergegeven. Een aantal voorbeelden van verstoringen in Europa, waaronder Nederland, en de twee uit de Verenigde Staten wordt in bijlage 3 uitgebreider besproken.

Kader 2.1 Twee verstoringen in Nederland

(Bron: Sep, 1984; Wittebrood, 1991; diverse kranten dd. 1-6-1984)

Zondag 1 maart 1987 vanaf 23.30 uur tot en met maandagmiddag 2 maart 1987 deed zich als gevolg van ijzelafzetting op hoogspanningsverbindingen in het Noordoosten van het land het verschijnsel van 'lijndansen' voor. (Door de ijsafzetting op de geleiders nemen de geleiders de vorm aan van een vliegtuigvleugelprofiel, hierdoor worden de geleiders opgetild en raken ze elkaar). Elektrische circuits werden meermalen uitgeschakeld tot veelal draadbreek optrad. In de verschillende gebieden begon de verstoring op een verschillend tijdstip met een verschillende tijdsduur. Met name in Veendam en omgeving had men langdurig last van de verstoring. Circa 11.500 kleinverbruikers en 60 grootverbruikers ondervonden hinder. De stroomvoorziening werd provisorisch hersteld met een 10.000 Voltlijn. Fabrieken konden hiervan nog geen vermogen afnemen. Normaal is er sprake van een kabel van 110.000 Volt voor het gebied. Enkele dagen later (5 maart) was de elektriciteitsvoorziening volledig hersteld. In totaal wordt voor de ijzelstoring gesproken over circa 10 miljoen gulden schade.

Donderdag 31 mei 1984 om 01.06 uur deed zich kortsluiting voor in het 220 kV-station te Ens. De verstoring duurde maximaal tot 03.30 uur. Alle verbruikers in de provincie Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel en een klein deel van Gelderland werden spanningsloos. De verstoring leidde tot plunderingen, vernielingen en diefstal in verscheidene steden. Ook veroorzaakte de verstoring een

dodelijk ongeval. Doordat de verstoring zich in de nacht van Hemelvaartsdag voordeed lijkt de schade aan industriële bedrijvigheid beperkt, uitzondering is Aldel. In verschillende kranteberichten wordt een bedrag van 1 miljoen gulden genoemd. Ook de Sep ondervond schade, circa een half miljoen gulden.

Kader 2.2 New York City Black Out, 1977

(bron: Lovins & Lovins, 1982 en o t a, 1990.)

Op 13 juli 1977 om 21.41 werd New York in het donker gehuld. De verstoring duurde 5 tot 25 uur en omvatte zo'n 9 miljoen mensen. Meer dan 70.000 meldingen bereikten het alarmeringsnummer gedurende 24 uur (normaal 18.000). Meer dan 1000 brandjes ontstonden en plunderingen vonden plaats. Vier ziekenhuizen hadden een noodstroomvoorziening nodig en in dertien ziekenhuizen moest deze gerepareerd worden. Zeven metro's met 1000 passagiers kwamen vast te zitten. Ook het treinverkeer kwam grotendeels stil te liggen. Vliegtuigen moesten naar andere vliegvelden worden geleid. In het verkeer ontstonden lange files. In totaal zijn de kosten van de uitval geraamd op ruim 340 miljoen dollar, onder te verdelen naar directe kosten (55 miljoen dollar), bijvoorbeeld voedselbederf, en indirecte kosten (290 miljoen dollar) zoals brandschade.

2.8 Elektriciteitsverstoringen een probleem?

Met betrekking tot de kwetsbaarheid van de samenleving is er in feite sprake van een dubbele kwetsbaarheidsparadox. Zowel de afgenomen kwetsbaarheid van de elektriciteitslevering als de toegenomen penetratie van elektriciteit in alle maatschappelijke sectoren zorgen namelijk voor een toenemende maatschappelijke kwetsbaarheid als zich een verstoring voordoet. Enerzijds is door de technologische ontwikkeling het systeem van de elektriciteitsvoorziening duidelijk minder kwetsbaar geworden. Dit wordt bevestigd door de cijfers over gemiddelde jaarlijkse uitvalduur in Nederland. Anderzijds veroorzaakt de technologische ontwikkeling toenemende penetratie van elektriciteit in de maatschappij, waardoor de maatschappij in toenemende mate afhankelijk wordt van het gebruik van elektriciteit.

Ondanks de hoge betrouwbaarheid van het elektriciteitsvoorzieningssysteem is er echter altijd een kans dat zich een omvangrijke verstoring van de elektriciteitsvoorziening voordoet. Gezien de kwetsbaarheidsparadox kan dan verwacht worden dat de maatschappelijke kwetsbaarheid voor een dergelijke verstoring groot is. Ervaringen met verstoringen, zowel in Nederland als in de rest van Europa en de Verenigde Staten geven hiervoor een indicatie. De gevolgen van verstoringen zijn in Nederland echter nooit systematisch onderzocht. Hierdoor is er geen inzicht in de gevolgen van elektriciteitsuitval. Om na te kunnen gaan op welke wijze zowel technisch als (bestuurlijk) organisatorisch gereageerd zou kunnen worden op deze gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening, is het van groot belang deze gevolgen in kaart te brengen.

Verstoringsscenario: De opzet



Om nader inzicht te verkrijgen in de gevolgen van elektriciteitsuitval als functie van de duur van de verstoring is een verstoringsscenario opgesteld, waarin deze gevolgen staan beschreven. Het doel ervan en de wijze waarop dit scenario tot stand is gekomen wordt in paragraaf 3.1 behandeld. Verschillende maatschappelijke sectoren (bedrijven, instellingen, openbare diensten, openbare voorzieningen en huishoudens) ondervinden gevolgen van een stroomstoring. In paragraaf 3.2 wordt daarom ingegaan op de sectoren die in het onderzoek zijn beschouwd. De gevolgen die worden ondervonden kunnen aan de hand van drie criteria, 'maatschappelijk', invloed op infrastructurele systemen' en 'schade' worden beschreven, zie paragraaf 3.3. De gevolgen ingedeeld volgens deze criteria worden vervolgens in de hoofdstukken 4 (maatschappelijke gevolgen), 5 (invloed op infrastructurele systemen) en 6 (schade) uitgebreid besproken.

3.1 Doel en werkwijze

Om nader inzicht te verkrijgen in de gevolgen voor de samenleving van elektriciteitsuitval als functie van de tijdsduur is een verstoringsscenario geconstrueerd. Het doel van een verstoringsscenario is het geven van een procesbeschrijving van de gevolgen van

elektriciteitsuitval naar maatschappelijke sectoren. Met andere woorden: welke gevolgen, voor sectoren in de maatschappij, als functie van de duur van de verstoring, zullen optreden wanneer zich een stroomstoring voordoet. Gemeenten, politie, brandweer en energiebedrijven zouden aan de hand van een verstoringsscenario kunnen bepalen welke mogelijke gevolgen zich in hun gebied kunnen voordoen. Echter ook bedrijfstakingen, instellingen en andere infrastructuren kunnen aan de hand van een dergelijk scenario meer inzicht krijgen in de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

De gegevens over mogelijke gevolgen zijn op een drietal wijzen verkregen. Allereerst zijn buitenlandse en Nederlandse ervaringen met verstoringen (zie bijlage 2) geïnventariseerd via literatuurstudie. Hieruit kwamen naast gevolgen een aantal karakteristieken naar voren die van invloed bleken op de aard en omvang van de ondervonden gevolgen (EPRI, 1989; Federal Power Commission, 1965; OTA, 1990 en Woo en Pupp, 1992). Het betreft het tijdstip, het seizoen, de tijdsduur, de kenmerken van een gebied (agrarisch, stedelijk) en de omvang van het gebied. Op basis van deze karakteristieken zijn zes verstoringen geselecteerd die zich in Nederland in het (recente) verleden hebben voorgedaan, zie tabel 3.1 en figuur 3.1. Naar de gevolgen van deze verstoringen is middels (telefonische) interviews en telefonische enquêtes onderzoek gedaan. De analyses worden in bijlage 5 tot en met 10 uitgebreid beschreven. Uit de beschrijving van de gevolgen van deze binnenlandse en buitenlandse ervaringen is echter geen overzicht te verkrijgen in het optreden van gevolgen als functie van de uitvalduur. Daarom is aan deskundigen in een stedelijk/industriële en een landelijk/agrarisch gebied een vragenlijst voorgelegd. Daarin kon worden aangegeven wat de gevolgen zijn van elektriciteitsuitval afhankelijk van de tijdsduur. In

tweetal sessies ('brainstormbijeenkomsten') konden de deelnemers een toelichting op de vragenlijst geven en vond discussie plaats. Wat betreft de tijdsduur is steeds een onderverdeling in vier perioden aangehouden; van nul tot twee uur, van twee tot acht uur, van acht tot 24 uur en van 24 uur en langer. In bijlage 4 wordt uitgebreid ingegaan op de methode.



Figuur 3.1 Geografische ligging van de zes geanalyseerde verstoringen van de elektriciteitsvoorziening in Nederland.

3.2 Sectoren beschouwd in het onderzoek

De gevolgen zijn geïnventariseerd voor verschillende maatschappelijke sectoren. Uitgangspunt is de Standaard Bedrijfsindeling (SBI) van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). In het onderzoek is deze indeling herschikt tot vier sectoren: bedrijven, instellingen, openbare diensten, openbare voorzieningen en zijn huishoudens toegevoegd.

Binnen de sector bedrijven is ten eerste de

	Tijdstip	Seizoen	Tijdsduur	Kenmerken gebied	Omvang gebied
Achterhoek	maandag 4 januari 1993 om 18.27 uur	Winter	half uur tot 7,5 uur, een klein deel 11 uur	landelijk gebied	360.000 inwoners 150.000 ha
Arnhem	dinsdag 25 augustus 1992 om 8.37 uur	Zomer	53 minuten en 155 minuten (een deel)	stads-centrum, woonwijken, industriegebied	40.000 inwoners, 700 ha
Rotterdam	vrijdag 16 november 1990 om 13.37 uur	Einde herfst	max. 4 - 4,5 uur	stedelijk, industriële functies	50.000 inwoners
Edam	woensdag 3 januari 1990 om 8.30 uur	Winter	min. 8 uur tot maximaal 3 dagen	buitengebied, (agro-)industriële functies	30.000 inwoners
Bleiswijk	woensdag 5 juli 1989 om 19.00 uur	Zomer	min. 8 uur tot meer dan 30 uur	buitengebied, tuinbouw en aanverwante bedrijvigheid	9.000 inwoners
Den Haag	dinsdag 7 februari 1989 om 16.45 uur	Winter	max. 1,5 uur	stedelijk, commerciële en dienstverlenende functies	helft stad Den Haag

Tabel 3.1 Karakteristieken van de zes geanalyseerde verstoringen van de elektriciteitsvoorziening in Nederland.

landbouw onderzocht, met name de veeteelt en de glastuinbouw. Voor de akker- en tuinbouw kwamen in eerste instantie geen relevante gevolgen naar voren en deze zijn dan ook niet beschouwd. Ten tweede is de industrie bekeken. Bij de enquêtes is getracht exemplarisch te werken, dat wil zeggen er is geprobeerd van elke klasse van de SBI-indeling een representant in het onderzoek te betrekken. Wat betreft de

gevolgen is er grofweg een vijfdeling te onderscheiden; de voedingsmiddelenindustrie, de chemische procesindustrie, de kunststofverwerkende industrie, de metaalindustrie en havengebonden activiteiten. Ten derde is binnen de bedrijven de dienstverlenende sector onderzocht, met name de detailhandel en horeca, de postkantoren en banken en (grote) kantoororganisaties. Binnen

de sector instellingen zijn ziekenhuizen, bejaarden/verzorgingstehuizen, verpleeghuizen en de thuiszorg in het onderzoek betrokken. Openbare diensten omvatten politie, brandweer, gemeente(bestuur) en centrale post ambulancevervoer. Onder de sector openbare voorzieningen zijn voorzieningen gegroepeerd: zoals de elektriciteitsvoorziening, de drinkwatervoorziening, de waterhuishouding, het transport, de (tele)communicatie en de afvalverwerking. De huishoudens zijn als aparte sector toegevoegd.

3.3 Driedeling in gevolgen

De gevolgen van een verstoring kunnen worden geanalyseerd aan de hand van een drietal criteria, welke afgeleid zijn van de SIBAS-studie (SIBAS, 1987, pp.16,17): 'maatschappelijk', 'invloed op infrastructurele systemen' en 'schade', zie kader 3.1. Deze criteria bieden een handvat om de gevolgen van een verstoring te kunnen beschrijven. Een zekere overlap tussen deze criteria is echter aanwezig. In de beschrijving van de maatschappelijke gevolgen spelen gevolgen die ontstaan door storingen in andere infrastructurele systemen een rol. Schade die ontstaat, is een verbijzondering van bepaalde maatschappelijke gevolgen die worden ondervonden of is het gevolg van het disfunctioneren van infrastructurele systemen. In de beschrijving van de gevolgen in de volgende hoofdstukken is daarom de volgorde 'maatschappelijk', 'invloed op infrastructurele systemen' en 'schade' aangehouden. Deze indeling biedt tevens aanknopingspunten voor de beschrijving van de maatregelen die worden genomen en zouden kunnen worden genomen.

Kader 3.1 Criteria voor de analyse van gevolgen

Maatschappelijk

- Het aantal mensen dat gedurende een bepaalde tijd verstoken is van de voorziening.
- Mate waarin het openbare leven wordt verstoord (een kwalitatief criterium).
- Aantal slachtoffers (dood, gewond of ziek).

Technisch infrastructurele systemen

- Invloed op andere technisch infrastructurele systemen, de mate waarin andere systemen in hun functioneren worden beperkt.

Schade

- Economische schade: kosten voortvloeiend uit de onderbreking van een activiteit, functie of dienstverlening die elektriciteit gebruikt (directe kosten) en de kosten die ontstaan als gevolg van de onderbroken activiteit, functie of dienstverlening (indirecte kosten).
- Milieuschade: gevolgen voor het milieu.

Wat het maatschappelijk criterium betreft, is het aantal 'mensen verstoken van de voorziening' steeds ingeschat. Aan de hand van inwonersaantallen en aantal huishoudens is in een stroomstoringsgebied een schatting te maken van het aantal getroffen. Voor de zes Nederlandse verstoringen is dit in tabel 3.1 onder de karakteristiek 'omvang gebied' weergegeven. Binnen dit onderzoek is geen gedetailleerd beeld van het aantal getroffen onderverdeeld naar gebruikersgroep weergegeven. Ten aanzien van het maatschappelijk gevolg, 'lichamelijk letsel' is evenmin kwantitatief onderzoek verricht. Er zijn slechts enkele indicaties over letsel uit de

enquêtes of de brainstormbijeenkomsten naar voren gekomen. Gezien de opzet van het onderzoek is in deze studie het maatschappelijk criterium slechts kwalitatief geanalyseerd. Dit betekent dat vooral het aspect 'verstoring van het openbare leven' kwalitatief is geanalyseerd, waarbij een uitsplitsing naar sector is gemaakt.

Er worden verschillende typen gevolgen ondervonden bij een stroomstoring. Zowel directe als indirecte gevolgen treden op. Daarnaast kunnen na-ijleffecten optreden. Directe gevolgen zijn 'de gevolgen die optreden als direct gevolg van het uitvallen van de elektriciteit'. De indirecte gevolgen zijn te omschrijven als 'de gevolgen die optreden doordat diverse apparaten, installaties zijn uitgevallen'. Na-ijleffecten zijn 'de gevolgen die optreden nadat de stroomvoorziening hersteld is'. Zie kader 3.2 voor voorbeelden. Ten

Kader 3.2 Voorbeelden van typen gevolgen

Directe gevolgen

uitval productieproces, verkeerslichtinstallaties, computers, interne telefooncentrales, liften.

Indirecte gevolgen

verstoring 'just in time' leveringen, verkeerschaos, niet kunnen gebruiken tram of metro, niet kunnen winkelen, verstoring computernetwerken tot buiten stroomstoringsgebied.

Na-ijleffecten

schoonmaken installatie voor opnieuw starten productieproces, instellen verkeerslichtinstallaties, opnieuw programmeren interne telefooncentrales, vertraging in de dienstregeling van het openbaar vervoer, onderzoek verrichten naar oorzaak stroomstoring.

behoefte van de leesbaarheid worden deze typen gevolgen niet apart benoemd in de beschrijvingen van het maatschappelijke criterium in hoofdstuk 4.

Voor de technisch infrastructurele systemen is de invloed op (andere) technisch infrastructurele systemen kwalitatief bekeken voor de systemen elektriciteitsvoorziening, de gasvoorziening, de drinkwatervoorziening, transport, de waterhuishouding, de telecommunicatie en afvalverwerking. Ten aanzien van andere technisch infrastructurele systemen zoals gemeld in de Sibas-studie (o.a. luchtvervoer en buisleidingen) zijn in de zes verstoringen geen gevolgen gemeld, waardoor ze bij de analyse in deze studie buiten beschouwing zijn gelaten. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de invloed op infrastructurele systemen.

Met betrekking tot het criterium schade is voor economische schade in deze studie een opsplitsing gemaakt in een viertal categorieën: 'omzetverlies of het wegsturen van werknemers', 'overwerk of het inschakelen van extra personeel', 'materiële schade' en 'het voorzien in een noodstroomvoorziening'. Bij het vaststellen van de economische schade kan een onderscheid worden gemaakt in directe en indirecte kosten, kader 3.3. Directe kosten vloeien voort uit de onderbreking van een activiteit, functie of dienstverlening die elektriciteit gebruikt. Indirecte kosten ontstaan als gevolg van de onderbroken activiteit, functie of dienstverlening (OTA, 1990, p.19). Het onderscheid in directe en indirecte kosten bleek voor de analyse van de zes verstoringen niet te gebruiken. Slechts door een paar respondenten kon worden aangegeven dat indirecte kosten optraden. Een aspect waarmee in eerste instantie geen rekening werd gehouden, betreft de gevolgen voor het milieu. In een enkel geval is hiervan melding gemaakt. Dit is opgenomen als milieuschade. In hoofdstuk 6 komen de economische schade en de milieuschade aan bod.

Kader 3.3 Directe en indirecte kosten van elektriciteitsuitval

(Bron: Munasinghe, 1990, p.218.)

Bedrijven

direct

- kosten van arbeid, ongebruikt land en kapitaalgoederen, winsten

indirect

- voor andere bedrijven (multipliereffect)
- voor consumenten

opmerking: indirecte kosten kunnen een groot deel uitmaken van de totale kosten (direct + indirect) bij langdurige uitval

Infrastructuren en openbare diensten

direct

- verspilling en beschadiging
- kosten van arbeid, ongebruikt land en kapitaalgoederen, winsten

indirect

- voor publieke gebruikers
- gezondheids- en veiligheidseffecten
- potentiële sociale kosten door plundering, vandalisme

opmerking: indirecte kosten maken het grootste deel uit van de totale kosten

Huishoudens

direct

- ongemak, stress, verloren vrije tijd
- verspilling, schade aan eigendom
- gezondheids- en veiligheidseffecten

indirect

- voor andere huishoudens en bedrijven

opmerking: indirecte kosten zijn verwaarloosbaar op totale kosten

3.4 Gevolgen van een verstoring: een verstoringsscenario

Karakteristieken bepalen de aard en omvang van de gevolgen van een verstoring. Deze karakteristieken zijn het tijdstip, het seizoen, de tijdsduur, de kenmerken en de omvang van het getroffen gebied. Bij de analyse van verstoringen die zich hebben voorgedaan wordt geen inzicht verkregen in de gevolgen als functie van de tijdsduur van die verstoring. Daarom is een verstoringsscenario opgesteld, dat een beschrijving geeft van de gevolgen van elektriciteitsuitval naar sectoren, als functie van de duur van de uitval. De gegevens over de gevolgen zijn verkregen uit de analyse van zes verstoringen die in Nederland hebben plaatsgevonden. Ook zijn sessies gehouden met betrokkenen uit diverse sectoren in een tweetal verschillende gebieden van Nederland. Verder is informatie uit literatuur gebruikt. De gevolgen die de verschillende sectoren (bedrijven, instellingen, openbare diensten en voorzieningen en huishoudens) ondervinden, zijn geanalyseerd aan de hand van een drietal criteria, maatschappelijk, invloed op infrastructurele systemen en schade. Dit is respectievelijk in de hoofdstukken 4, 5 en 6 weergegeven.

Verstoringsscenario: Maatschappelijke gevolgen

4

Bij een verstoring van de elektriciteitsvoorziening doen zich maatschappelijke gevolgen in alle sectoren voor. In de paragrafen 4.1 tot en met 4.4 worden deze gevolgen beschreven voor respectievelijk de bedrijven (landbouw, industrie, dienstverlenend), de instellingen (ziekenhuizen, bejaarden/verzorgingstehuizen, verpleeghuizen en de thuiszorg), de openbare diensten (politie, brandweer, gemeente en centrale post ambulancevervoer) en de huishoudens als functie van de tijdsduur. De beschrijvingen betreffen een kwalitatieve analyse waaruit een schetsmatig overzicht te verkrijgen is van de omvang van de maatschappelijke gevolgen als functie van de tijdsduur van de verstoring, zie paragraaf 4.5.

4.1 Bedrijven

landbouw

De landbouw omvat een aantal typische subsectoren zoals de melk-, varkens- en pluimveehouderij en de glastuinbouw waar elektriciteit van cruciaal belang is voor de bedrijfsvoering. Dit in tegenstelling tot de akkerbouw en de tuinbouw.

Voor de melkveehouderij leveren de eerste twee uren van een stroomstoring geen probleem op. Gaat de stroomstoring langer duren dan kunnen

er problemen ontstaan als de storing ook de melktijd omvat. Het maximale melkinterval is 12 uur. Moet het melken worden uitgesteld dan is er kans op uierontsteking bij de koeien. De koeien raken van slag af, het kan dan tot een week na de stroomstoring duren voordat de koeien weer in hun ritme zijn en hun productie weer op peil is. Bij een langduriger stroomstoring is het dan ook zaak de koeien op een of andere wijze te melken. Handmatig melken is echter tegenwoordig nauwelijks meer mogelijk, de koeien en de boer zijn het niet meer gewend. Gaat de stroomstoring langer dan 24 uur duren dan is ook de melk in de koeltanks bedorven. Deze kan ongeveer 18 tot 24 uur ongekoeld bewaard blijven. Kunnen de koeien echt niet gemolken worden dan is kunstmatig droogleggen mogelijk. Daarna komt de melkproductie echter het eerste jaar niet meer op gang (tot er weer gekalfd wordt).

Ook in de varkenshouderij leveren de eerste twee uren nauwelijks problemen op. Daarna ontstaan problemen met de klimaatbeheersing. Met name biggen en mestvarkens ondervinden hinder van ventilatieproblemen. Gaat de stroomstoring richting acht uur dan kunnen er varkens dood gaan. In de winter is de vloerverwarming voor de fokzeugen erg belangrijk. In de zomer wordt het al gauw te warm. Duurt de storing langer dan 8 uur, tot 24 uur aan toe dan zal er grote sterfte onder de varkens optreden. Bij overblijvende dieren treedt groeistagnatie op, uiteindelijk leidt dit tot minder opbrengsten. Er zijn maatregelen noodzakelijk, zeker als de stroomstoring langer dan 24 uur gaat duren.

In de pluimveehouderij treedt sterfte van de dieren op. Op welk moment dat gebeurt is afhankelijk van of het loslopende dieren betreft of dieren in legbatterijen en ook van de temperatuur. In kader 4.1 wordt uitgebreider op de pluimveehouderij ingegaan.

Kader 4.1 De pluimveehouderij in de Achterhoek

In de pluimveehouderij kunnen zich vrij direct na de stroomstoring problemen voordoen doordat de ventilatie in de stal wegvalt. Loslopende dieren (slachtkuikens) gaan boven op elkaar zitten, in de zomer zijn er na een kwartier dan al gauw 10.000 dode dieren op een totaal van 40.000. En bij loslopende dieren kunnen niet de deuren worden opengezet voor ventilatie. Bij legkippen in kooien verloopt het proces van mogelijke sterfte minder snel. Wel raken de kippen van de leg af. Duurt de storing langer dan acht uur dan zal ook hier grote sterfte optreden. Bij overblijvende dieren zal groeistagnatie optreden. In de zomer zijn de problemen groter dan in de winter.

Indien een aggregaat aanwezig is dan functioneert deze meestal op de tractor. Met dergelijke aggregaten, die aan een maximaal vermogen gebonden zijn, ontstaan er in het begin van de stroomstoring al problemen als het 30 °C is bij een luchtvochtigheid van 75 tot 80%. Het aggregaat kan de benodigde energie niet leveren. In het algemeen moet overbelasting van het aggregaat en daarmee de tractor worden voorkomen, de tractor zou oververhit kunnen raken.

Tijdens de stroomstoring in de Achterhoek traden inderdaad problemen voor de pluimveehouderij op. In een enkel geval is melding gemaakt van dode dieren en verder heeft de brandweer in een aantal gevallen aggregaten bij pluimveehouders ingezet. Bij sommige pluimveehouders waren reeds noodstroomvoorzieningen aanwezig.

In de glastuinbouw is een optimale elektriciteitsvoorziening uitermate belangrijk. Als alle apparatuur uitvalt en het is in de zomer en de storing duurt langer dan een half uur dan betekent dat in het ergste geval de vernietiging van de teelt. Omdat deze sector zo gevoelig is voor elektriciteitsuitval is deze in de meeste gevallen ertegen verzekerd. Een noodstroomvoorziening is dan verplicht. Met een noodstroomvoorziening doet zich het probleem voor dat alle computersystemen (voor doseerinstallaties, klimaatregeling etc.) storingsgevoelig zijn. De kwaliteit van de geleverde spanning van een noodstroomvoorziening is niet zo goed als die van het elektriciteitsnet. Gaat de stroomstoring langer dan twee uur duren dan ontstaan er mogelijk problemen met de koeling van producten, met name in de zomer. Dit kan ook op de veiling gebeuren. Ook kunnen er problemen met de logistiek ontstaan (producten van/naar de veiling). Tevens zal kwaliteitsverlies van producten in de koelcellen gaan optreden, zowel op het bedrijf als in koelcellen op de veiling. Duurt de stroomstoring langer dan 24 uur dan neemt de kans op kwaliteitsverlies en vernietiging van de teelt toe.

industrie

In het algemeen zal voor de industrie verstoring van productieprocessen optreden, uitval van verwarming, koeling, watervoorziening en een toename van de veiligheidsrisico's. Hebben industrieën een eigen watervoorzieningssysteem met opslag dan bestaat er in de winter bevriezingsgevaar. Afhankelijk van het soort bedrijf, met name of deze volcontinu draait of niet, treden in het begin van de stroomstoring al gevolgen op. Gaat de stroomstoring acht uur of langer duren dan worden vaak werknemers weggestuurd. Bij langer dan 24 uur stroomstoring kan de doorlevering van grondstoffen een probleem gaan vormen. Ook kunnen bedrijven door andere bedrijven

aansprakelijk worden gesteld voor het niet leveren van producten. Naast de algemene problemen doen zich in iedere industrie specifieke problemen voor zoals in de voedingsmiddelenindustrie, de chemische procesindustrie, de kunststof- en metaalverwerkende industrie.

Bij de zuivelindustrie kunnen vloeibare stoffen gaan uitzakken, zoals wei. Na twee uur begint het materiaal uit te harden. Wanneer de stroom terug is dan moeten eerst de leidingen worden schoongemaakt voordat er verder kan worden gewerkt. Hoe langer de storing duurt hoe langer het schoonmaken kost. In de periode van twee tot acht uur zal er ook bederf van zuivel optreden. Voor de visverwerkende industrie is koeling erg belangrijk. Een stroomstoring van acht uur is te overzien, daarna kan bederf van waar in de koelcellen gaan optreden.

In de chemische procesindustrie is allereerst van belang of het proces 'fail safe' is of niet. Dit heeft in eerste instantie niets met de tijdsduur van de verstoring te maken. Is het proces fail safe dan zullen processen veilig 'down' gaan, affakkelen van (gevaarlijke) stoffen zal plaatsvinden. Er doen zich dan enige emissies naar het milieu voor. Is het proces niet fail safe, zoals bij het Tiofine-incident (kader 4.2), dan kunnen ernstiger gevolgen optreden. Een giftige wolk gas of vloeistof kan vrijkomen en dat kan, naast milieuschade, leiden tot letsel bij werknemers of omwonenden. Bij de chemische industrie zal aan het eind van de periode twee tot acht uur polymerisatie van producten in de leidingen gaan optreden en zullen de leidingen langzaam gaan dichtslibben. Afhankelijk van de temperatuur zullen emissies naar het milieu optreden. Bij 24 uur stroomstoring en langer moeten overblijvende stoffen worden 'afgeblazen'. Ook hierdoor treden emissies op. Omwonenden ondervinden hinder van stank. In deze periode zal ook een geïmproviseerd begin

Kader 4.2 Tiofine

(Bron: Arbeidsinspectie, 1992)

Op vrijdag 15 november 1991 vond om circa 13.40 uur een korte onderbreking (1,5 minuut) plaats van de elektriciteitslevering aan het Rotterdamse industriegebied. De noodstroomvoorziening van het bedrijf Tiofine functioneerde niet naar behoren. Doordat er een open verbinding bestond met de buitenlucht kon het chloorgas via terugstroming naar buiten treden. Door de chloorwolk raakten ruim 30 mensen onwel die bij een naburig bedrijf met werkzaamheden bezig waren. Van hen zijn 25 mensen in het ziekenhuis opgenomen met meer of minder ernstige klachten. Op 18 november werd de laatste uit het ziekenhuis ontslagen. Tijdens de ontsnapping van de chloorwolk werd de melding van de ontsnapte chloorwolk niet tijdig doorgegeven. Dit werd (onder andere) veroorzaakt doordat de bedrijven die getroffen waren door de stroomstoring het centraal incidenten nummer gingen bellen, waardoor dit continu in gesprek was. Hierdoor werd de brandweer laat bereikt en was ter plaatste toen alles al achter de rug was.

Naar aanleiding van het incident bij Tiofine is er door de arbeidsinspectie en de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond een onderzoek ingesteld bij Tiofine en 16 bedrijven in het industriegebied. Op basis van dit onderzoek is door Tiofine de noodstroomvoorziening veranderd en het proces meer fail safe gemaakt. Het onderzoek bij de 16 bedrijven leidde tot de conclusie dat bij ongeveer 15% van alle betrokken installaties (40) de gevaren niet voldoende bekend waren.

worden gemaakt met het schoonmaken van leidingen en andere onderdelen. Het gedurende langere tijd niet functioneren van een aantal belangrijke chemische industrieën kan een uitstraling hebben over heel Nederland en mogelijk zelfs Duitsland.

In de kunststof- en metaalverwerkende industrie doet zich na een aantal uur stroomstoring het probleem voor van het uitharden van grondstoffen. Dit materiaal moet, voordat het productieproces opnieuw kan worden gestart, worden verwijderd.

In de haven vindt op- en overslag van producten plaats. De schepen zelf ondervinden geen hinder van de stroomstoring. Een vlotte, veilige afwikkeling van het scheepvaartverkeer is in het havengebied (Rotterdam) gewaarborgd middels noodstroomvoorzieningen. Bij een langere duur van de stroomstoring (meer dan 24 uur) kan de bevoorrading van aggregaten met brandstof een probleem gaan vormen. Het laden en lossen met laadarmen vanaf de wal komt abrupt stil te liggen bij een verstoring. Als de laadarmen geen afblaasmogelijkheid hebben om de grootste hydraulische druk af te blazen dan kunnen de stoffen die nog in de leidingen zitten in het water terechtkomen en tot waterverontreiniging leiden. De overslag van goederen komt dus stil te liggen, er kan geen bevoorrading van industrie meer plaatsvinden. Gaat de stroomstoring langer duren dan wordt dat steeds hinderlijker. Bij langer dan 24 uur elektriciteitsuitval zal ook hier een uitstraling naar het achterland van het havengebied ontstaan.

dienstverlening

In de dienstverlenende sector zijn veel verschillende soorten bedrijven gevat. Grofweg is er een onderscheid te maken in bedrijven die het publiek direct ten dienste staan, zoals de detailhandel, de horeca en postkantoren en

Kader 4.3 Detailhandel

Doet een stroomstoring zich voor onder openingstijden dan is het beleid om winkels zo snel mogelijk te sluiten in verband met diefstal. Maar ook is een normale bedrijfsvoering nauwelijks meer mogelijk. Alle winkels zijn sterk afhankelijk van elektrische verlichting en van elektronische betalingen. Daarnaast kunnen de elektronische scansystemen van slag raken, met name in supermarkten, dit kan tot na de stroomstoring gevolgen hebben.

Doet een stroomstoring zich buiten openingstijden voor dan kan zich bij winkels die elektrische schuifdeuren bezitten het verschijnsel voordoen dat deze automatisch opengaan. Dit is een maatregel in verband met de veiligheid van het winkelend publiek. Buiten openingstijden kan dit er echter toe leiden dat winkels worden geplunderd, zoals onder meer tijdens de stroomstoring in New York van 1977 is gebeurd.

Na acht uur zal de kwaliteit van bederfelijke waar achteruit gaan. Niet alleen in de winkels maar ook van de ladingen in vrachtwagens. Uiteindelijk zal bederf optreden. Bij langdurige uitval is het voor klanten hinderlijk dat winkels gesloten zijn. Deze moeten dan naar winkels buiten het stroomstoringsgebied uitwijken.

Bij warenhuizen speelt dat ze niet alleen in verband met diefstal moeten worden gesloten. Ook de (brand)veiligheid speelt een rol. Voor een aantal uur is er noodstroomverlichting. In die tijd moet het warenhuis zijn ontruimd. Er is een kans dat mensen in liften zijn komen vast te zitten.

banken, en in bedrijven die het publiek in meer indirecte zin ten dienste staan, zoals in de administratieve sector. Deze administratieve sector is meestal gehuisvest in (grote) kantoren waar zich specifieke problemen voordoen als de stroom wegvalt.

Voor de detailhandel (kader 4.3) en de horeca zal er altijd omzetverlies optreden wanneer de zaak geopend is. Voor de hoogte van het omzetverlies is het seizoen, de dag en het tijdstip van belang. Voor de detailhandel zal het omzetverlies het grootst zijn op koopavond of zaterdagmiddag. Voor de horeca kan een korte stroomstoring in de zomer meer gevolgen hebben dan een langere in de winter. Het omzetverlies zal over het algemeen echter met de tijdsduur toenemen.

Op postkantoren en banken kan het meeste werk handmatig doorgang vinden. Probleem kan echter de geldvoorziening vormen. Enerzijds kunnen kluisen dusdanig beveiligd zijn dat openen niet meer mogelijk is als de stroom is weggefallen. Dan kan alleen nog worden gewerkt met geld wat bij de balies aanwezig is. Anderzijds is er vanuit de giro- en bank-o-maten direct geen geld meer verkrijgen wat de druk op de postkantoren en banken doet toenemen. Na verloop van tijd is geen geld meer beschikbaar. In de periode acht tot 24 zullen postkantoren en banken sluiten omdat bijvoorbeeld in de winter de situatie niet houdbaar is binnen. In de periode na 24 uur vormt de geldvoorziening in het stroomstoringsgebied een maatschappelijk probleem.

Voor kantoororganisaties zijn administratieve handelingen en communicatie, binnen het bedrijf en naar buiten, belangrijke werkzaamheden. Het wegvallen van personal computers, kopieerapparatuur, en vooral telefaxen en de interne telefooncentrales vormen dan een beletsel om verder te werken. De eerste twee uur kan er handmatig nog een

en ander gedaan worden, gaat de storing langer duren dan zullen er werknemers worden weggestuurd. In de gebouwen ontstaan in de periode twee tot acht uur problemen met de klimaatbeheersing. In grote kantoorgebouwen wordt er bij een stroomstoring overgegaan tot evacuatie van het gebouw. Noodverlichting is meestal een paar uur werkzaam, in die tijd moet het gebouw ontruimd zijn. In de periode acht tot 24 uur zullen er achterstanden in de administratie optreden of in het zaken doen. Dit zal tot schade leiden. Binnen de dienstverlenende sector speelt de opkomst van de computernetwerken. Zijn deze niet voldoende beveiligd dan kan de uitval van een netwerk in het stroomstoringsgebied tot buiten het gebied zijn invloed doen gelden.

resumé

Wat de veehouderij betreft kan opgemerkt worden dat de grootte van het dier van invloed is op het feit hoe snel zich gevolgen voordoen, pluimveehouderij het snelst, daarna, varkenshouderij en tot slot de melkveehouderij. In de glastuinbouw zal meestal een noodstroomvoorziening aanwezig zijn. Met een dergelijke voorziening ontstaan echter bij een langdurige stroomstoring (meer dan acht uur en zeker bij meer dan 24 uur) ook problemen.

Vanaf het begin van de stroomstoring doen zich in de industrie problemen voor omdat productieprocessen worden onderbroken of het laden en lossen in de haven komt stil te liggen. Als in de chemische industrie het ontwerp voor het productieproces niet fail safe is dan kan een stroomstoring ook leiden tot gevolgen voor de omgeving. Naarmate de stroomstoring langer gaat duren nemen de problemen voor de industrie toe. In het ergste geval stopt de doorlevering van produkten waardoor ook gevolgen buiten het stroomstoringsgebied optreden.

De gevolgen aangaande bedrijven binnen de

dienstverlenende sector die het publiek direct ten dienste staan betreffen enerzijds voornamelijk omzetverlies en bederf van waar, anderzijds kan het publiek geen gebruik meer maken van de diensten van deze bedrijven. Voor bedrijven binnen de administratieve sector lopen de gevolgen op met de tijdsduur. Met name het gebrek aan communicatiemogelijkheden geeft aanleiding tot problemen.

4.2 Instellingen

ziekenhuis

Voor ziekenhuizen is een noodstroomvoorziening verplicht. Ook hebben sommige ziekenhuizen een eigen stroomvoorziening, zoals een warmtekrachtinstallatie, die door kunnen functioneren. Bij de inzet van noodstroomaggregaten vindt er altijd vermogensreductie plaats. Kantoorfuncties vallen dan als eerste weg. Mocht één van de aggregaten niet aanslaan dan is handwerk (bijvoorbeeld beademing met ballonnen of zuurstofgestuurd) nog mogelijk, maar met name in de nacht is dat wel lastig, ook gaat de kwaliteit van de behandeling achteruit. Verder zullen computers die aangesloten zijn op een aggregaat ontregeld raken als dat aggregaat niet aanslaat. Bij langere duur van de stroomstoring wordt het wegvallen van de kantoorfuncties steeds hinderlijker, op termijn zal er handmatig administratief gewerkt moeten gaan worden. Indien er extra gewonden zijn tijdens een stroomuitval (bijvoorbeeld door verkeersongelukken) dan kunnen deze worden opgevangen, een minimale zorg voor patiënten is aanwezig. Voor de noodstroomaggregaten is een behoorlijke voorraad brandstof aanwezig en ook zijn er vaak afspraken met oliemaatschappijen om direct te leveren. Alleen door verkeerscongestie zou de brandstofvoorziening eventueel problemen kunnen opleveren.

bejaarden/ verzorgingstehuis

In kleinere bejaardentehuizen (minder dan 100 bewoners) in dit onderzoek bleek vaak geen noodstroomaggregaat aanwezig. Noodstroomvoorzieningen voor verlichting zijn altijd aanwezig (verplicht), deze werken op batterijen of accu's. Wanneer de stroom wegvalt in een dergelijk tehuis dan is allereerst het tijdstip waarop dat gebeurt van groot belang. Overdag vanaf tien uur 's ochtends is de kans het grootst dat er zich personen in de lift bevinden. De liften komen vast te zitten. Soms zijn er mogelijkheden om deze mechanisch naar een verdieping te brengen waar de mensen dan uit de lift bevrijd kunnen worden. De brandweer moet dan worden ingeschakeld. 's Avonds speelt het probleem van de verlichting. Op de gangen en in centrale ruimtes zijn noodstroomverlichtingen aanwezig. Op de kamers is het daarentegen donker. Bewoners gaan dan kaarsen gebruiken, iets wat normaal uit veiligheidsoverwegingen verboden is. Personeel zal dan extra moeten surveilleren. Bij een stroomstoring zal er altijd extra gecontroleerd moeten worden in een bejaarden/verzorgingstehuis, niet alleen 's avonds. De pieperinstallatie waarmee bewoners vanaf hun kamer hulp kunnen invoeren functioneert niet meer, waardoor ook extra gesurveilleerd moet worden.

Naast het tijdstip is de duur van de verstoring van belang, onder andere voor de maaltijdvoorziening. Over het algemeen wordt er tussen de middag warm gegeten. Valt de stroom 's ochtends weg en duurt de verstoring langer dan twee uur dan komt de maaltijdvoorziening in gevaar. In instellingen werken de fornuizen op gas, maar de afzuiginstallatie werkt op elektriciteit. Het functioneren van het fornuis is uit veiligheidsoverwegingen gekoppeld aan het functioneren van de afzuiginstallatie. Bij een

stroomstoring kan er dus niet gekookt worden. Gaat de stroomstoring langer dan acht uur

Kader 4.4 Elektriteitsuitval bij bejaarden/verzorgingstehuizen in de Achterhoek

In het stroomstoringsgebied van de Achterhoek waar de storing bijna acht uur duurde, zijn drie bejaarden/verzorgingstehuizen geïnterviewd. Het grootste hiervan (98 bewoners) beschikte over een aggregaat. Hier deden zich geen gevolgen voor. Alleen moest 's nachts elders in de Achterhoek dieselolie worden gehaald omdat de voorraad oprakte. In de twee andere tehuizen (respectievelijk 74 en 61 bewoners) traden wel gevolgen op voor de bewoners, met name de kou en de uitval van kamerverlichting was hinderlijk. De meeste bewoners gingen vroeger naar bed dan normaal. In de periode drie tot vijf uur na elektriciteitsuitval hield ook de noodstroomverlichting op te functioneren. Toen werd het ook op de gangen donker. Op strategische plaatsen zijn kaarsen neergezet. Dit vereist nog meer extra controle van het personeel.

Beide tehuizen hebben zelf contact gezocht met de politie en brandweer. In één tehuis functioneerde de automatische brandmelding niet. De politie heeft toen een mobilifoon achtergelaten. In beide gevallen kwamen medewerkers spontaan naar de tehuizen voor het surveilleren op de gangen. Eén tehuis heeft overwogen een aggregaat te huren, maar de verwachting was op dat moment dat de stroomstoring nog maar twee uur zou duren (dit werd uiteindelijk nog ruim vier uur). Vanwege de kosten heeft men daar vanaf gezien.

duren dan is er die dag geen warme maaltijd. Bij een langere duur van de verstoring komt ook de koeling van produkten in gevaar.

Naast het tijdstip en de tijdsduur is voor een bejaarden/verzorgingstehuis ook het seizoen van belang. Met name in de winter gedurende een vorstperiode is de uitval van de centrale verwarming een probleem bij langere duur van de stroomstoring. Dit bleek ook in de Achterhoek, zie kader 4.4.

verpleeghuis

De meeste verpleeghuizen zullen over een noodstroomaggregaat beschikken. Voor het gebruik van het aggregaat zijn prioriteiten gesteld; medische apparatuur, liften, de keuken en noodverlichting vallen hieronder. De maatregelen die genomen zijn, zijn voldoende voor een stroomstoring tot 24 uur. Daarna kunnen zich problemen voordoen, die onafhankelijk zijn van het gebruik van een noodstroomvoorziening. Er kunnen mogelijk problemen ontstaan met toeleveringsbedrijven die het voedsel verzorgen, die ondervinden zelf ook hinder van de stroomstoring. Daarnaast zullen (para)medische behandelingen gestaakt moeten worden omdat onder andere laboratoriumuitslagen niet meer binnenkomen. Dit komt de continuïteit van medische behandelingen niet ten goede.

Voor demente mensen in een verpleeghuis geldt, dat ze goed functioneren in een stabiele omgeving. Wordt daar door een stroomstoring inbreuk op gedaan dan levert dat problemen op. Het improvisatievermogen van demente mensen is nihil. Dit kan leiden tot angst- en ontredde gevoelens. Hier moet door het personeel op in worden gespeeld.

Stel dat er geen noodstroomaggregaat aanwezig is dan doen zich de eerste twee uur weinig problemen voor. Alleen bewoners die op

specifieke elektrische apparatuur zijn aangesloten zoals luchtmatrassen ondervinden hinder. De deuren van het tehuis gaan automatisch open, overdag kan dat lastig zijn omdat de demente mensen dan weg kunnen lopen. Ook zal het calamiteitenpaneel uitvallen waarop de pieperinstallatie is aangesloten. In de periode twee tot acht uur ontstaan er problemen met de voedselbereiding, de koeling van het mortuarium, de warmwatervoorziening en het luchtbehandelingssysteem. In de paramedische sector kunnen vlinder- en parafinebaden niet op de juiste temperatuur worden gehouden. Gedurende de nacht is een verpleeghuis minder kwetsbaar, dan liggen de meeste functies toch stil. Aan het begin van de periode van acht tot 24 uur komt de kamernoodverlichting stil te liggen die op accu's functioneert. In deze periode treden problemen op met de koeling van produkten in de diepvries. Gaat de stroomstoring nog langer duren dan moeten bepaalde mensen overgeplaatst worden naar een beschermde omgeving, bijvoorbeeld rolstoelgebruikers en mensen die communiceren via een blaaspomp. De opname van nieuwe patiënten zal niet mogelijk zijn.

thuiszorg

Zorgbehoevende mensen thuis zijn afhankelijk van elektriciteit. Te denken valt aan medisch/technische apparatuur (heparine of infuus pomp, dialyseapparatuur, beademingsapparatuur) en aan de personenalarmering. Rolstoelgebruikers bijvoorbeeld zijn sterk afhankelijk van elektriciteit voor het opladen van de elektrische rolstoel en de elektrisch te openen en te sluiten deuren in huis. Voor problemen in de thuiszorg zie kader 4.5.

Een aandachtspunt is de ontwikkeling dat de thuiszorg een steeds belangrijker positie gaat innemen in de hulpverlening aan met name ouderen. Er is een tendens om oudere mensen

Kader 4.5 Problemen in de thuiszorg

Gedurende de eerste twee uur zullen zich in de hulpverlening van de thuiszorg niet veel problemen voordoen. Met enige vertraging gaat de zorg gewoon door. In de periode twee tot acht uur ontstaat er aanzienlijke vertraging in de hulpverlening, het schema raakt in de war. Handelingen kosten meer tijd dan gepland, zeker wanneer het donker is. Dan moet gewerkt worden bij licht van zaklampen en kaarsen. Hierdoor raakt het hulpschema in de war, zoals bleek in de Achterhoek. Hulpverleners zijn niet op tijd bij de volgende persoon op de lijst. Bij de zorgbehoevende kan paniek ontstaan, ook omdat de telefonische bereikbaarheid slecht is, waardoor de informatievoorziening niet voldoende is. Gaat de stroomstoring langer duren dan acht uur dan is het van belang alle zorgbehoevenden te bereiken. Als er geen lijst op papier beschikbaar is dan is onduidelijke wie, waar en wat voor hulp hoeft. Na acht uur zullen op het kantoor van de thuiszorg de medische entstoffen, die in een koelkast moeten worden bewaard, bederven. Bij een stroomstoring langer dan 24 uur wordt de situatie voor de thuiszorg precair.

zo lang mogelijk thuis te laten zijn. Maar ook neemt de medische hulpverlening thuis met behulp van elektrische apparatuur een steeds belangrijkere positie in. Bij de thuiszorg zijn de geografische kenmerken van het gebied wat getroffen is van invloed. In een landelijk gebied bestrijkt de thuiszorgorganisatie een qua omvang groter gebied dan in een stedelijk gebied. De af te leggen afstanden tussen diegenen die zorg krijgen, zullen in het landelijk gebied groter zijn, daarmee zal de bereikbaarheid minder zijn.

resumé

Voor ziekenhuizen, bejaarden/verzorgingstehuizen en verpleeghuizen is het belangrijk te onderscheiden of een noodstroomaggregaat aanwezig is of niet. Voor ziekenhuizen is dit verplicht. Bij verpleeghuizen is dit eerder het geval dan bij bejaardentehuizen. Zonder noodstroomaggregaat kunnen zich tal van problemen voordoen die als functie van de tijdsduur toenemen, zodanig dat de situatie na 24 uur onhoudbaar wordt, met name in de winter. Mensen die hulpverlening van thuiszorg nodig hebben, kunnen in paniek raken als de hulpverleners niet op tijd verschijnen en de telefonische bereikbaarheid slecht is. Dit zal vooral gebeuren bij een stroomstoring met een duur langer dan twee uur.

4.3 Openbare diensten

politie

Bij een stroomstoring ontstaat er voor de politie direct extra werk vergeleken met een normale situatie, zie kader 4.6. Daarbij ondervinden ze zelf ook hinder van de stroomstoring. Niet alle politieposten zijn voorzien van een noodstroomvoorziening. Nieuwe bureaus worden vaak voorzien van noodstroomvoorzieningen, oudere bureaus zijn dat (nog) niet. Kleine politieposten zijn meestal niet voorzien van een aggregaat. Vooral in landelijke gebieden zijn politieposten klein. Telefoons van deze kleinere politieposten kunnen echter worden doorgeschakeld naar een regionale meldkamer. Omdat de ene politie-eenheid wel en de andere niet over een noodstroomvoorziening beschikt, kan bij een stroomstoring het evenwicht tussen de eenheden verdwenen zijn.

Als een stroomstoring zich voordoet dan is gebleken dat de politie extra mensen in dienst roept of mensen in dienst houdt. Deze worden ingezet ten behoeve van de meldkamer en de

Kader 4.6 Acties van de politie

De bevolking gaat meteen bellen om te vragen wat er aan de hand is, dit leidt tot overbelasting van de (centrale) meldkamer van de politie. Daarnaast moet de politie reageren op alarmmeldingen; de meeste inbraakalarmen gaan af op het moment dat de stroom eraf gaat. Deze kunnen niet altijd allemaal gecontroleerd worden vanwege een teveel aan meldingen. Verder moeten in steden verkeerskruisingen handmatig beveiligd worden als de stroomstoring in de spits plaatsvindt. In Rotterdam en Den Haag is dat gebeurd. In Den Haag deden zich aanrijdingen voor op de kruisingen wat tot letsel leidde. Doordat de politie extra activiteiten moet ondernemen vergeleken met een normale situatie kan in sommige gevallen de normale surveillancerondes (preventiesurveillances) geen doorgang vinden (Rotterdam, Edam). Terwijl in andere gevallen juist besloten wordt tot extra surveillances (Bleiswijk, Den Haag). Vinden eventueel plunderingen plaats dan geeft dat veel extra werk voor de politie. (Voor de zes Nederlandse verstoringen in dit onderzoek is dat niet naar voren gekomen, maar het is in het verleden wel in Nederland gebeurd, zie kader 2.1.) Tot slot moet, met name in industriële gebieden, de route gevaarlijke stoffen worden beheerst. Het vervoer van gevaarlijke stoffen vindt via routes over bruggen in plaats van tunnels plaats. Het kan zo zijn dat gedurende een stroomstoring de bruggen met beweegbare delen niet meer functioneren. De route gevaarlijke stoffen moet dan worden gewijzigd en indien dat niet mogelijk is, moeten de vrachtwagens met lading tijdelijk worden gestationeerd op een afgebaand terrein met bepaalde beveiligingen.

extra surveillances die moeten worden uitgevoerd. Zeker als blijkt dat de stroomstoring langer gaat duren, worden extra mensen in dienst geroepen. In de periode twee tot acht uur zal het overwerk toenemen. Eventueel wordt er met geluidswagens rondgereden om de bevolking in te lichten. Overdag zal het administratieve personeel worden weggestuurd. In deze periode moeten ook de portofoons weer worden opgeladen. Is er geen noodstroomaggregaat dan is dat niet mogelijk. In de periode acht tot 24 uur nemen de ongemakken op automatiseringsgebied toe. Belangrijker is dat er prioriteiten gesteld zullen moeten worden. Bij een stroomstoring langer dan 24 uur zullen deze prioriteiten scherp gesteld worden. De personeelsinzet zal gericht zijn op handhaving van de openbare orde, verkeersbegeleiding en instandhouden van (nood)radioverbindingen.

brandweer

De brandweer komt bij een stroomstoring in actie voor de kleine hulpverlening, dat wil zeggen mensen uit vastgelopen liften bevrijden, eventueel hulp geven bij verkeersongevallen, of mobiele aggregaten inzetten. Daarbij is het tijdstip (dag en tijd) en het seizoen van invloed. De eigen organisatie van de brandweer (kantoorfuncties) ondervindt dezelfde problemen als ieder ander bij elektriciteitsuitval. Brandweerkazernes zijn voorzien van noodstroomvoorzieningen. Eventueel kan, naast de meldkamers van politie en elektriciteitsbedrijf, ook de meldkamer van de brandweer overbelast raken door een stroom van telefoontjes van verontruste burgers. Door congestie in het telefoonnet kunnen brandmeldingen vertraagd binnenkomen, dit vergroot de kans op calamiteiten. Mogelijk zijn er problemen met de watertoevoer naar bluswatervoorzieningen (kleine blusmiddelen) door het uitvallen van hydrofoorinstallaties of door een verlaagde druk

in het waterleidingnet.

In de periode twee tot acht uur neemt de druk op de organisatie toe. Er zullen prioriteiten moeten worden gesteld. De kans dat zich een incident voordoet in met name industriële gebieden neemt toe; industriële processen kunnen ontregeld raken door stroomuitval. Daarnaast neemt de kans toe dat een incident kan uitgroeien tot een calamiteit. Enerzijds is het zo dat de melding van een ongeval naar de brandweer toe moeilijker is in verband met congestie in het telefoonnet. Anderzijds is het voor de brandweer moeilijker om effecten te bestrijden door bijvoorbeeld ontstane verkeerschaos en ook omdat de capaciteit om aan de effecten te werken door de drukte kleiner is geworden. Bij een calamiteit moeten burgers gewaarschuwd worden. Het sirenenetwerk is hiervoor bedoeld. Dit systeem zal echter gedurende een stroomstoring niet optimaal functioneren en het is de vraag of het zinvol is de burgers op deze wijze te alarmeren tijdens een stroomstoring. Soms zijn er afspraken gemaakt met de regionale omroepen om berichten uit te zenden. Aan de zijde van de ontvangst is er echter een probleem: televisies en radio's die zijn aangesloten op het elektriciteitsnet functioneren niet tijdens een stroomstoring.

In de periode acht tot 24 uur nemen de problemen toe. Mogelijk is opschaling nodig en wordt een coördinatiepunt plaats incident (CPI) ingesteld. Hierin zijn politie, brandweer en ambulancedienst vertegenwoordigd. Later kan dit CPI uitgroeien tot een beleidsteam op regionaal niveau. Gaat de stroomstoring langer dan 24 uren dan kunnen er voor de brandweer problemen ontstaan met onderlinge communicatie, afhankelijk van hoe lang het verbodingsnetwerk voorzien is van noodstroomvoorzieningen. Mogelijk ontstaan er op de langere duur ook problemen met brandstofvoorziening van de voertuigen en

noodstroomvoorzieningen en met de bluswatervoorziening.

gemeente

Bij een stroomstoring blijken de eerste acht uur niet van belang voor een gemeente. Vindt de stroomstoring overdag plaats dan vallen in het gemeentehuis de kantoorfuncties uit. Gemeentehuizen van grotere steden zijn soms voorzien van noodstroomvoorzieningen voor het functioneren van het gemeentelijk apparaat. Het bestuurlijk proces kan dan gewoon doorgang vinden. In grotere gemeenten zijn vaak ook voorzieningen getroffen voor het kunnen functioneren in geval van een ramp. Onderdeel daarvan vormt een noodstroomaggregaat. De rampenbestrijdingsorganisatie kan dus ook in het geval van een stroomstoring functioneren. Bij langere duur van de stroomstoring en een groter gebied gaat men denken aan opschaling; een crisisteam of zogeheten rampenstaf wordt dan bijeengeroepen. Bij langere duur van de stroomstoring zal de bestuurlijke procesgang op een of andere wijze doorgang moeten vinden.

centrale post ambulancevervoer

Bij de centrale post ambulancevervoer komen meldingen van ongevallen binnen. De meldkamer is voorzien van noodstroomvoorzieningen. De eerste acht uur doen zich voor de centrale post geen problemen voor. Daarna kan bijvoorbeeld de voeding van de zender/ontvangers uitvallen als er geen aggregaat is. (Tot die tijd hebben accu's het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening opgevangen.) Dan vormt communicatie een probleem. Na 24 uur zal de centrale post extra mensen in diensten moeten roepen want de druk op de geneeskundige hulpverlening neemt toe. De onrust onder de bevolking kan namelijk stijgen. Mensen moeten worden doorverwezen naar de GGD's, de RIAGG's. Op deze instanties zal op hun beurt de druk toenemen. Er kan

bijvoorbeeld in de winter bij koude een actiecentrum moeten worden ingericht om oudere mensen op te vangen. Dit levert extra problemen op, omdat de stroomvoorziening van een dergelijk actiecentrum geregeld moet worden.

resumé

Voor de politie en de brandweer ontstaat er in het begin van een stroomstoring direct extra werk. De congestie in het telefoonnet is daarbij een hinderlijke factor, zie kader 4.7. Vooral de politie moet tal van acties ondernemen, terwijl ze soms zelf niet beschikken over noodstroomvoorzieningen. De brandweer geeft meer hulpverlening op technisch gebied. Gemeente en centrale post ambulancevervoer zijn de eerste acht uur van een stroomstoring nauwelijks betrokken bij de hulpverlening. In de periode na acht uur neemt de druk op de politie en brandweer toe. Ook de gemeente raakt betrokken in de coördinatie van de bestrijding van de gevolgen. Bij meer dan 24 uur stroomstoring moet ook de centrale post ambulancevervoer meerdere acties gaan ondernemen in verband met de stroomstoring, mensen moeten worden doorverwezen, opvangruimtes moeten eventueel worden ingericht.

4.4 Huishoudens

Leden van huishoudens ondervinden zowel thuis als buiten op straat gevolgen van elektriciteitsuitval. Huishoudens bestaan uit diverse groepen personen. Mensen die in de thuissituatie zorg behoeven vallen hier ook onder. De gevolgen voor deze groep mensen zijn ook onder de thuiszorg (zie par. 4.2) behandeld. Thuis ondervinden huishoudens direct hinder van een stroomstoring omdat huishoudelijke apparatuur uitvalt. Hier vallen ook televisie en radio onder. Alleen via batterijradio's of de autoradio kunnen eventueel

Kader 4.7 Congestie in het telefoonnet

Voor de stroomstoring in de Achterhoek (4-1-1993) en die in Arnhem (25-8-1992) is gevraagd aan huishoudens of er gebeld is in verband met de stroomstoring en zo ja, waarheen. Bij de Achterhoek (N=568) bleek dat tijdens de stroomstoring veelvuldig naar de telefoon werd gegrepen door de burgers (70%). In Arnhem (N=315) was dat veel minder (10%). Het verschil valt te verklaren uit de lengte van de stroomstoring (acht uur respectievelijk minder dan een uur) en het tijdstip (avond versus ochtend). In de Achterhoek belde ruim 80% naar familie en/of kennissen, ruim 10% naar het elektriciteitsbedrijf, 2% naar de politie en nog geen procent naar 06-11.

De getallen voor de Achterhoek geven aan dat een omvangrijke stroomstoring als die in de Achterhoek aanleiding geeft tot communicatie. Hierdoor ontstaat er congestie in het telefoonnet en raken meldkamers van elektriciteitsbedrijf en politie overbelast. De onderlinge communicatie tussen medewerkers van het elektriciteitsbedrijf wordt gehinderd en die tussen de verschillende openbare diensten. In het onderzoek naar de zes verstoringen is geen melding gedaan, dat het Nationaal Noodnet is gebruikt. (Het Nationaal Noodnet is een net dat onafhankelijk van het normale telefoonnet kan worden gebruikt, met name openbare diensten zijn erop aangesloten.) Ander aspect is dat voorlichting naar publiek toe bemoeilijkt wordt. Zo kunnen mensen die hulpverlening via thuiszorg krijgen niet worden bereikt.

nog berichten worden ontvangen. Huishoudens met een combi-ketel of een elektrische boiler hebben geen beschikking over warm water bij een stroomstoring. In hoogbouw kunnen hydrofoorinstallaties uitvallen die het drinkwater naar de verdiepingen moet pompen. Op de hogere verdiepingen is er dan geen beschikking over leidingwater. Omdat veel mensen gaan bellen raakt het telefoonnet overbelast. Vooral voor zorgbehoevenden is communicatie erg belangrijk. Is het niet mogelijk om te communiceren dan kunnen paniekgevoelens ontstaan. Voor deze groep mensen valt ook de medisch/technische apparatuur in huis uit. Buiten kunnen leden van huishoudens niet winkelen omdat winkels gesloten worden. Ook is in steden alleen nog openbaar vervoer per bus mogelijk. Tegelijkertijd kan er verkeerschaos zijn ontstaan waardoor vertragingen in het vervoer kunnen worden opgelopen.

Gaat de stroomstoring langer dan twee uur duren dan wordt in de winter de uitval van de centrale verwarming en het gemis aan warm water steeds hinderlijker. Tegen de acht uur stroomstoring wordt het problematisch de maaltijdvoorziening aan huis doorgang te laten vinden. Ook wordt het lastig voor invaliden hun elektrische rolstoel op te laden. Aan het eind van deze periode ontstaat mogelijk schade door bederf van waar in koelkast en diepvriezer. Forenzen die afhankelijk zijn van het openbaar vervoer ondervinden aanzienlijke vertragingen. De stroomstoring heeft inmiddels ook invloed op het treinverkeer. Maar ook in het wegverkeer zullen zich opstoppingen voordoen.

In de periode acht tot 24 uur zullen leden van huishoudens voorzieningen die ze niet meer in het stroomstoringsgebied kunnen krijgen van buiten het gebied halen. Dit leidt tot extra verkeersdrukte. Gaat de stroomstoring nog langer duren dan treden allerlei psychologische effecten op, er ontstaat onrust onder de

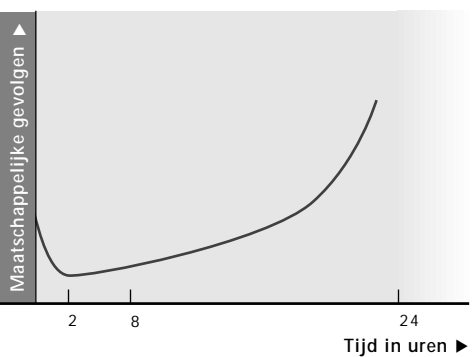
bevolking. Voor zorgbehoevenden zal de situatie precair worden. In een industrieel gebied krijgen de bewoners ook te maken met emissies van industrieën.

4.5 Conclusies en overzichten

De maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening zijn sterk afhankelijk van tijdsduur van de verstoring. In figuur 4.1 is hiervan een kwalitatieve weergave gegeven. Er zijn drie delen in de curve te onderscheiden. Direct na de verstoring treedt een groot aantal gevolgen op, die echter na één tot twee uur weer afnemen. Te denken valt aan verkeersongelukken, ontsnappen van gassen uit industriële processen, vastzitten van mensen in metro en liften. Het tijdstip en de kenmerken van het gebied zijn belangrijke karakteristieken in deze periode. In het tweede deel van de curve, van twee tot acht uur, worden de gevolgen steeds omvangrijker en nemen ongeveer lineair toe. Het betreft hier vooral gevolgen doordat apparaten, regelapparatuur en communicatie-apparatuur niet meer functioneren. Deze gevolgen worden steeds meer merkbaar, bijvoorbeeld geen verwarming omdat de pomp van de centrale verwarming niet meer werkt, geen water in flatgebouwen omdat de hydrofoorinstallatie niet functioneert, geen kunstlicht, geen radio en televisie, geen doorgang vinden van bedrijvigheid, geen verkoop van goederen en diensten. In het derde deel van de curve, na acht uur, nemen de gevolgen exponentieel toe. Kippen en varkens gaan dood, gekoelde producten bederven, materiaal in leidingen is vastgekoekt, maaltijdvoorziening in bejaardenhuizen kan geen doorgang vinden, hulpverlening bereikt hulpbehoevende mensen thuis niet meer. De effecten worden na een langdurige periode steeds erger, transport komt stil te liggen, de bevoorrading van aggregaten met brandstof vormt een probleem, tunnels kunnen onder water lopen, koeien moeten worden drooggelegd.

Landbouw	0 - 2 uur	2 - 8 uur	8 - 24 uur	24 uur->
algemeen		watervoorziening dieren erg belangrijk		
melkveehouderij	geen probleem	in melktijd, dan problemen (uierontsteking)	er moet gemolken worden anders koeien droogleggen	maatregelen noodzakelijk: melk in koelanks weggooiden
varkenshouderij	geen probleem	ventilatieproblemen, dode dieren	sterfte; groei stagnatie	maatregelen noodzakelijk
pluimveehouderij	bij slachtkuikens (loslopend) snel sterfte (met name zomer); groei stoornis		ook grote sterfte bij pluimvee in kooien, groei stagnatie	maatregelen noodzakelijk
glastuinbouw	buitentemperatuur belangrijk; computer-sytemen storingsgevoelig voor nsa*; kwaliteits-verlies en/of vernietiging teelt mogelijk	mogelijk problemen met koeling producten (ook op veiling)	kwaliteitsverlies producten in koelcellen; problemen met logistiek	kans op kwaliteitsverlies en vernietiging neemt toe * nsa = noodstroomaggregaat

Tabel 4.1 Gevolgen voor de landbouw.



Figuur 4.1 Een kwalitatieve schets van de maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening als functie van de duur van de verstoring (niet cumulatief).

Onderstaande tabellen 4.1 tot en met 4.6 geven de te verwachten gevolgen voor de verschillende, in dit hoofdstuk beschreven, sectoren als functie van de uitvalduur. De tabellen vormen een schematische weergave van de kwalitatieve beschrijving van de maatschappelijke gevolgen. De tabellen belichten de aandachtspunten, maar beogen niet volledig te zijn. In de tabellen is noodstroomaggregaat afgekort met nsa.

Dienstverlening	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
detailhandel/ horeca	omzetverlies afhankelijk van tijdstip/dag, voor horeca ook seizoen van belang	omzetverlies neemt toe met tijdsduur	kwaliteit bederfelijke waar gaat achteruit tot bederf aan toe	
banken/postkantoren	handmatig werken: kluizen dicht; geldautomaten vallen uit		geld raakt op; sluiting kantoren: klanten moeten uitwijken	geldvoorziening stroomstoringsgebied probleem
kantoororganisaties	administratie en communicatie belemmerd	wegsturen werknemers; problemen met klimaat beheersing	schade door achterstanden in administratie en zakelijke contacten	

Tabel 4.3 Gevolgen voor de dienstverlenende sector.

Industrie	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
algemeen	verstoring productie; uitval verwarming, koeling, watervoorziening; omzetverlies; veiligheidsrisico's nemen toe; gestoorde informatievoorziening; materiële schade		schade neemt toe met de tijdsduur: doorlevering grondstoffen wordt probleem	
voedingsmiddelen	productieprocessen stoppen, materialen gaan uitzakken	verharden vloeibare grondstoffen: bederf	schoonmaken neemt steeds meer tijd in beslag	
chemische	mogelijk letsel en/of milieuschade als proces niet fail safe is		emissies naar milieu: dichtslibben leidingen	afblazen leidt tot stank: bij veel langere duur en belangrijk economisch gebied een uitstralings-effect
kunststofverwerkende/ metaal	productieprocessen stoppen, materiaal begint uit te harden	uitharden materialen, wegsturen werknemers		
hangengebonden activiteiten	mogelijk in lichte mate waterverontreiniging door abrupt stoppen laden/lossen	geen bevoorrading industrie omdat overslag stil ligt		uitstralingseffect

Tabel 4.2 Gevolgen voor de industrie.

Openbare diensten	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
politie	overbelasting (centrale) meldkamer; reageren alarmmeldingen; surveillance; regelen verkeerskruisingen	zie ook 0-2 uur: meer overwerk; rondrijden geluidswagen; beheersen route gevaarlijke stoffen	stellen van prioriteiten ongenakken op automatiseringsgebied	prioriteiten scherp stellen; handhaving openbare orde verkeersbegeleiding en instandhouden noodradio-verbindingen
brandweer	in actie voor kleine hulpverlening (liften, verkeersongevallen)(dag-tijdstip ,seizoen belangrijk) ; kans op brand neemt toe	prioriteiten stellen want druk op hulpverlening neemt toe; incident kan uit groeien tot calamiteit	problemen 2-8 uur nemen toe; eventueel een Coördinatiepunt Plaats Incident instellen	problemen met brandstofvoorziening; problemen met onderlinge communicatie
gemeente	geen problemen, alleen kantoorfuncties ondervinden hinder (overdag); gemeentebesturen nauwelijks op hoogte			
centrale post ambulancevervoer	geen problemen		problemen met communicatie als voeding van zender/ontvangers uitvalt	communicatie wordt moeilijker; druk op hulpverlening neemt toe, doorverwijzen naar GGD, Riagg enz.

Tabel 4.5 Gevolgen voor openbare diensten.

Instellingen	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
ziekenhuis	nsa* verplicht, neemt deel vermogen over, kantoorfuncties vallen weg	wegvallen kantoorfuncties wordt hinderlijker	handmatig administratie doen	mogelijk vormt bevoorradings nsa met brandstof een probleem
bejaarden-/ verpleeghuis zonder nsa*	liften; geen maaltijdvoorziening, verlichting afhankelijk van tijdstip; pieperinstallatie in huis; elektrische apparatuur op kamers; extra personeel in dienst	zeker problemen met maaltijdvoorziening, koeling mortuarium, warmwatervoorziening; noodverlichting stopt, met kaarsen werken geeft onveilige situatie; in winter geen verwarming; in de nacht minder kwetsbaar	zie ook 2-8 uur; ook problemen met diepvries	situatie wordt onhoudbaar; in verpleeghuis: evacuatie deel patiënten en medische behandelingen stoppen; bevoorrading goederen mogelijk een probleem
bejaarden-/ verpleeghuis met nsa	alleen problemen met individuele elektrische apparatuur op kamers; deuren gaan open, mensen kunnen zonder toezicht tehuis in/uit			
thuiszorg	zorgbehoevende mensen thuis voor functioneren afhankelijk van elektriciteit en communicatiemogelijkheden	hulpverlening raakt achter op schema, door verstoorde communicatie paniek bij zorgbehoevenden	zie ook 2-8 uur, als geen lijst beschikbaar dan onduidelijk wie, waar en wat voor hulp behoeft; bederf van medische entstoffen op kantoor	situatie precair, mensen evacueren

* nsa = noodstroomaggregaat

Tabel 4.4 Gevolgen voor instellingen.

Huishoudens	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
binnen	geen huishoudelijke apparatuur, geen warm water; in hoogbouw geen drinkwater; geen televisie/radio; congestie telefoonnet; medisch/technische apparatuur voor zorgbehoevenden valt weg	in winter geen centrale verwarming; maaltijdvoorziening aan huis voor zorgbehoevenden mogelijk probleem	bederf van levensmiddelen	situatie voor zorgbehoevenden wordt precar; psychologische effecten; in industrieel gebied mogelijk stank door emissies
buiten	verkeerschaos; openbaar vervoer alleen per bus; winkels gesloten; openbare verlichting valt weg ('s avonds)	voorzieningsniveau daalt, leden huishouden zullen voorzieningen van buiten gebied gaan halen, verkeersdruk; geen openbare verlichting		

Tabel 4.6 Gevolgen voor huishoudens.

Verstoringsscenario: Invloed op infrastructurele systemen



Andere infrastructuren, de drinkwatervoorziening, de waterhuishouding, de gasvoorziening, het transport, de telecommunicatie en de afvalverwerking, maken voor hun functioneren in toenemende mate gebruik van elektriciteit. Een elektriciteitsuitval heeft dan ook gevolgen voor het functioneren van de andere infrastructuren. Ze hoeven zelf niet verstoord te raken terwijl toch gevolgen worden ondervonden die samenhangen met de infrastructuur. In paragraaf 5.1 komt dit aan de orde. Met de toename van de tijdsduur van de verstoring veranderen de gevolgen voor de infrastructuren. In paragraaf 5.2 tot en met 5.8 wordt dit per infrastructuur toegelicht. Tegelijkertijd wordt beschreven of er gevolgen zijn voor derden of niet. In dit hoofdstuk worden niet de gevolgen vermeld die de infrastructuren ondervinden in de kantoororganisatie, dat is begrepen onder paragraaf 4.2. Tot slot wordt in paragraaf 5.9 een schematische weergave gegeven van de gevolgen als functie van de tijdsduur van een verstoring.

5.1 Tweeledige invloed

Het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening heeft invloed op (andere) infrastructurele systemen. Deze invloed kan tweeledig zijn. Ten eerste kan het functioneren van de infrastructuur zelf worden belemmerd. Ten

tweede kan de apparatuur die is aangesloten op de infrastructuur niet (goed) functioneren of vindt een sociale reactie plaats waardoor het functioneren van de infrastructuur toch beïnvloed wordt. In tabel 5.1 is voor de zes onderzochte verstoringen in Nederland een overzicht gegeven van de invloed waarbij rekening is gehouden met de tweeledigheid ervan. De codering is daarbij als volgt tot stand gekomen. Is de infrastructuur zelf wél of niet beïnvloed. Deden zich wél of geen gevolgen voor. Geen invloed op een infrastructuur en geen gevolgen (codering -) doet zich vooral voor als zich geen essentiële onderdelen van een infrastructuur systeem in een

stroomstoringsgebied bevinden of als het systeem bijvoorbeeld functioneert op noodstroomvoorzieningen. Uit de tabel komt dit vooral naar voren voor de drinkwatervoorziening en de elektriciteitsvoorziening (invloed op andere voorzieningsgebieden). Geen invloed op een infrastructuur en wel gevolgen (codering ••) doet zich met name voor bij de telecommunicatie, maar ook bij de drinkwater- en gasvoorziening. Zo functioneren bij de telecommunicatie veelal de interne telefooncentrales van bedrijven en instellingen niet meer omdat deze direct afhankelijk zijn van het openbare elektriciteitsnet. Een ander probleem dat zich bij de telecommunicatie

	Achterhoek	Arnhem	Rotterdam	Edam	Bleiswijk	Den Haag
Elektriciteits-systeem*	•	-	•••	-	-	•••
Drinkwater	-	(••)	••	-	-	••
Waterhuis-houding	•	•	•	•••	(-)	-
Gassysteem	••	••	••	(••)	-	-
Transport	•••	•••	•••	(•)	#	•••
Telecommu-nicatie	••	••	••	••	••	••
Afval	#	#	#	#	#	#

- Geen invloed op infrastructuren, geen gevolgen
- Invloed op infrastructuren, geen gevolgen
- Geen invloed op infrastructuren, gevolgen
- Invloed op infrastructuren, gevolgen
- () Vermoedelijke invloed
- # Geen gegevens

*andere voorzieningsgebieden

Tabel 5.1 Invloed van het wegvalen van de elektriciteitsvoorziening op (andere) infrastructuur systemen voor de zes Nederlandse verstoringen.

voordoeft is de congestie die optreedt omdat iedereen gaat bellen. Ook het systeem van de drinkwatervoorziening functioneert door. Maar huishoudens kunnen verstoken van drinkwater raken omdat hydrofoorinstallaties wegvallen. Voor de gasvoorziening geldt dat huishoudens gas geleverd krijgen, maar dat apparaten die functioneren op gas, maar tevens afhankelijk zijn elektriciteit niet functioneren (centrale verwarmingsketel). Voor Bleiswijk en Den Haag zijn hierover geen gegevens verzameld. Als de verstoring wel van invloed is op een infrastructuur systeem hoeven echter nog niet direct gevolgen op te treden (codering •). Dit doet zich vooral voor bij de waterhuishouding. Hoewel (riool)gemalen en waterzuiveringsinstallaties stil komen te liggen, leidt dit niet direct tot overstort. Als zich overstort voordoeft is wel sprake van gevolgen (codering •••). Overstort doet zich voor afhankelijk van de weersomstandigheden (veel regenval) of bij een langere tijdsduur. Ook voor het transport is sprake van invloed op de infrastructuur én gevolgen; metro en tram komen stil te liggen en reizigers kunnen niet vervoerd worden. Ook kan het treinverkeer stil komen te liggen.

5.2 Elektriciteitsvoorziening

Voor het elektriciteitsbedrijf (zie kader 5.1) betekent een stroomstoring onderbreking van de levering van elektriciteit aan alle betrokken klanten zoals huishoudens, industrie, handel, tuinbouw en openbaar vervoer. Gevolg is dat klanten gaan bellen naar de storingsreceptie, waardoor deze overbelast wordt. Ook op het bedrijfsvoeringscentrum kan overbelasting ontstaan door meldingen van het systeem. Het bedrijfsvoeringscentrum is de plaats waarvandaan de coördinatie voor het herstel van het hoogspanningsnet plaatsvindt. De bedrijfsvoeringscentra van de elektriciteitsbedrijven (zowel producenten als distributeurs) zijn beveiligd met accu's en

noodstroomaggregaten. De coördinatie voor het midden- en laagspanningsnet vindt veelal plaats bij de lokale storingsdiensten. Afhankelijk van de ernst van de stroomstoring zullen er extra mensen in dienst worden geroepen om de stroomstoring te verhelpen, de telefoon te beantwoorden en voor de coördinatie. In de periode twee tot acht uur neemt de druk op de storingsreceptie en eventueel het bedrijfsvoeringscentrum toe. De storingsreceptie wordt overstelpt met telefoontjes. Om de druk op te vangen worden eventueel nog meer extra mensen in dienst geroepen. In de periode acht tot 24 uur vormt met name het instandhouden

Kader 5.1 De PGEM en de stroomstoring in de Achterhoek

Het hoofdkantoor van de pgem is in Arnhem gevestigd. Hier wordt het 50 en 150 kV-net beheerd. Er zijn verschillende pgem-distributiebedrijven, voor de Achterhoek is dit het distributiebedrijf Doetinchem. Dit distributiebedrijf is onderverdeeld in rayons. Het rayon Berkelstreek beslaat de gemeenten Borculo, Lochem, en Ruurlo, de plaatsen waar de stroomstoring het langst duurde. Omdat de storing in het 150 kV-net plaatsvond ging de storing de competentie van de storingsleider in de regio te boven. De coördinatie werd vanuit het bedrijfsvoeringscentrum in Arnhem geregeld. Wel werd het reeds gesloten kantoor van het distributiebedrijf Doetinchem weer bemand. Hier en op het hoofdkantoor zijn veel telefoontjes ontvangen, in totaal circa 1500. Het normale werkritme van de medewerkers werd geheel verstoord. Er moesten veel mensen extra in dienst worden geroepen, voornamelijk voor herstelwerkzaamheden maar ook voor de bemanning van de telefoonposten.

van de communicatie een aandachtspunt. Eventueel kan de beschikbaarheid van de storingsdienst afnemen doordat er al zoveel beroep gedaan is op deze dienst.

In tabel 5.1 is voor drie verstoringen aangegeven dat de stroomstoring gevolgen had voor andere voorzieningsgebieden. Voor Rotterdam en Den Haag betekent dit dat de oorzaak van de stroomstoring zich voordeed in het gebied van een energiebedrijf maar voorzieningsgebieden van meerdere energiebedrijven betrokken raakten. In de Achterhoek kon het energiebedrijf voorkomen dat de stroomstoring in het 150 kV net zich zou uitbreiden, maar elders in de provincie moesten onderstations wel worden geïnspecteerd.

5.3 Drinkwatervoorziening

De produktiekant van de drinkwatervoorziening is gewaarborgd met aggregaten op de waterwinstations. Omdat tijdens een stroomstoring de vraag naar water vermindert, kunnen deze noodvoorzieningen de productie zonder problemen op peil houden. Pompstations zullen wel onder controle moeten staan. In een landelijk gebied waar de pompstations ver van elkaar liggen, kan de bereikbaarheid van deze pompstations een probleem vormen, brandstofvoorziening van de voertuigen moet dan gewaarborgd zijn. Maar ook in een stedelijk gebied kan de bereikbaarheid van de pompstations lastig zijn door verkeersdrukke. Aan de distributiezijde kan er lokaal drukdaling ontstaan, de levering gaat dan wel door. Als in het gebied waar de stroomstoring plaatsvindt hoogbouw aanwezig is dan kan in die hoogbouw de watervoorziening staken (in Rotterdam en Den Haag gebeurd), met name op de hogere verdiepingen (vanaf de vierde). Dit komt omdat hydroforen die het water naar de verdiepingen pompen, uitvallen. Hierdoor krijgt de meldkamer van het drinkwaterbedrijf de eerste uren van de stroomstoring te maken met

telefoontjes van mensen die een storing in de drinkwatervoorziening doorgeven. De meldkamer kan daardoor overbelast raken. Eventueel is de meldkamer niet bereikbaar door overbelasting van het telefoonnet. Voor de produktie is er tot twee à drie weken voldoende brandstof om deze op peil te houden (verplicht). Daarna ontstaan pas problemen als de brandstofvoorziening in gevaar komt.

5.4 Waterhuishouding

Voor de waterhuishouding zullen bij elektriciteitsuitval de stations c.q. gemalen gecontroleerd moeten worden, vergelijk de pompstations van de drinkwatervoorziening. Of zich gevolgen voordoen is afhankelijk van het gebied waar de stroomstoring plaatsvindt, met name de hoogteligging is belangrijk. Daarnaast is het weertype belangrijk. Ook de bergingscapaciteit van het (riool)stelsel is van invloed. Verder is het de vraag of er noodstroomvoorzieningen zijn of niet, dit is niet standaard.

In de waterhuishouding bestaat er een onderscheid tussen gemalen die water afvoeren naar oppervlaktewater en rioolgemalen die rioolwater afvoeren naar zuiveringsinstallaties. Zijn er geen noodstroomvoorzieningen op rioolgemalen en oppervlaktewatergemalen dan kan zich bij hevige regenval, in een lager gelegen gebied, in de eerste twee uur van een stroomstoring, als opvangbakken vol raken, het verschijnsel voordoen van een laagje vervuild water op straat.

In de periode twee tot acht uur kan overstort optreden. Dat deed zich in Edam inderdaad voor in de acht uur die de stroomstoring duurde. In deze periode is de hoogteligging van minder belang. Stel dat een stroomstoring zich in een hoger gelegen gebied voordoet tijdens een weertype zoals in de zomer van 1993 (veel regenval) dan zal er na zes uur overstort

optreden. Dit kan schade opleveren aan het milieu of aan agrarische activiteiten (groeiëizoen).

Duurt de stroomstoring langer dan acht uur dan zal er ook bij droog weer in het lager gelegen gebied het verschijnsel van water op straat voordoen. Bij regenval beginnen tunnels langzaam onder water te lopen.

Bij meer dan 24 uur stroomstoring doet het weertype er niet meer zoveel toe. Dan is de belangrijkste vraag of er een aggregaat op de gemalen is of niet. Zijn die er niet dan lopen tunnels (indien niet voorzien van een noodstroomaggregaat) en eventueel woongebieden in polders langzaam onder. Een alternatief is aggregaten op de gemalen plaatsen als blijkt dat de stroomstoring langer gaat duren, die aggregaten moeten echter wel beschikbaar zijn. Soms is het mogelijk het vervuilde water naar omringende polders af te voeren. Maar dat is niet te verkiezen omdat hierdoor agrarische activiteiten mogelijk hinder ondervinden. Wanneer overstort in de zomer plaatsvindt (dit zal alleen gebeuren bij een langdurige stroomstoring) is dit het meest schadelijk. De concentratie van de vervuilde stoffen is op dat moment het hoogst.

5.5 Gasvoorziening

In de gasontvangstations wordt het gas met een druk van 40 bar naar 8 bar gebracht. Daar vandaan vindt distributie door de gasbedrijven plaats. Deze verlagen de druk in gasreducerstations nog eens van 8 bar naar 100 of 30 mbar. Bij de drukdaling koelt het gas af (temperatuurval). Elektrisch aangedreven verwarmingen houden het gas op temperatuur. Deze verwarmingen vallen weg. Als gevolg hiervan zou bevriezing van onderdelen (bijvoorbeeld rubberen ringen) van het systeem kunnen plaatsvinden. Uiteindelijk zou dit kunnen leiden tot lekkage. Dit probleem zou zich

eigenlijk alleen in de winter kunnen voordoen bij een langdurige stroomstoring of bij een aantal stroomstoringen achter elkaar. Uit preventie vindt tijdens een stroomstoring controle plaats in de gasontvangst- en reduceerstations. Hierdoor kan eventuele bevriezing worden voorkomen.

Aan grootverbruikers van gas wordt direct gas met een hogere druk afgeleverd. Bij de afnemer doet zich dan hetzelfde probleem voor als in de gasontvangstations als de druk van het gas wordt verlaagd. Hier kan echter de aantekening worden gemaakt, dat bij dergelijke grote bedrijven het productieproces bij een stroomstoring stil komt te liggen en daarmee de gasafname, zodat het probleem van een temperatuurval zich niet voordoet. In Rotterdam is dit echter wel gemeld voor een bedrijf dat zich niet in het stroomstoringsgebied bevond, en dat zijn gas kreeg van een gasontvangstation dat zich er wel binnen bevond. Het gasvoorzieningssysteem blijft functioneren bij een stroomstoring. Wel doet zich het verschijnsel voor, dat de functies die vervuld worden door middel van gas bij individuele afnemers in veel gevallen afhankelijk is van elektriciteit, zoals in het geval van de centrale verwarming voor verwarming (probleem in de Achterhoek) en de combi-ketels voor warm water.

5.6 Transport

De vormen van vervoer die aanwezig zijn in een gebied zijn afhankelijk van de geografische kenmerken van het gebied. Het vliegverkeer is voor de Nederlandse verstoringen niet aan de orde gekomen. Uit de buitenlandse ervaringen blijkt echter dat zich problemen kunnen voordoen, zoals de uitval van landingsbaanlichten en verstoringen in de (tele)communicatie waardoor het vliegverkeer moet uitwijken naar andere vliegvelden buiten het stroomstoringsgebied.

In een gebied met veel vaarwegen zijn bruggen en tunnels aanwezig. Indien de bruggen beweegbare delen hebben, is afhankelijk van de stand op het moment van de stroomstoring geen scheepvaartverkeer of geen wegverkeer mogelijk. Als er geen scheepvaartverkeer mogelijk is dan worden overslagactiviteiten in de haven beïnvloed. (Deze worden ook al beïnvloed omdat laad- en losarmen vanaf de wal niet functioneren.) Als geen wegverkeer mogelijk is dan vindt filevorming en opstoppingen plaats. Ook wordt de route gevaarlijke stoffen, die altijd bovengronds gaat, gehinderd. Zijn er tunnels in het gebied en hebben deze geen noodstroomvoorzieningen dan wordt in eerste instantie het verkeer gehinderd omdat er geen verlichting is. En na verloop van tijd in de periode acht tot 24 uur begint zich langzaam water te vormen in de tunnels. Dit is enerzijds vanwege het niet kunnen afvoeren van grondwater en zal anderzijds bij regenval (versneld) gebeuren.

In een stedelijk gebied kunnen eventueel metro, tram en/of (trolley)bus aanwezig zijn. Metro en tram komen stil te liggen bij een stroomstoring. Het tijdstip waarop dat gebeurt is erg belangrijk. In de spits worden de meeste reizigers vervoerd. Businzet is mogelijk maar dat geeft zonder meer vertragingen en ook ondervindt het busverkeer hinder vanwege verkeerschaos, met name in de spits. Trolleybussen beschikken over een hulpmotor, waarmee de dienstverlening doorgang kan vinden zij het zeer vertraagd, de trolley-bussen halen een maximale snelheid van 25 km per uur. In de periode twee tot acht uur nemen de problemen voor het openbaar vervoer met metro, tram en (trolley)bus toe. In de periode acht tot 24 uur raken de accu's van metro en tram leeg, waardoor deze later moeilijker gestart kunnen worden. Na 24 uur komt ook het busvervoer stil te liggen. De bussen kunnen niet meer afgetankt worden.

Voor het reizigersvervoer per spoor is het de vraag of de spoorwegen zelf zijn getroffen door de elektriciteitsuitval en welk gebied getroffen is. Als er geen spanning is op de bovenleidingen dan rijden er geen treinen. Als dat in het westen van het land gebeurt dan heeft dat consequenties voor de rest van land en zelfs voor vervoer van/naar België en Duitsland. Het tijdstip is daarbij van belang. Over het algemeen betrekken de spoorwegen hun energie voor de bovenleidingen direct van de elektriciteitsbedrijven (middenspanning). Afhankelijk van de grootte van het stroomstoringsgebied kan het treinverkeer doorgang hebben in een gebied waar zich een stroomstoring voordoet, omdat het deel van het elektriciteitsnet waar de spoorwegen op zijn aangesloten niet is getroffen. Er wordt dan wel hinder ondervonden van de stroomstoring op de stations, of omdat bruggen niet functioneren waardoor vertraging ontstaat. In de periode tot twee uur is er sprake van een verstoorde dienstregeling. Van twee tot acht uur kunnen de produktiemiddelen (de locomotieven) niet meer op de juiste tijd op de juiste plaats gekregen worden.

In de periode acht tot 24 uur is er daardoor op een bepaald moment geen treinverkeer meer mogelijk. In een gebied waar de spoorwegen het vervoer met diesel aangedreven treinen verzorgen, heeft een stroomstoring geen invloed op de treinen zelf. Maar spoorbomen gaan dicht waardoor het treinverkeer zijn tempo moet aanpassen in verband met de veiligheid van de spoorwegovergangen. Hierdoor ontstaan vertragingen en ondervindt ook het wegverkeer hinder. In het gebied van de Achterhoek waar de stroomstoring maar een half uur duurde, ontstonden vertragingen die tot laat in de avond duurden. In de periode twee tot acht uur is geen treinverkeer meer mogelijk, de dienstregeling is te veel ontregeld en batterijen van seinen raken uitgeput, busvervoer kan dan worden ingezet.

Het wegverkeer is overal in Nederland aanwezig, ze ondervindt op velerlei wijze hinder van een stroomstoring. Allereerst houden verkeerslichtinstallaties op met werken. In een stad, tijdens de spits kan dit tot verkeerschaos leiden, zoals is gebeurd in Rotterdam en Den Haag (tabel 5.1). Daarnaast kan het wegverkeer hinder ondervinden van de problemen met

Kader 5.2 Vormen van transporthinder door elektriciteitsuitval

Scheepvaart

- bruggen kunnen niet omhoog
- geen gebruik laad- of losarmen vanaf de wal
 - overslagactiviteiten beïnvloed

Wegverkeer

- benzinepompen functioneren niet
- bruggen open
- water in tunnels
- geen verkeerslichten
- spoorbomen dicht
- geen openbare verlichting
 - omleidingen, verkeerschaos

Metro/tram

- stoppen
 - gestrande reizigers

(Trolley)bus

- verkeerschaos
- geen spanning op de bovenleiding
 - vertragingen in dienstregeling tot het stopzetten ervan

Trein

- direct: geen spanning op de bovenleiding
 - geen treinverkeer, gestrande reizigers
- indirect: spoorbomen naar beneden
 - verstoorde dienstregeling tot uiteindelijk geen treinverkeer

bruggen en tunnels zoals hierboven beschreven. Verder zijn spoorbomen dicht waardoor ook daar files ontstaan. Er kan niet meer getankt worden, omdat benzinepompen niet functioneren. Brandstof zal van buiten het stroomstoringsgebied verkregen moeten worden.

In kader 5.2 staat voor de verschillende vormen van vervoer de mogelijke hinder die zij kunnen ondervinden, kort weergegeven. De doorstroming van verschillende verkeersstromen is bij een elektriciteitsuitval niet verzekerd. Een goede doorstroming binnen de verkeersinfrastructuur is van belang voor de bereikbaarheid en de bevoorrading met goederen. Specifiek aandachtspunt in dit verband is de bevoorrading van aggregaten met brandstof.

5.7 (Tele)communicatie

Technisch gezien is het telefoonverkeer gewaarborgd, dit geldt ook voor het semafoonverkeer. Telecommunicatie via deze middelen is gegarandeerd over de periode van 24 uur heen tot weken aan een stuk. Bij belangrijke centrales zijn ondergrondse tanks aanwezig. De zenders van autotelefoon en mobilfoon staan niet allemaal op gebouwen die van noodstroom zijn voorzien. De dekking van deze netten is bij een elektriciteitsuitval dus mogelijk niet volledig.

Een probleem van andere orde die zich bij telecommunicatie voordoet is de congestie. Bij een groot verkeersaanbod raakt het telefoonnet overbelast. Dit gebeurt onder andere ook bij stroomstoringen, mensen die getroffen zijn door een stroomstoring gaan bellen naar vrienden of familie, naar het elektriciteitsbedrijf, politie, 06-11 of anders (zie ook kader 4.7). Het functioneren van telecommunicatie-apparatuur is een zaak die niets te maken heeft met het functioneren van het telecommunicatienet. Uit

de zes verstoringen bleek dat telecommunicatie-apparatuur niet (goed) functioneerde bij stroomstoringen. Met name interne telefooncentrales zijn vaak niet voorzien van noodstroomvoorzieningen. Dan is alleen nog communicatie mogelijk via de hoofdlijn. Voor bedrijven kan dit erg hinderlijk zijn. Verder valt ook telefax uit. Deze is direct afhankelijk van het elektriciteitsnet, evenals bijvoorbeeld pieperinstallaties in instellingen, of intercomsystemen.

In het algemeen is het verstoorde telefoonverkeer een hinderlijke factor bij de onderlinge communicatie. Een ongestoorde communicatie is belangrijk voor het functioneren van diverse sectoren. Door congestie in het telefoonnet of het wegvallen van interne telefooncentrales is dit niet altijd gewaarborgd. Ook kunnen radioverbindingen gestoord worden omdat meerdere instanties gebruik maken van deze verbindingen waardoor de ether 'vol' raakt. Om ongestoorde communicatie tussen openbare diensten te waarborgen is het Nationaal Noodnet ontworpen. Dit net heeft een eigen infrastructuur los van het telefoonnet. Uit het onderzoek is niet gebleken dat gebruik gemaakt is van dit net, terwijl het beleid is dat openbare diensten wel erop zijn aangesloten.

Wat communicatie betreft, vormt informatievoorziening in het algemeen een probleem. Allereerst is de informatievoorziening naar diegenen toe die deze informatie op hun beurt moeten doorgeven aan de bevolking problematisch. Dit kunnen zijn voorlichters van het energiebedrijf, politie, journalisten van de (regionale) omroep of krant. Het verstoorde telefoonverkeer is een hinderlijke factor, maar ook het wegvallen van telefax, computer-netwerken of telex. Ten tweede vormt de voorlichting van de openbare instanties naar de bevolking toe een probleem. Televisies en radio's die aangesloten zijn op het

elektriciteitsnet functioneren niet. Ook valt in veel gevallen het kabelsignaal weg bij een stroomstoring. Ook kan eventueel de regionale omroep niet uitzenden als ze niet over een noodstroomvoorziening beschikken. Als de zender wel beveiligd is dan nog kunnen de zendmasten die de informatie moeten doorgeven, wegvallen als daar geen noodstroomvoorziening aanwezig is. Kan de omroep wel uitzenden dan zal de uitzending kwalitatief minder worden omdat de informatievoorziening gebrekkig is. Daarom zullen meer verslaggevers moeten worden ingezet om ter plaatse te gaan kijken. Bij het langer gaan duren van de stroomstoring naar de 24 uur toe en over de termijn van 24 uur heen kan de beschikbaarheid van verslaggevers van de (regionale) omroep afnemen omdat er al zoveel beroep op is gedaan.

5.8 Afvalverwerking

Het ophalen van (grof) huisvuil is niet direct een probleem, al kan wel hinder worden ondervonden van verkeersdrukke door onder andere uitval van verkeerslichten. Na verloop van tijd echter zou de ophaal van afval kunnen stagneren door problemen met het aftanken van de wagens omdat de benzinepompen zijn uitgevallen. Als de bewoners hun huisvuil niet weer binnenhalen kan op de duur een onhygiënische toestand ontstaan. Ook de afvoer over de weg of per spoor voor regionale of landelijke (bijvoorbeeld VAM) verwerking kan stagneren. Wanneer dit geen dagen duurt, zijn geen grote problemen te verwachten. De stort van chemisch afval in de C2-deponie op de Maasvlakte is niet meer mogelijk omdat de kranen waarmee het afval in de bak wordt gedumpt geen noodstroomvoorziening hebben. Dit levert geen acute problemen op. Pas bij een zeer langdurige stroomstoring vormt dit een aandachtspunt omdat de opslag van dit chemische afval aan strenge voorwaarden is gebonden en niet zomaar elders mag worden opgeslagen.

Verbrandingsinstallaties van afval zijn veelal aan het elektriciteitsnet gekoppeld, omdat ze tijdens het verbrandingsproces meer energie opwekken dan noodzakelijk is voor de bedrijfsvoering. Deze energie wordt in de vorm van elektriciteit teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. Bij de verbranding van afval is het de vraag of de verbrandingsinstallatie over kan gaan op eilandbedrijf. Dat wil zeggen dat het bedrijf los van het openbare net kan functioneren. Is dit het geval dan zal er alleen worden teruggedaan in verwerkingscapaciteit omdat het terugleveren van opgewekte stroom aan het net niet meer mogelijk is. Werkt de verbrandingsinstallatie niet op eilandbedrijf dan komt de verbranding stil te liggen. Komt de verbranding van chemisch afval op een of andere wijze stil te liggen dan vindt een veilig afstoken plaats. Er blijven dan wel restproducten in de oven(s) achter.

5.9 Conclusies en overzichten

Uit de kwalitatieve beschrijvingen blijkt dat het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening gevolgen heeft voor het functioneren van andere infrastructuren, zoals de drinkwatervoorziening, de gasvoorziening, de waterhuishouding, het transport, de telecommunicatie en afvalverwerking. Deze invloed kan tweeledig zijn. Ten eerste kan het functioneren van de infrastructuur zelf worden beïnvloed. Ten tweede kan de apparatuur die afhankelijk is van de infrastructuur niet meer functioneren of vindt een (sociale) reactie plaats waardoor het functioneren van de infrastructuur wordt beïnvloed.

Tabel 5.3 geeft een overzicht van de gevolgen van een stroomuitval op het functioneren van de infrastructuur als functie van de duur van de stroomuitval. Daarbij kunnen drie perioden in de tijd worden onderscheiden, met ieder verschillende gevolgen. In de periode tot twee uur na het begin van de verstoring zijn de meeste infrastructuren niet verstoord, maar

treden wel gevolgen op omdat apparatuur die aangesloten is op de infrastructuur en afhankelijk is van elektriciteit niet meer functioneert. Te denken valt aan de hydrofoorinstallaties waardoor er geen drinkwater is in flats, aan de centrale verwarmingspomp waardoor de verwarming uitvalt en aan de uitval van telefooncentrales. Ook treedt congestie in het telefoonnet op doordat er veel gebeld wordt. Uitzondering in deze periode vormt het transport dat meteen in het begin van de stroomstoring al verstoord raakt.

In de periode van twee tot 24 uur neemt het ongemak sterk toe. Alleen voor de waterhuishouding verandert de situatie omdat er overstort op het oppervlaktewater kan plaatsvinden omdat opvangbakken vol raken.

Na 24 uur neemt het ongemak wat derden ondervinden, van het niet functioneren van de infrastructuur zelf of de apparatuur die erop is aangesloten, sterk toe. Ook kunnen de infrastructuren zelf ook mogelijk gevolgen gaan merken van de elektriciteitsuitval. De brandstofvoorziening van de tanks van de noodstroomaggregaten kan een probleem gaan vormen. Ook het transport over de weg kan stil komen te liggen omdat er geen brandstof getankt kan worden door de uitval van benzinepompen. Brandstof van buiten het stroomstoringsgebied zou dan moeten worden aangevoerd.

Tabel 5.2 geeft de invloed weer die de elektriciteitsuitval mogelijk heeft op (andere) infrastructuur als functie van de tijdsduur. De tabellen vormen een schematische weergave van de kwalitatieve beschrijving in de paragrafen 5.2 tot en met 5.8. De tabellen belichten de aandachtspunten, maar beogen niet volledig te zijn. In de tabellen is noodstroomaggregaat afgekort met nsa.

Infrastructuren	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
transport	zeer afhankelijk van kenmerken gebied; bruggen/tunnels (scheepvaartverkeer gehinderd). aard van het treinverkeer: met bovenleidingen: als getroffen, geen treinverkeer; als niet getroffen of geen bovenleiding, wel treinverkeer met vertragingen; metro en tram stoppen; trolley(bus) krijgt vertraging; wegverkeer ondervindt hinder van verkeerschaos	probleem met locomotieven op tijd op juiste plaats te krijgen op traject met functionerende bovenleiding; geen treinverkeer meer op treintraject zonder bovenleiding vanwege teveel vertragingen	treinverkeer stopt op traject met bovenleiding die functioneert; brandstof problemen voor busvervoer, wegvervoer	openbaar vervoer middels bussen komt ook stil te liggen (geen brandstof)
communicatie (en voorlichting)	door gebrek aan communicatiemiddelen mogelijk slechte informatievoorziening naar omroep(en) en publiek toe; mogelijk uitval zenders en/of zendmasten	informatieachterstand ontstaat, meer personeel inzetten	treinverkeer stagneert, mogelijk onhygiënische toestanden; stagneren stort C2-deponie aandachtspunt	beschikbaarheid verslaggevers neemt af
afvalverwerking	afvalophaal gehinderd door verkeerscongestie; geen stort in C2-deponie; teruggaan verwerkingscapaciteit afvalverbranding of stilligging ervan			

Tabel 5.3 Invloed op infrastructurale systemen (vervolg)

Infrastructuren	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
elektriciteit	overbelaste meldkamer; inschakelen extra mensen		behoud communicatie aandachtspunt	brandstofvoorziening nsa* mogelijk probleem
drinkwater	productie: controle veraf gelegen pompstations (aggregaten) distributie: lokale drukkudaling als geen nsa op distributiepomptation; bij wegvalen hydroforen geen drinkwater op verdiepingen, overbelaste meldkamer			drinkwatervoorziening gewaarborgd
waterhuishouding (stel geen nsa's)	in laag gebied bij hevige regenval na 2 uur (vervuld) water op straat	overstort in lager gebied bij regenval, ook bij hoger gebied bij zeer hevige regenval na zes uur overstort	in laag gebied treedt ook bij droog weer overstort op; bij regen lopen tunnels onder water	overstort vindt zeker plaats en gebieden lopen onder
gasvoorziening		over het algemeen geen problemen in systeem, wel controle gasontvangstation; bij afnemers uitval van functies die van elektriciteit afhankelijk zijn (centrale verwarming, warmwatervoorziening, instellingskeukens)		bij drukkudaling onstaat temperatuurval, op de lange duur zou dit tot problemen kunnen leiden
telecommunicatie			telefoon en semafoonverkeer verzekerd; mogelijk problemen met autotelefoon en/of mobilifoon; interne telefooncentrales, telefax, vallen weg; congestie in het telefoonnet	telefoonverkeer verzekerd tot weken aan een stuk; alleen mogelijk problemen met brandstofvoorziening nsa

Tabel 5.3 Invloed op infrastructurale systemen

* noodstroomaggregaat

Verstoringsscenario: Schade 6

	0-2 uur	2-24 uur	24 uur en langer
Drinkwater	••	••	••
Waterhuishouding	•	•••	•••
Gas	••	••	••
Transport	•••	•••	•••
Telecommunicatie	••	••	••
Afval	-	-	•••

- Geen invloed op infrastructuren, geen gevolgen
 • Invloed op infrastructuren, geen gevolgen
 •• Geen invloed op infrastructuren, gevolgen
 ••• Invloed op infrastructuren, gevolgen

Tabel 5.2 Invloed van het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening op infrastructurele systemen als functie van de duur van de uitval.

Schade als gevolg van elektriciteitsuitval betreft vooral economische schade (paragraaf 6.1). De schade die zich voordoet is sterk afhankelijk van de specifieke situatie van een bedrijf, instelling of dienst. Ook is van belang of een noodstroomaggregaat aanwezig is en hoe lang de stroomstoring duurt. Schade wordt meestal in kosten uitgedrukt. Voor de zes Nederlandse verstoringen zijn deze kosten voor een aantal respondenten bekend. Deze gegevens worden in paragraaf 6.2 vergeleken met gegevens uit buitenlandse onderzoeken. De kosten zijn ook afhankelijk van de tijdsduur van de verstoring. Hoe deze kosten hiermee samenhangen wordt in paragraaf 6.3 voor verschillende sectoren uiteengezet aan de hand van kwalitatieve weergaven. Naast economische schade doet zich soms ook milieuschade voor, dit wordt in paragraaf 6.4 kort behandeld. Tot slot wordt een concluderend overzicht gegeven van de kosten als functie van de tijdsduur geaggregeerd voor de verschillende sectoren.

6.1 Economische schade

Economische schade doet zich voor bij alle maatschappelijke sectoren. Economische schade wordt meestal in kosten uitgedrukt. Kosten zijn de 'schade die geleden wordt'. Niet voor alle sectoren is schade een relevant criterium voor de ondervonden gevolgen. Zo wordt door openbare

diensten met name overwerk verricht om de gevolgen van de stroomstoring te verhelpen. Deze wordt echter meestal niet in een geldwaarde uitgedrukt en ook niet verhaald. Voor het bedrijfsleven ligt dat anders. Daar wordt schade in geld uitgedrukt en waar mogelijk verhaald op een verzekering of er wordt een claim bij het elektriciteitsbedrijf gelegd. In de respons op de enquêtes bleek een viertal categorieën te onderscheiden:

- Omzetverlies of het wegsturen van werknemers;
- Overwerk of het inschakelen van extra personeel;
- Materiële schade, bijvoorbeeld bederf van waar of mislukt produkt;
- Voorzien in een noodstroomvoorziening.

Opgemerkt moet worden dat een respondent soms in meerdere categorieën schade vermeldde. Zo ondervond een winkelier bijvoorbeeld schade door omzetverlies, door het huren van een noodstroomaggregaat en door bederf van waar (het noodstroomaggregaat dekt niet het hele vermogen). Het wegsturen van werknemers was voor veel respondenten een concrete graadmeter voor geleden schade. Zeker in de case Edam, waar sprake was van een verstoring gedurende de werkdag, noemden respondenten deze schadepost.

6.2 Kosten van niet geleverde elektriciteit

de zes nederlandse verstoringen

Van de 278 respondenten (uitgezonderd huishoudens) uit de zes verstoringen heeft tweevijfde aangegeven een schade te hebben geleden. De helft hiervan kon daarvoor een bedrag noemen (voor kosten door overwerk of het wegsturen van werknemers is een bedrag van 60 gulden per persoon per uur gerekend). Van de respondenten die een bedrag konden

noemen, gaven er 37 hun elektriciteitsverbruik (per jaar of per maand) op. De kosten per niet geleverde kiloWattuur (kWh) is hieruit te berekenen. Voor vier verstoringen (N=108) is in een vijfde van de gevallen bekend dat de geleden schade op een of andere wijze is ingehaald. In tabel 6.1 is voor de 37 respondenten een onderverdeling gemaakt naar sectoren. Een onderscheid naar de vier categorieën (omzetverlies, overwerk, materiële schade en huur aggregaat) is gezien het geringe aantal respondenten hier niet gemaakt. Voor een aantal sectoren is het aantal respondenten te klein om betrouwbare uitspraken te doen. Voor de industrie en dienstverlening gaat het om meer respondenten.

De gemiddelde kosten per niet geleverde kWh zijn voor de industrie lager dan voor de dienstverlenende sector. De variatie in waarden (kleinste en grootste) is in beide sectoren grofweg hetzelfde. Binnen de sector industrie is een verschil aan te brengen tussen grote industrieën (op basis elektriciteitsverbruik) en kleinere. De kosten per niet geleverde kWh zijn voor de kleine industrieën beduidend hoger. Als naar absolute schadebedragen wordt gekeken dan zijn de absolute bedragen voor de grotere bedrijven aanmerkelijk hoger dan voor kleinere bedrijven. Bedragen van een half miljoen zijn door grotere bedrijven genoemd.

Bij twee verstoringen is ook aan huishoudens (N=883) gevraagd of er schade is geleden. Zestien respondenten gaven aan schade te hebben geleden aan apparatuur of bedorven voedsel. Tien noemden een schadebedrag en van zes is ook het bedrag wat ze jaarlijks aan elektriciteit uitgeven bekend. Op basis van 21 cent per kWh is een omrekening gemaakt naar de kosten per niet geleverde kWh, waarbij voor vier respondenten het elektriciteitsverbruik geschat is. Voor de sector huishoudens komt een bedrag van 60 cent naar voren. Voor de

Sector	Aantal respondenten	Gemiddelde kosten per niet geleverde kWh in gulden	kleinste waarde	grootste waarde
landbouw	3	33	1	55
industrie	14	30	0,04	140
grootbedrijf*	5	6	0,04	13
kleinbedrijf	9	43	5	140
dienstverlening	12	70	1	150
instellingen	4	60	9	160
openbare instanties**	4	56	0,03	215

* Verbruik van meer dan 500 kWh per uur (gemiddeld)

** Openbare diensten en voorzieningen samen

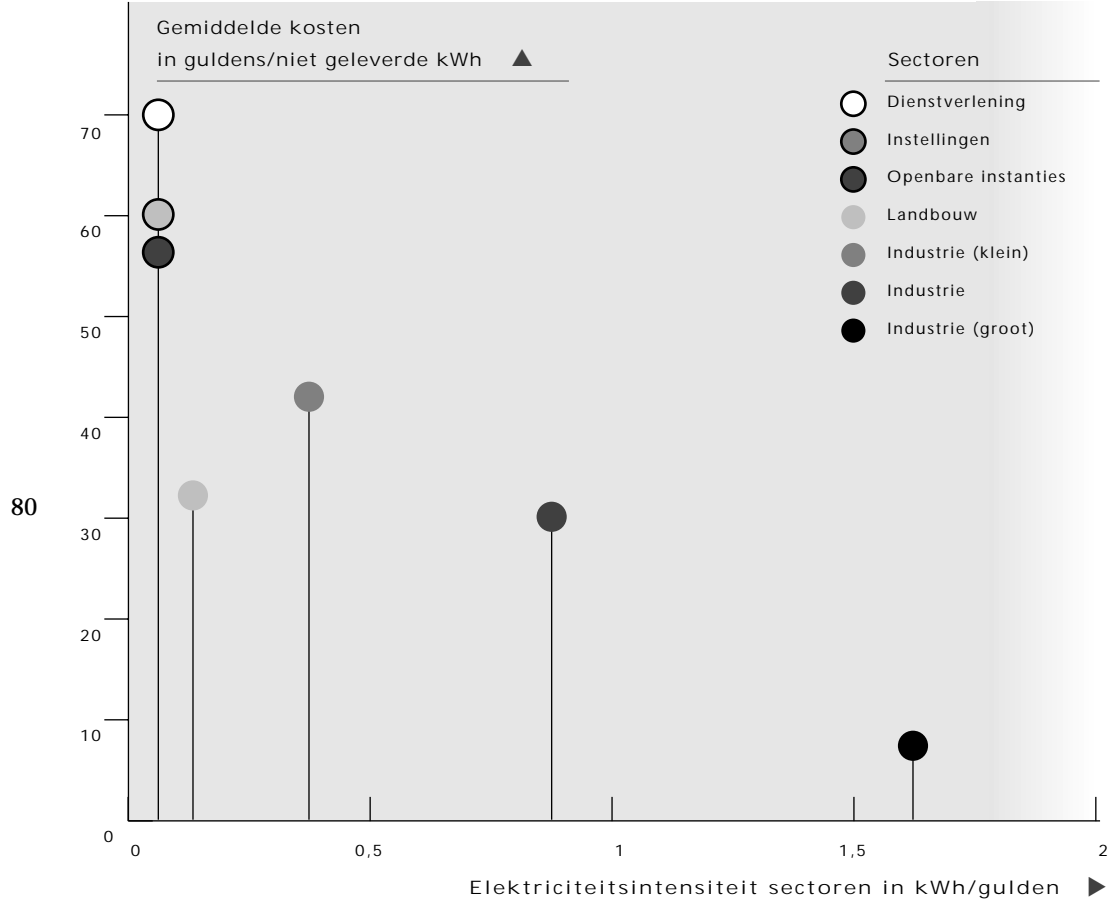
Tabel 6.1 Gemiddelde kosten in gulden per niet geleverde kWh onderverdeeld naar sectoren (N=37).

verstoring in de Achterhoek (N=568) ligt dit bedrag iets hoger (circa 70 cent) en voor de verstoring in Arnhem (N=315) iets lager (circa 50 cent). De bedragen zijn in ieder geval kleiner dan 1 gulden per niet geleverde kWh.

Voor dit onderzoek zijn de kosten (die dus uit meerdere onderdelen is samengesteld) van niet geleverde elektriciteit vergeleken met de elektriciteitsintensiteit van de sectoren. Deze intensiteit geeft het elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde. In Cuelenaere (1993, p.29) wordt de elektriciteitsintensiteit voor verschillende SBI-klassen gegeven. In figuur 6.1 zijn de kosten van de niet geleverde elektriciteit afgezet tegen de elektriciteitsintensiteit voor de onderscheiden sectoren uit tabel 6.1. Daartoe zijn de klassen uit Cuelenaere samengevoegd en gemiddeld. De dienstverlening, de instellingen, de openbare

instanties kennen de laagste elektriciteitsintensiteit met de hoogste gemiddelde kosten. Dan volgt de landbouw en tot slot de industrie. De industrie kent een gemiddelde intensiteit van 0,9 kWh/gulden. Wordt een uitsplitsing gemaakt naar grootbedrijf en kleinbedrijf dan is dat respectievelijk 0,4 en 1,6 kWh/gulden. Binnen de sector industrie kent het kleinbedrijf de hoogste gemiddelde kosten, zelfs hoger dan de sector landbouw. In het algemeen blijkt dat de kosten per niet geleverde kWh omgekeerd evenredig zijn met de elektriciteitsintensiteit. Met andere woorden, hoe hoger het elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde des te lager zijn de kosten per niet geleverde kWh.

Van de ruim 55 gevallen die een schadebedrag konden opnoemen hebben er 19 een claim ingediend bij een verzekeringsmaatschappij of



Figuur 6.1 Gemiddelde kosten (guldens) per niet geleverde kWh afgezet tegen de elektriciteitsintensiteit in kWh per gulden (Cuelenaere, 1993) voor verschillende sectoren.

het elektriciteitsbedrijf. Hiervan zijn zeven claims niet toegekend, negen wel en drie zijn nog in behandeling. Claims worden meestal gehonoreerd als er een voorwaarde in het contract met het elektriciteitsbedrijf aanwezig is of als het expliciet is opgenomen in de verzekeringspolis. Er wordt dan bijvoorbeeld uitgekeerd als de stroomstoring langer dan zes uur duurt.

literatuuronderzoek

Het afgelopen decennium is redelijk veel onderzoek gedaan naar de kosten van niet geleverde elektriciteit voor verschillende

sectoren (EPRI, 1989; Munasinghe, 1990; STYV, 1979; VDEN, 1982; Woo and Pupp, 1992). In Nederland is er aan de hand van een literatuurstudie een overzicht gegeven van de buitenlandse studies (Peters, 1993). Hier worden de belangrijkste bevindingen beschreven zoals die uit een EPRI-rapport (1989), een artikel van Woo en Pupp (1992) en uit Peters (1993) naar voren komen. Uit alledrie de overzichtsstudies blijkt, dat er een breed bereik van de berekende kosten van niet geleverde elektriciteit is en dat de interpretatie gepaard gaat met onzekerheden. De bevindingen voor de verschillende sectoren verschillen echter duidelijk

van elkaar, ook voor dezelfde methoden. Hier zal niet dieper op de verschillende methoden worden ingegaan. Enquêtes, geënt op hypothetische verstoringen, vormen veelal de primaire bron van informatie. Voor een drietal sectoren zijn de resultaten van verscheidene onderzoeken met verschillende methoden met elkaar vergeleken. De sectoren zijn de industriële sector, de commerciële sector en de huishoudens. De commerciële sector omvat in het EPRI-rapport alle consumentklassen anders dan de andere twee klassen. In geen van de publikaties worden de sectoren nader gedefinieerd.

Voor de industriële sector variëren de kosten voor de kleinste waarde in de verschillende berekeningen in het EPRI-rapport van 1,27 dollar tot 9,56 dollar (1986-dollars). Voor de grootste waarde wordt een maximaal bedrag van 22,46 dollar genoemd. Woo en Pupp stellen dat het merendeel van de ramingen minder dan 10 dollar (1989-dollars) per niet geleverde kWh bedraagt. Peters komt tot de conclusie dat de kosten per niet geleverde kWh voor de kleine industrieën beduidend hoger zijn dan voor grote industrieën. Maar gemiddeld voor de industrie komt hij tot een schatting van 12 dollar (1991-dollars) per niet geleverde kWh voor een onderbreking van één uur.

De uitkomsten voor de commerciële sector in het EPRI-rapport laten zien dat de kosten per niet geleverde kWh voor de kleinste waarde van de berekeningen van 1,54 dollar voor overheid en instellingen tot 5,02 dollar voor de (detail)handel en 21,73 dollar voor kantoorgebouwen uiteenlopen. Een maximale bovengrens ligt op 53,60 dollar voor diezelfde kantoorgebouwen (1986-dollars). Woo en Pupp wijzen erop dat bedrijven in deze sector een relatief klein elektriciteitsverbruik hebben, waardoor de absolute kosten klein zijn maar het bedrag per niet geleverde kWh toch hoog ligt.

Peters komt tot de conclusie dat de kosten geen uniform gedrag vertonen. Hij geeft de richtlijn van 15 dollar per niet geleverde kWh (1991-dollars).

In het EPRI-rapport variëren de uitkomsten voor de huishoudens van 10 dollarcent tot 15 dollar per kWh niet geleverde elektriciteit (1986-dollars). Woo en Pupp komen tot de conclusie dat een grootste waarde van 6 dollar per niet geleverde kWh (1989-dollars) een goede inschatting is. Peters geeft 1 dollar (1991-dollars) op als richtlijn voor een onderbreking van één uur.

vergelijking

De kosten van niet geleverde elektriciteit zoals die naar voren kwamen uit de zes Nederlandse verstoringen kunnen worden vergeleken met de gegevens uit de buitenlandse studies. Het bereik van de berekende kosten tussen de sectoren komt voor de industrie en dienstverlening (afgemeten naar het gemiddelde) redelijk overeen met de industriële en commerciële sector in de literatuur. Binnen de sector industrie bleek er in de zes verstoringen verschil te bestaan tussen grote industrieën en kleinere op basis van het elektriciteitsverbruik. Ook Peters komt tot deze bevinding. De huishoudens kennen in de literatuur in verhouding lage kosten. De bevindingen uit de twee verstoringen waar onderzoek naar de huishoudens is gedaan, rijmen hier mee.

Peters merkt op dat de enquêtes zoals die in de buitenlandse studies gebruikt worden mogelijk alleen informatie verschaffen over de houdingen en bedoelingen van verbruikers met betrekking tot hypothetische verstoringen. Ze hoeven niet weer te geven hoe verbruikers zich zullen gedragen in geval van een werkelijke onderbreking. Dit in tegenstelling tot de ervaringen in dit onderzoek.

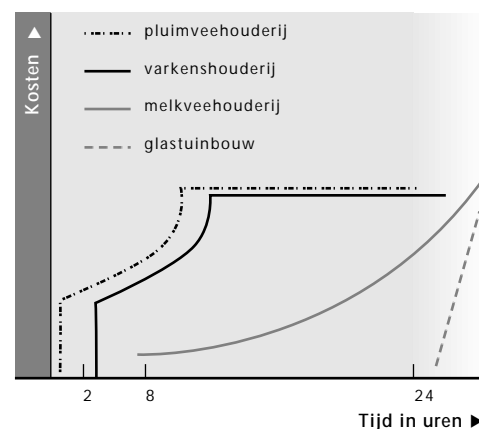
6.3 Kosten voor sectoren als functie van de tijdsduur

In de literatuur en ook in de zes geanalyseerde verstoringen zijn de kosten ingeschat voor relatief kortdurende verstoringen van de elektriciteitsvoorziening. Toch zal de duur van de verstoring van grote invloed zijn. Daarom is getracht voor diverse sectoren de cumulatieve kosten als functie van de duur van de uitval te schetsen. In figuren 6.2 tot en met 6.8 wordt voor de verschillende sectoren een verloop van het kostenpatroon. Bedacht moet worden dat het om figuren gaat die kwalitatief van aard zijn, de essentie is het verloop van de lijnen c.q. curves. Bij de figuren is er van uit gegaan dat er geen noodstroomaggregaten zijn, tenzij dat regel is vanwege wettelijke voorschriften of vanwege verzekeringseisen.

Bedrijven

In figuur 6.2 zijn de kosten uitgezet voor een aantal agrarische sectoren. Voor de pluimvee- en varkenshouderij is het verloop van de kosten bijna identiek, met de uitzondering dat de kosten voor de varkenshouderij op een later tijdstip een aanvang nemen. Terwijl dat bij de pluimveehouderij bijna direct is. Als er in de pluimvee- en varkenshouderij geen maatregelen worden genomen dan zal binnen de periode van twee tot acht uur respectievelijk na acht uur grote schade gaan optreden omdat dieren sterven. Na een bepaald moment zal de schade niet meer toenemen omdat deze een maximum bereikt wanneer al de dieren dood zijn. In de melkveehouderij is er niet direct sprake van schade bij elektriciteitsuitval. Deze zal pas in de periode twee tot acht uur een aanvang nemen. De kosten nemen langzaam toe met de tijd om uiteindelijk tot een hoog niveau door te groeien. Dit is te verklaren doordat na 24 uur als er geen maatregelen genomen worden de melkproductie staakt. In de glastuinbouw is er vanuit gegaan dat er een noodstroomvoorzieningen aanwezig is. De lijn geeft de kosten weer als deze

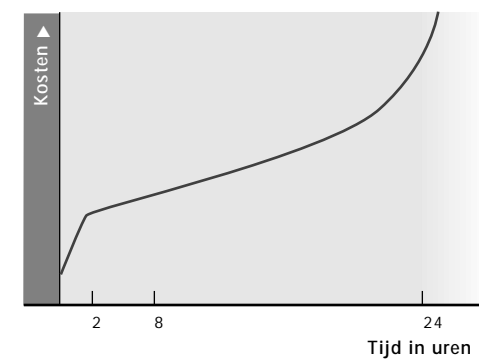
noodstroomvoorziening mocht falen. De kans hierop wordt groter na 24 uur stroomstoring. De kosten zullen dan meteen sterk toenemen, de kwaliteit van de teelt gaat achteruit of er is zelfs sprake van vernietiging van de teelt. Binnen de agrarische sector bestaan de kosten vooral uit materiële schade (dieren gaan dood of vertonen groeistoornis, teelten van gewassen). Deze materiële schade leidt uiteindelijk tot omzetverlies. Mocht een bedrijf besluiten een noodstroomaggregaat in te zetten dan zal het verloop van de kosten de vorm van een licht hellende lijn aannemen. Dit is niet in de figuur weergegeven.



Figuur 6.2 De totale cumulatieve kosten per agrarische sector als functie van de duur van de uitval.

Voor de industrie is het verloop van de kosten weergegeven in figuur 6.3. In de eerste twee uur zijn er hoge kosten. Productieprocessen komen stil te liggen, mogelijk raken installaties beschadigd. Het niveau waarop de kostenlijn voor de industrie begint, hangt af van de grootte van het bedrijf en of het volcontinu draait of niet. Tussen de twee en 24 uur nemen de kosten toe (onder andere door omzetverlies/wegsturen van werknemers) maar minder snel dan in het begin. Wel treedt in deze periode

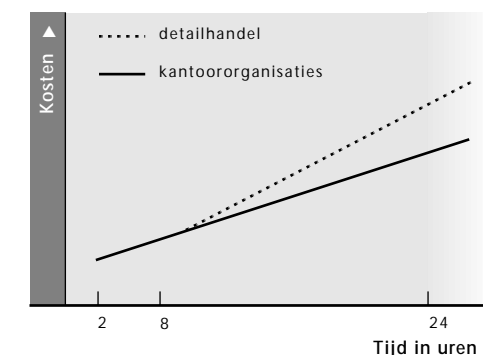
zeker materiële schade op omdat materiaal in leidingen vastkoekt. Bij meer dan 24 uur stroomstoring echter zal de toename van de kosten weer groter worden vanwege het niet doorleveren van grondstoffen en produkten en de claims die daarop volgen. Ook raken voorraden uitgeput. Hierdoor dalen de inkomsten. Het huren van aggregaten is over het algemeen niet mogelijk in de industrie omdat grote elektrische vermogens moeten worden opgevangen. Soms zijn grote industrieën tegen elektriciteitsuitval verzekerd. Een stroomstoring moet dan langer dan een bepaald aantal uur (meestal 6) duren voordat er uitgekeerd wordt. In een dergelijk geval blijft de schade voor het bedrijf zelf beperkt.



Figuur 6.3 De totale cumulatieve kosten in de industrie als functie van de duur van de uitval.

In figuur 6.4 zijn voor een tweetal sectoren in de dienstverlenende sector de kosten uitgezet. Voor kantoororganisaties nemen de kosten tot acht uur stroomuitval evenredig met de tijdsduur toe. In de periode twee tot acht uur beginnen deze kosten tastbare vormen aan te nemen omdat werknemers naar huis gestuurd zullen gaan worden; omzetverlies wordt geleden. Voor de detailhandel lopen de kosten na acht uur stroomstoring op omdat bederf van waren optreedt. Op elk willekeurig moment zouden de

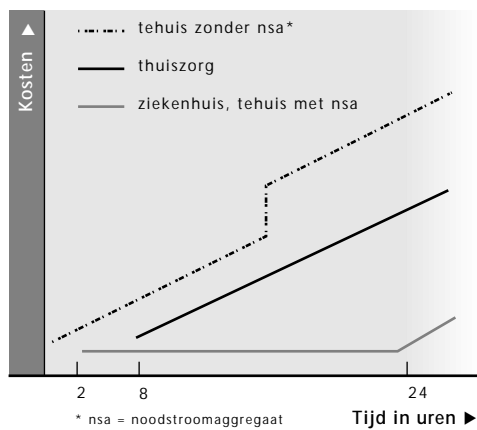
kosten nog sterker kunnen oplopen door bijvoorbeeld plunderingen. Dit is niet in de figuur weergegeven.



Figuur 6.4 De totale cumulatieve kosten in de dienstverlenende sector als functie van de duur van de uitval.

instellingen

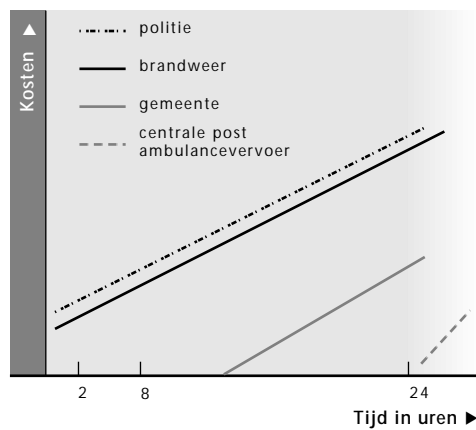
In figuur 6.5 is het kostenverloop voor diverse instellingen weergegeven. In ziekenhuizen, verpleeg- en bejaardenhuizen is er de eerste acht uur nauwelijks sprake van kosten als er noodstroomvoorzieningen aanwezig zijn. Er zijn dan kosten door het gebruik van brandstof van de aggregaten. Een noodstroomvoorziening neemt niet het functioneren van het hele net over. Op een gegeven moment (in de periode acht tot 24 uur) zal daarom toch extra personeel worden ingezet om dit gemis enigszins op te vangen. De kosten zullen in die periode toenemen (stijgend verloop van de lijn). In een verpleeg-, bejaardentehuis zonder noodstroomvoorziening wordt direct extra personeel ingezet, dit brengt kosten met zich mee. In de periode acht tot 24 uur wordt op een bepaald moment besloten een aggregaat in te zetten, hetgeen extra kosten met zich meebrengt. Voor de thuiszorg geldt dat in de periode acht tot 24 uur extra mensen worden ingezet om de zorg te kunnen leveren. De geleden emotionele schade bij de verzorgde mensen is niet in geld uit te drukken.



Figuur 6.5 De totale cumulatieve kosten voor instellingen als functie van de duur van de uitval.

openbare diensten

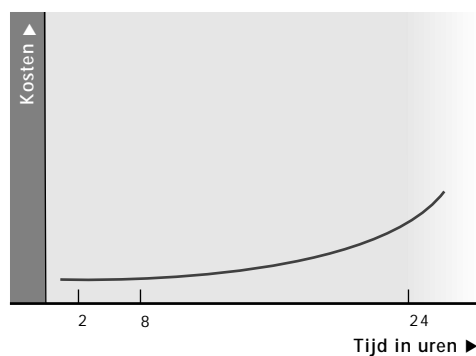
Het verloop van de kosten bij de openbare diensten ontstaat door overwerk van personeel. Deze kosten nemen toe met de tijdsduur van de verstoring, zie figuur 6.6. De politie zal vrijwel direct extra mensen moeten inzetten, voor de brandweer zal dit op een later tijdstip zijn. Over de juiste hellingshoek van deze lijnen is weinig concreets te zeggen. Doen zich opstootjes, plunderingen en/of brandjes voor vanwege de stroomstoring dan zal zeker de politie meer mensen moeten inzetten, maar ook de brandweer en eventueel de centrale post ambulancevervoer. Daarmee zouden de lijnen een steiler verloop krijgen (niet in de figuur). Voor de gemeente zijn er de eerste acht uur nauwelijks kosten te onderscheiden. Pas bij een mogelijke langere duur van de stroomstoring wordt in de periode acht tot 24 uur tot opschaling besloten. Dit brengt kosten met zich mee in de sfeer van overwerk en inzet van middelen. Voor de centrale post ambulancevervoer zal zich pas in de periode na 24 uur overwerk voordoen.



Figuur 6.6 De totale cumulatieve kosten voor openbare diensten als functie van de duur van de uitval.

huishoudens

Het verloop van de kosten bij huishoudens is vrij constant in de eerste acht uur van een stroomstoring, zie figuur 6.7. Er is bijvoorbeeld schade omdat video-apparatuur of een computer het begeven omdat ze niet tegen een mogelijke spanningsdaling beveiligd zijn. In veel gevallen zijn er helemaal geen kosten bij huishoudens de eerste acht uur. Daarna wordt de kans op kosten groter, met name door bederf van waren uit diepvriezer en koelkast. Na 24 uur zullen de kosten nog meer toenemen omdat



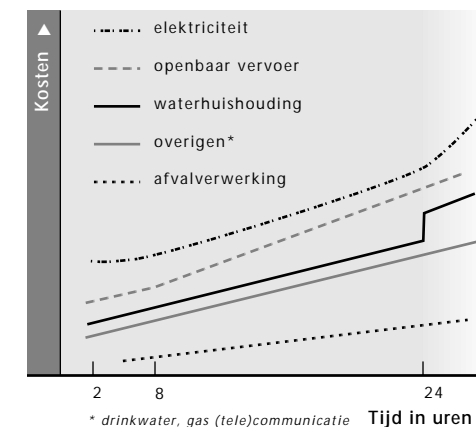
Figuur 6.7 De totale cumulatieve kosten voor huishoudens als functie van de duur van de uitval.

voorzieningen van elders moeten worden gehaald. Absoluut gaat het om relatief kleine bedragen. Geleden schade door verloren vrije tijd of mogelijke schade aan de gezondheid is in de figuur niet meegenomen.

openbare voorzieningen

De openbare voorzieningen beheren de infrastructures zoals beschreven in hoofdstuk 5. Hier is naar het verloop van de kosten voor deze beheerders gekeken (figuur 6.8) en niet naar de mogelijke schade voor de gebruikers van deze infrastructures. Voor het elektriciteitsbedrijf doet zich zeker schade voor. De kosten zijn groter al naar gelang welke onderdelen hersteld, c.q. vervangen moeten worden. Extra personeel moet worden ingezet om de stroomstoring te verhelpen. Neemt de tijdsduur toe dan zullen de kosten ook toenemen, door de inzet van extra personeel en door omzetverlies van niet geleverde kWh. De aard van de stroomstoring leidt eventueel tot aanzienlijk onderzoek, waardoor de kosten ook na afloop van de stroomstoring nog toenemen. Voor de drinkwatervoorziening, de gasvoorziening en de (tele)communicatie (overigen) gaat het vooral om de inzet van storingsdiensten of extra personeel en de brandstof voor de aggregaten. In de waterhuishouding is dat ook het geval maar daar moeten eventueel na 24 uur (extra) aggregaten worden ingezet, hetgeen extra kosten met zich meebrengt. De openbaar vervoerssector binnen het transport ondervindt kosten door extra personeelsinzet, door gederfde inkomsten en eventueel door (extra) businzet. In de periode acht tot 24 uur zullen deze kosten toenemen omdat ook het treinverkeer komt stil te liggen. De afvalverwerking zal meestal doorgang vinden bij elektriciteitsuitval, alleen bij verbranding gaat de verwerkingscapaciteit achteruit in geval van eilandbedrijf. Het niet optimaal benutten van de installaties houdt een zekere economische

schade in. Voor de tijd van een stroomstoring tot 24 uur is die echter gering. Daarna lopen de kosten mogelijk op.



Figuur 6.8 De totale cumulatieve kosten voor beheerders van openbare voorzieningen als functie van de duur van de uitval.

6.4 Milieuschade

Schade betreft vooral economische schade, maar er kan ook milieuschade optreden bij een stroomstoring. Er zijn twee aanwijsbare oorzaken voor het ontstaan van milieuschade. Ten eerste doordat zich binnen het systeem van de waterhuishouding, in het rioleringsstelsel, overstort kan voordoen. Deze overstort doet zich meestal voor als de opvangcapaciteit van het rioleringsstelsel of die van het afwateringssysteem is overschreden. Dit gebeurt bij hevige regenval tijdens een stroomstoring. De milieuschade is tijdens dit weertype relatief het minst erg. Zou overstort plaatsvinden tijdens de zomer bij langdurige stroomuitval, dan is de concentratie van de vervuilende stoffen in het afvalwater het grootst. Bij de overstort is de vraag waar de overstort zich voordoet. In een voedselarm natuurgebied zal de overstort relatief grote schade aanrichten. In een landbouwgebied is eerder sprake van economische schade dan van milieuschade. Ten

tweede kan in een industriegebied milieuschade optreden omdat industriële processen abrupt worden onderbroken. Gebeurt dat fail safe dan treden soms direct emissies op vanwege bijvoorbeeld het affakkelen. Gaat de stroomstoring 24 uur en langer duren dan treden soms nogmaals emissies op. Gebeurt het stopzetten van een proces onverhoopt niet fail safe dan kunnen soms ernstige emissies optreden, zoals bij het Tiofine-incident (zie kader 4.2).

6.5 Conclusies

Schade ten gevolge van een uitval van de elektriciteitsvoorziening betreft vooral economische schade. Deze schade wordt onderscheiden in omzetverlies, overwerk, materiële schade en het voorzien in een noodstroomvoorziening. De schade die ten gevolge van stroomuitval ontstaat is sterk afhankelijk van de specifieke situatie in een bedrijf, instelling of dienst, van de aanwezigheid van een noodstroomaggregaat en van de duur van de uitval. Er is in de literatuur veel aandacht voor dit aspect, het wordt veelal uitgedrukt in kosten per niet geleverde kWh. Ook in dit onderzoek is getracht een beeld te verkrijgen van deze kosten per niet geleverde kWh. Uit de analyse van de zes Nederlandse verstoringen kunnen de volgende conclusies worden gestedilleerd:

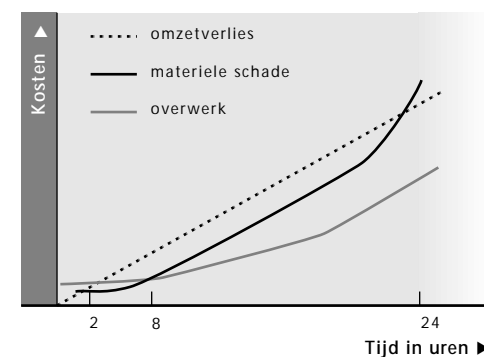
- De kosten per niet geleverde kWh voor huishoudens zijn relatief laag (kleiner dan 1 gld/kWh)
- De kosten per niet geleverde kWh voor dienstverlening, instellingen en openbare instanties zijn relatief hoog (gemiddeld 60-70 gld/kWh)
- De kosten per niet geleverde kWh voor industriële bedrijven variëren sterk, maar zijn gelijk of lager dan de bedragen voor de dienstverlening.
- Algemeen blijkt dat de kosten per niet geleverde kWh omgekeerd evenredig zijn met de elektriciteitsintensiteit (kWh/gld). In

andere woorden, hoe hoger het elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde des te lager zijn de kosten per niet geleverde kWh.

De economische schade is ook afhankelijk van de tijdsduur van de verstoring. De genoemde bedragen in de zes Nederlandse verstoringen en ook in de literatuur gelden voor verstoringen van minder dan acht uur. Figuur 6.9 geeft een kwalitatieve weergave van de kosten als functie van de tijdsduur van de verstoring geaggregeerd voor de verschillende sectoren, voor de drie categorieën omzetverlies, overwerk en materiële schade. Dit is een cumulatieve schets gebaseerd op de analyse van het verloop van de kosten bij de verschillende sectoren. De categorie 'voorzien in een noodstroomvoorziening' is niet in de figuur begrepen omdat dat een maatregel is die individuele bedrijven, instellingen of diensten kunnen nemen. Hierdoor zullen voor die actoren de totale kosten afnemen. Geaggregeerd voor alle sectoren zullen deze echter nauwelijks bijdragen aan een minder sterk verloop van de kosten voor de drie andere categorieën. Ten aanzien van de drie categorieën kan het volgende geconcludeerd worden:

- Omzetverlies bij bedrijven zal evenredig met de duur van de uitval toenemen. Het gaat hierbij immers om het naar huis sturen van personeel en het niet meer kunnen maken van produkten. De hoeveelheid niet gewerkte uren of niet geproduceerde goederen zal ruwweg lineair met de tijd toenemen.
- Overwerk is vooral van belang bij de openbare diensten en de instellingen. Bij de openbare diensten en bejaardenhuizen moet men extra personeel inzetten om kruispunten te beveiligen, extra preventieve surveillance, mensen uit liften halen, etc. Bij ziekenhuizen en de thuiszorg, zal na verloop van tijd extra personeel moeten worden ingezet voor extra hulp.

- Materiële schade zal pas na enige tijd gaan ontstaan, door bederf van gekoelde waren, sterfte van dieren, vastkoeken van leidingen in verschillende bedrijven, droogleggen van koeien, enz. Deze kostenpost zal zeker meer dan lineair toenemen met de duur van de uitval.



Figuur 6.9 Het verloop van de drie schadeposten (omzetverlies, overwerk en materiële schade) als functie van de duur van de verstoring (cumulatief).

Bij een stroomstoring kan ook milieuschade optreden. Er zijn twee aanwijsbare oorzaken voor het ontstaan van milieuschade. Ten eerste doordat zich binnen het systeem van de waterhuishouding, in het rioleringsstelsel, overstort van ongezuiverd afvalwater kan voordoen. Ten tweede kan milieuschade optreden als industriële processen abrupt worden onderbroken. Gebeurt het stopzetten van een proces onverhoopt niet fail safe dan kunnen soms ernstige emissies optreden.

Maatschappelijke veerkracht

7

De mate waarin de maatschappij in staat is de gevolgen van een verstoring op te vangen, zal in belangrijke mate de kwetsbaarheid bepalen. Dit wordt wel omschreven als maatschappelijke veerkracht. In paragraaf 7.1 wordt op het belang ervan ingegaan aan de hand van een vergelijking met het begrip anticipatie, dat er in tegenstelling tot maatschappelijke veerkracht vanuit gaat verstoringen te voorkomen. Maatschappelijke kwetsbaarheid kan in belangrijke mate worden beïnvloed door de maatschappelijke veerkracht. Technische maatregelen (paragraaf 7.2) enerzijds en organisatorische maatregelen (paragraaf 7.3) anderzijds bepalen de grootte van de maatschappelijke veerkracht. Aan de hand van de ervaringen met de zes verstoringen in Nederland wordt dit toegelicht. Uit deze analyse komt tevens een lijst van maatregelen naar voren die de maatschappelijke veerkracht kunnen vergroten (paragraaf 7.4).

7.1 Maatschappelijke veerkracht versus anticipatie

Uitgangspunt van deze studie is, dat de elektriciteitsvoorziening verstoord raakt en dat dat tot maatschappelijke gevolgen leidt. Hoe getroffen verbruikers en openbare instanties reageren, bepaalt de grootte van de maatschappelijke veerkracht. Of zoals Wildavsky

het formuleert: 'Resilience is the capacity to cope with unanticipated dangers after they have become manifest, learning to bounce back' (Wildavsky, 1988, p.77). Ook de SIBAS-studie gaat uit van een verstoorde situatie en hoe daarop gereageerd wordt. Maatschappelijke veerkracht wordt gedefinieerd als 'verlaging van het behoeftepatroon in calamiteiten-situaties en mogelijkheden om de normale situatie te herstellen' (SIBAS, 1987, p.3). Wildavsky benadrukt dat maatschappelijke veerkracht geen strategie van afwachten, is maar het zich voorbereiden, het anticiperen op het onvermijdelijke (Wildavsky, 1988, p.221). Het gaat om technische en organisatorische maatregelen aan de kant van de gebruikers en de openbare instanties die algemene gevolgen dienen te voorkomen, te beperken of te verzachten. Een belangrijke vraag daarbij is in hoeverre de gebruikers, die hinder ondervinden van een stroomstoring, de verlaging van het behoeftepatroon accepteren. Al naar gelang daarvan worden meer of minder maatregelen genomen.

In de literatuur wordt het begrip anticipatie gekoppeld aan het voorkomen van veronderstelde gevaren. Wildavsky omschrijft anticipatie als: 'a mode of control by a central mind; efforts are made to predict and prevent potential dangers before damage is done' (Wildavsky, 1988, p.77). Bij anticipatie betreft het maatregelen die op een centraal niveau, bijvoorbeeld (rijks)overheid, worden genomen, of waarvan de beslissingen daarover op een centraal niveau worden genomen. Voor de infrastructuren kan gedacht worden aan maatregelen ter bescherming en aanpassing van de technisch infrastructurele systemen. Dit kunnen net zoals bij de maatschappelijke veerkracht technische en organisatorische maatregelen zijn. Te denken valt aan maatregelen zoals bescherming, verbeteren van herstelmogelijkheden en het aanbrengen van

noodvoorzieningen, koppelingen en ringstructuren. Voor de elektriciteitsvoorziening in Nederland kan gesteld worden, dat anticipatie, het voorkomen van verstoringen de nodige aandacht krijgt.

Maatregelen met het doel alternatieven voor een bepaald systeem te creëren bevinden zich zowel op het gebied van de maatschappelijke veerkracht als de anticipatie. Dit is afhankelijk van op welk niveau de maatregelen worden genomen. Wil de gebruiker voorbereid zijn op een mogelijke verstoring of moet een verstoring worden voorkomen. Bij deze maatregelen gaat het bijvoorbeeld om het op andere wijze voorzien in het produkt of dienst zoals substitutie en diversificatie en voorraadvorming. Zo zijn in de elektriciteitsvoorziening zelf alternatieven ingebouwd (het principe van 'duel-fuel' bij de brandstofvoorziening van de centrales). Voorraadvorming van elektriciteit op grote schaal is onmogelijk door de afwezigheid van opslagmogelijkheden. Eigen warmte kracht installaties bij grotere, economisch belangrijke, eenheden is ook een mogelijkheid om gevolgen van een elektriciteitsuitval te voorkomen (indien deze los van het net kunnen functioneren). Hier kan vooral gedacht worden aan andere technisch infrastructurele systemen, grote industriële complexen en eventueel instellingen.

Het onderscheid in maatschappelijke veerkracht en anticipatie wordt hier aangehaald omdat enerzijds in de literatuur deze begrippen naast elkaar worden geplaatst en anderzijds dat de maatregelen behorend bij de verschillende begrippen andere sectoren in de samenleving aangaan. In dit onderzoek staat de maatschappelijke veerkracht centraal. Hieronder zijn ook maatregelen begrepen die in voorbereiding, anticiperend op een stroomstoring, kunnen worden genomen, dit ondanks het gemaakte onderscheid in maatschappelijke veerkracht en anticipatie.

7.2 Technische maatregelen

Gebruikers kunnen maatregelen treffen in de sfeer van technische voorzieningen. Dit betreft vooral de installatie van noodstroomvoorzieningen. Hierbij kan gedacht worden aan no-break sets, noodstroomaggregaten, accu's en batterijen. No-break sets (no-break met aggregaat erachter) nemen binnen enkele seconden, voor de apparatuur die erop is aangesloten, de functie van het openbare net over. Ze worden vooral gebruikt voor vitale (grotere) installaties zoals alarmcentrales van centrale posten ambulance, politie of brandweer. No-breaks worden ook wel gebruikt voor computersystemen, dan is het meer in de vorm van een kleine batterij of accu. Aggregaten nemen het functioneren van bepaalde delen van het elektriciteitsnet over. Vaak moeten deze aggregaten door de gebruiker zelf gestart worden. Accu's (altijd oplaadbaar) of batterijen (al dan niet oplaadbaar) worden meestal gebruikt voor noodstroomverlichting, computers, interne telefooncentrales of alarminstallaties. Soms zijn de noodstroomvoorzieningen reeds aanwezig. Dit geldt vooral als dat verplicht is vanwege wetgeving (ziekenhuizen) of verzekeringseisen (glastuinbouw). Soms worden tijdens een stroomstoring aggregaten gehuurd, gekocht of zet de brandweer mobiele aggregaten in.

In tabel 7.1 wordt voor de zes verstoringen in Nederland een overzicht gegeven van de noodstroomvoorzieningen die aanwezig zijn bij de respondenten (uitgezonderd de huishoudens). De getallen in de rijen zijn opgeteld niet gelijk aan het aantal respondenten (N). Enerzijds beschikken gebruikers over meerdere noodstroomvoorzieningen, anderzijds is van sommige respondenten niets bekend. Uit de tabel blijkt dat in ruim de helft van de gevallen er geen enkele vorm van noodstroomvoorziening aanwezig is. In

ongeveer 5% van de gevallen is een no-break set aanwezig. Dit betreft met name installaties bij de verschillende centrale posten ambulancevervoer, telecommunicatieapparatuur of een bedrijfsvoeringscentrum van elektriciteitsbedrijven. Een vijfde van de respondenten beschikt over een aggregaat, en nog eens 5% huurde een aggregaat tijdens de verstoring. Vooral in Edam en Bleiswijk zijn noodstroomaggregaten gehuurd en in één geval gekocht. Was elektriciteit essentieel voor de bedrijfsvoering (bijvoorbeeld aanwezigheid van koelcellen) dan werd gepoogd noodstroom-aggregaten zo goed mogelijk in te zetten. Ook gaven respondenten in Edam en Bleiswijk aan dat wel geprobeerd was aggregaten te huren, maar dat dat niet gelukt was. Soms was het onmogelijk het totale vermogen op te vangen met aggregaten, gezien de omvang van het benodigde vermogen voor de bedrijfsvoering (grote industrieën). Opvallend is dat er in de case Achterhoek relatief weinig aggregaten zijn gehuurd terwijl de tijdsduur van de verstoring te vergelijken is met die van Edam. Mogelijk speelt het tijdstip van de verstoring hier een belangrijke rol ('s avonds respectievelijk 's ochtends). Wel is het zo dat in de Achterhoek in enkele gevallen aggregaten door de brandweer zijn ingezet. Bij alle verstoringen bleken vooral bedrijven en kantoren niet over noodstroomaggregaten te beschikken. Maar ook in vier van de zes Nederlandse verstoringen was bij de politie geen bruikbaar noodstroomaggregaat aanwezig. Ook voor een aantal bejaardentehuizen gold dit. Vooral in Arnhem waren bij respondenten accu's en/of batterijen aanwezig. Hier zijn relatief veel detailhandelzaken geëquipt. Deze beschikken vaak over een alarminstallatie of over noodverlichting waarin zich batterijen bevinden. Dit is een mogelijke verklaring. Tot slot bleek dat in een klein aantal gevallen de noodstroomvoorzieningen niet werkten, of niet naar behoren.

	No-break set	Aggregaat	Aggregaat gehuurd	Accu's, batterijen	Geen noodstroom voorzieningen
Achterhoek (N*=97)	(1)	11	2	10	72
Arnhem (N=70)	6/1**	9	1	26	34
Rotterdam (N=42)	2	12/1	1	9/1	12
Edam (N=29)	1	5	5	5	12
Bleiswijk (N=17)	-	4	5/1	3/1	8
Den Haag (N=20)	1	12/1	-	3	7
Totaal (N=278)	10/1	53/2	14/1	56/2	145

* N= Aantal respondenten

** / aantal niet goed functionerend

Tabel 7.1 Noodstroomvoorzieningen bij respondenten voor de zes verstoringen (N=278).

7.3 Organisatorische maatregelen

getroffen verbruikers

Getroffen verbruikers nemen, naast technische maatregelen, ook organisatorische maatregelen. In tabel 7.2 staan maatregelen opgesomd die getroffen verbruikers (kunnen) nemen gedurende een stroomstoring. Er is geen uitsplitsing naar sectoren gemaakt. Sommige maatregelen spreken voor zich, andere zijn op meerdere sectoren van toepassing.

Uit het onderzoek naar de zes verstoringen bleek, dat getroffen verbruikers soms naar aanleiding van de ondervonden stroomstoring maatregelen nemen. Vooral bij twee verstoringen die langer hebben geduurd was dat

opvallend. Deze maatregelen zouden ook als voorbereiding op een stroomstoring kunnen worden genomen. De volgende maatregelen kwamen uit de zes verstoringen naar voren:

- kaarsen/zaklantaarn bij de hand hebben
- radio op batterijen bij de hand hebben
- vaker opslaan van computerbestanden
- installatie batterijen in bijvoorbeeld telefoon(centrale), computer, alarm
- extra buitenlijn voor telefoon installeren, telefooncentrale beveiligen
- verzekering afsluiten
- waakvlamovereenkomsten afsluiten (aggregaat is op afroep beschikbaar)
- aggregaat installeren
- productieprocessen fail safe ontwerpen.

stroomloos, kwetsbaarheid van de samenleving

0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur en langer
-controle productie proces -starten aggregaat -klanten winkel uit -handmatig werken -overgaan op nood-dienstregeling (openbaar vervoer) -extra personeels-inzet -oproepen storings-diensten, -luisteren auto-, transistorradio	-afdekken, niet meer gebruiken koeling -huren aggregaat -werknemers oproepen -alternatieve dienst-roosters invoeren -wegsturen werknemers -regelen beveiliging panden -evacuatie grote gebouwen -calamiteitenplan (indien aanwezig) uitvoeren	-inzet aggregaten in bepaalde sectoren noodzakelijk (landbouw, instellingen, infrastructuur) -controle brandstof aggregaten -regelen brandstof motorvoertuigen	

Tabel 7.2 Organisatorische maatregelen van getroffen verbruikers.

De genoemde maatregelen zijn van verschillende orde van grootte, met name financieel gezien. De eerste vier kunnen door iedereen worden genomen, ook de consument thuis. De genoemde maatregelen daarna zijn eerder van toepassing op verbruikers die bedrijfsmatig direct afhankelijk zijn elektriciteit of indirect middels communicatie. Wat betreft het fail safe ontwerpen van productieprocessen kan nog worden opgemerkt dat dit aan de orde komt bij de vergunningverlening en de daarbij te stellen voorwaarden op basis van de wet milieubeheer. De gemeente of soms de provincie zijn daarbij bevoegd gezag.

openbare diensten

Openbare diensten nemen organisatorische maatregelen om de algemeen maatschappelijke gevolgen van de verstoring te verzachten, te beperken of mogelijk zelfs te voorkomen. Daarbij ondervinden ze zelf ook hinder van de verstoring. In tabel 7.3 zijn de maatregelen weergegeven die openbare diensten (kunnen) nemen tijdens een stroomstoring. Dit wil niet

zeggen dat elke openbare dienst elke maatregel daadwerkelijk nam of zal nemen tijdens een stroomstoring. Voor de periode 0 tot 8 uur kwamen de maatregelen naar voren uit de zes verstoringen. Voor de periode daarna, waar nauwelijks praktische ervaring mee is, kwam dit naar voren uit de bijeenkomsten met vertegenwoordigers van de verschillende diensten, de zogenaamde 'brainstorm'-bijeenkomsten.

Uit de zes verstoringen bleek dat de politie het meest actief is opgetreden op verschillende fronten. De politie moet direct reageren op een stroomstoring, terwijl in vier van de zes gevallen de politie zelf niet voldoende voorbereid bleek. De alarmcentrale van de politie wordt overstelpt met telefoontjes. De politie staat de burgers en bedrijven die bellen te woord. Daarnaast reageert de politie op alarmmeldingen. Tijdens de spits moet het verkeer op de kruisingen handmatig worden geregeld. Indien spoorbomen automatisch naar beneden zijn gegaan, moeten ook spoorwegovergangen worden beveiligd. In

diensten		0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
politie	-reageren (alarm)meldingen -regelen verkeerskruisingen, spoorwegovergangen	-beheersen route gevaarlijke stoffen -preventiesurveillances -bevolking informeren	-prioriteiten stellen, met verloop van tijdsduur steeds scherper, gericht op: -handhaven openbare orde -verkeersbegeleiding -instandhouden (nood)radioverbindingen		
brandweer	- mensen uit liften bevrijden -reageren brandmeldingen -hulp bij verkeersongevallen -hulp bij evacuatie grote gebouwen	-inzetten noodstroomaggregaten -bevolking informeren -rekening houden met incident dat mogelijk tot calamiteit kan uitgroeien	-coördinatie regelen	-handhaven communicatie -meer vraag naar hulpverlening (doorverwijzen naar GGD'S, RIAGG'S) -instellen opvangruimtes (in overleg)	-handhaven communicatie -handhaven noodstroomvoorziening
gemeente	-op hoogte (laten) stellen	-bevolking (laten) informeren	-deels rampenplan in werking stellen (in overleg)		
centrale post ambulancevervoer	-normale werkzaamheden, nauwelijks extra maatregelen		-handhaven communicatie -extra vraag naar hulpverlening als gevolg van de stroomstoring		
allen	-coördinatie en daarmee onderlinge communicatie moet geregeld zijn (gebruik Nationaal Noodnet) -informeren bevolking				

Tabel 7.3 Maatregelen van openbare diensten.

met name een industrieel gebied moet bij een langere duur van de stroomstoring de route gevaarlijke stoffen worden beheerst. Deze route loopt altijd via bruggen in plaats van tunnels. Indien bruggen open staan dan moet de route worden omgeleid of moeten de wagens met de gevaarlijke stoffen ergens veilig worden gestationeerd. Er kan worden besloten preventiesurveillances uit te voeren. Verder moeten burgers worden geïnformeerd, bijvoorbeeld middels geluidswagens. Dit zal onder andere in overleg met het elektriciteitsbedrijf gebeuren. Gaat de stroomstoring een lange duur aannemen dan gaat de politie prioriteiten stellen. Met name de handhaving van de openbare orde, het regelen van de verkeersbegeleiding en het instandhouden van radioverbindingen zijn aandachtspunten.

Vooraf in steden moet de brandweer mensen uit liften bevrijden. En ze moeten reageren op brandmeldingen. Indien zich, bijvoorbeeld in de spits, verkeersongevallen voordoen, kan de brandweer te hulp worden geroepen. Grote (kantoor)gebouwen worden geëvacueerd als er het idee is dat een stroomstoring langer gaat duren. De brandweer zou hiervoor ingezet kunnen worden. Gaat de stroomstoring langer duren dan kan de brandweer gevraagd worden mobiele aggregaten in te zetten. Uit de praktijk kwam naar voren dat de brandweer zich met name richt op deze zogenaamde kleine hulpverlening. Verder bleek, dat brandweerkazernes over het algemeen goed voorbereid zijn op een stroomuitval. Het grootscheeps inzetten van de brandweer is noodzakelijk als een incident, dat zich tijdens een elektriciteitsuitval voordoet, uitgroeit tot een calamiteit. Eventueel wordt een Coördinatiepunt Plaats Incident (CPI) ingesteld. Het CPI is een overlegstructuur die minder zwaar is opgetuigd als een rampenstaf. Voor de brandweer zijn bij een langere duur het

handhaven van communicatie en noodstroomvoorzieningen aandachtspunten. Uit de analyse van de zes Nederlandse stroomstoringen komt naar voren dat het gemeentelijk bestuur de eerste acht uur een marginale rol vervult bij het beperken van de gevolgen van de verstoring. Slechts in enkele, van de meerdere getroffen, gemeenten heeft (iemand van) het gemeentebestuur zich op de hoogte gesteld, laten stellen van de stroomstoring. Ook heeft het gemeentebestuur slechts in een enkel geval een rol vervuld bij het (laten) informeren van de bevolking. Pas bij een langere duur van de stroomstoring (meer dan 8 uur) wordt aangegeven dat organisatorische maatregelen zouden kunnen worden genomen in de sfeer van het coördineren van de hulpverlening. Een rampenstaf wordt dan bijeengeroepen. Dan moet niet alleen binnen één gemeente gecoördineerd worden, maar ook tussen gemeenten.

De centrale post ambulancevervoer krijgt de eerste acht uur nauwelijks extra vraag naar hulpverlening als gevolg van een stroomstoring. De hulpverlening kan binnen het normale patroon worden opgevangen. Zo is alleen van de verstoring in de Achterhoek melding binnengekomen dat de centrale post moest optreden; een ambulance moest standby staan bij de herstelwerkzaamheden die de werknemers van het elektriciteitsbedrijf uitvoerden. Bij een langere duur van de stroomstoring zal de druk op de hulpverlening toenemen. Het handhaven van de communicatie is daarbij een aandachtspunt. Zorgbehoevende mensen moeten worden doorverwezen naar andere hulpverleningsinstellingen. Eventueel moeten opvangruimtes worden ingesteld in overleg met andere instanties. Dit zou bijvoorbeeld in de winter een verwarmde ruimte kunnen zijn.

Belangrijk bij de organisatorische maatregelen die de verschillende openbare instanties nemen,

is de coördinatie en daarmee de onderlinge communicatie. Uit de analyse van de zes verstoringen bleek, dat deze sterk varieerde per verstoring. Er was in het algemeen weinig sprake van coördinatie tussen de verschillende diensten, inclusief het elektriciteitsbedrijf. Er werd per verstoring ad hoc gereageerd. Als meerdere gemeenten waren getroffen door de stroomstoring bleek er was soms wel coördinatie in meer of mindere mate tussen de verschillende diensten binnen één gemeente, maar niet of nauwelijks tussen de gemeenten onderling. Er is in geen van de zes verstoringen melding gemaakt van het gebruik van het Nationaal Noodnet.

Ook communicatie met en voorlichting naar het publiek toe blijkt belangrijk tijdens een stroomstoring. De communicatie van inwoners en bedrijven is vooral gericht op de politie en de elektriciteitsbedrijven. Deze raken daardoor (telefonisch) overbelast. Ook kan hierdoor congestie van het telefoonnet optreden, wat zeker in de Achterhoek, maar ook in Den Haag is voorgekomen. Wat voorlichting betreft bleek, dat tijdens alle verstoringen ad hoc werd gereageerd op de situatie. In twee gevallen is gebruik gemaakt van geluidswagens. In vier gevallen is gebruik gemaakt van een regionale zender. In de case Achterhoek heeft 56% van alle huishoudens geen enkele informatie ontvangen tijdens de stroomstoring, in Arnhem ligt dit percentage op 90.

openbare voorzieningen

Evenals de rol van de openbare diensten is de rol van de openbare voorzieningen van belang om algemeen maatschappelijke gevolgen van een verstoring te verzachten, beperken of zelfs te voorkomen. Openbare (nuts)voorzieningen moeten maatregelen nemen om de verschillende infrastructures zo ongestoord mogelijk te laten functioneren. In tabel 7.4 staan de maatregelen

kort vermeld. Voor alle infrastructures geldt, dat indien gebruik wordt gemaakt van noodstroomvoorzieningen er bij een langere duur van de stroomstoring brandstof geregeld moet worden.

Het elektriciteitsbedrijf is één van de belangrijkste partners in de communicatie met de openbare diensten. Alleen het elektriciteitsbedrijf kan relevante informatie verschaffen over de mogelijke duur van de stroomstoring. Voor het elektriciteitsbedrijf staat het zo snel mogelijk verhelpen van de stroomstoring centraal. Daarvoor moeten ze extra mensen in dienst roepen. Tevens staan ze klanten te woord, die voor informatie gaan bellen naar het elektriciteitsbedrijf. Ook moeten ze voorlichting geven aan de politie, de (regionale) omroepen, de krant en de klanten. In de Achterhoek is het elektriciteitsbedrijf naar een aantal grootverbruikers gegaan om die te informeren over de stroomstoring. Een andere mogelijkheid is de inzet van geluidswagens. Dit gebeurt meestal in overleg met en ook door de politie. Bij langere duur van de stroomstoring is het handhaven van de onderlinge communicatie een aandachtspunt en ook de bevoorrading van noodstroomvoorzieningen met brandstof.

Voor de drinkwatervoorziening betekent een stroomstoring dat de pompstations met de noodstroomvoorzieningen gecontroleerd moeten worden. Wat betreft de brandstof is de opslag van een aantal m3 dieselolie verplicht. Als in flatgebouwen hydrofoorinstallaties wegvallen dan gaan klanten naar het waterleidingbedrijf bellen die op hogere etages wonen waar geen water meer is. Deze moeten te woord worden gestaan. Aangezien de waterdruk vóór de hydrofoorinstallatie normaal is, is e.e.a. echter geen zaak van het waterleidingbedrijf maar van de beheerder van het gebouw. Gaat de stroomstoring langer duren dan kan men bij de bewoners van de laatste etages water tappen.

Volgens de NEN 1006 moet er beneden in het flatgebouw een aftappunt aanwezig zijn. Dit zou – als het praktisch is gelegen – ook gebruikt kunnen worden. De beheerder moet het aftappunt ontsluiten. Soms slaat de hydrofoorinstallatie bij terugkeer van de stroom niet vanzelf aan. Waarschijnlijk komt dit door gebrek aan onderhoud of slijtage waarbij de beheerder moet worden ingeschakeld.

Binnen de waterhuishouding komen bij een stroomstoring storingsmeldingen van de installaties binnen. Deze meldingen moeten worden nagelopen. Ook moet het functioneren van noodstroomaggregaten gecontroleerd worden. Afhankelijk van de hoogteligging van het gebied waar de stroomstoring zich voordoet en van het weertype moeten er in de periode tot 24 uur noodstroomvoorzieningen worden ingezet om overstort te voorkomen.

Bij de gasvoorziening staan gasontvangststations onder controle als zich een stroomstoring voordoet. Bij een langere duur van de elektriciteitsuitval kan de optredende temperatuurval tot problemen leiden. Hier zouden maatregelen tegen genomen kunnen worden.

Voor het transport wordt de verkeersbegeleiding op de weg en het water geregeld door openbare diensten. Met name de openbaar vervoerssector moet maatregelen nemen om gestrande reizigers met metro, tram of trein te begeleiden. Door gecoördineerde businzet en het invoeren van nooddienstregelingen is opvang van het wegvallen het geëlektrificeerde openbaar vervoer enigszins mogelijk. Bij langere duur van de stroomstoring moet de brandstofvoorziening van deze bussen dan wel worden geregeld. Omdat benzinepompen uitvallen moet ook de brandstofvoorziening van andere motorvoertuigen bij een langere stroomstoring op een of andere wijze gewaarborgd zijn.

Hiervoor is niet direct een verantwoordelijke instantie aan te wijzen zoals bij het openbaar vervoer. Coördinatie hiervoor ligt waarschijnlijk bij de openbare diensten.

De telecommunicatie is gegarandeerd middels een systeem van noodstroomvoorzieningen, permanent dan wel mobiel. Deze noodstroomvoorzieningen moeten onder controle staan. Mobiele noodstroomaggregaten worden in de periode twee tot acht uur ingezet. Voor de bemensing van 06-11 telefooncentrales moeten eventueel extra mensen in dienst worden geroepen om de stroom van telefoontjes te verwerken. Voor de communicatie tussen vitale diensten is het Nationaal Noodnet aanwezig, dat functioneert tijdens een elektriciteitsuitval. Mocht dit noodnet niet aanwezig zijn bij relevante gebruikers dan zouden noodcommunicatieverbindingen kunnen worden aangebracht.

De (regionale) omroep is er primair op gericht om informatie naar de bevolking toe te verzorgen. Daartoe moeten contacten met de andere openbare instanties worden gelegd om de informatie te vergaren. Bij een langere duur van de stroomstoring zullen extra mensen in dienst moeten worden geroepen om voldoende over de gevolgen te kunnen berichten. Indien noodzakelijk moeten noodstroomvoorzieningen worden geregeld om de uitzending te garanderen of noodcommunicatieverbindingen om informatie te kunnen vergaren.

Wat betreft afvalverwerking zal met name bij een langere duur van de stroomstoring de logistiek van de brandstofvoorziening van de huisvuilophaalwagens in verband met het ophalen van het (grof) huisvuil goed geregeld moeten zijn. Mocht zich in de afvalverwerking toch onverhoopt problemen voordoen dan kan eventueel over worden gegaan op verwerking elders.

voorziening	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
Elektriciteit	-inSchakelen extra mensen om verstoring te verhelpen -klanten te woord staan -voorziening naar politie, brandweer, (regionale) omroep, kranten, klanten		-handhaven communicatie	-handhaven noodstroomvoorzieningen
Drinkwater	-controle noodstroomvoorzieningen op pompstations -klanten te woord staan	-eventueel inzetten mobiele noodstroomvoorzieningen op distributiepompsstations		-handhaven noodstroomvoorzieningen
Waterhuishouding	-controle installaties met en zonder noodstroomvoorzieningen	-aankankelijk van hoogtelegging gebied en weertype -inzetten van noodstroomvoorzieningen		-handhaven noodstroomvoorzieningen
Gasvoorziening	-controle gasontvangststations			-gevolgen temperatuurval tegengaan
Transport (m.n. openbaar vervoer	-coördineren businzet -gestrande reizigers begeleiden	-trein: logistiek inzet locomotieven coördineren	-handhaven brandstofvoorziening bussen -inzet bussen in plaats van trein -coördinatie brandstofvoorziening motorvoertuigen	
Telecommunicatie	-controle permanente noodstroomvoorzieningen	-inzetten mobiele noodstroomvoorzieningen -extra werknemers op telefooncentrales -installeren noodcommunicatieverbindingen		-handhaven noodstroomvoorzieningen

Tabel 7.4 Maatregelen openbare voorzieningen .

voorziening	0-2 uur	2-8 uur	8-24 uur	24 uur->
Communicatie en voorlichting (regionale omroep)	-informatie vergaren -uitzenden over stroomstoring	-extra mensen in dienst -regelen noodstroomvoorziening, noodcommunicatieverbindingen		
Afvalverwerking	-geen maatregelen		-logistiek brandstof ivm afvalophaal regelen	-eventueel verwerking elders

Tabel 7.4 Maatregelen openbare voorzieningen (vervolg).

7.4 Vergroting van de maatschappelijke veerkracht

Uit de analyse van de maatregelen die werden genomen tijdens de zes onderzochte verstoringen kan in het algemeen worden geconcludeerd dat de maatschappelijke veerkracht in geval van een stroomstoring niet erg groot is. Uit deze analyse volgt ook, dat vergroting van de maatschappelijke veerkracht zeker mogelijk is. Dat dat ook wenselijk is, volgt uit de beschrijving van de gevolgen in de verschillende onderdelen van het verstoringsscenario.

Er zijn vele technische en organisatorische maatregelen denkbaar, die niet kostbaar hoeven te zijn. De maatregelen die mogelijk zijn, kunnen worden afgeleid van de maatschappelijke gevolgen, de invloed op infrastructuur en de schade. Uit de analyse van deze gevolgen volgt dat er drie fasen in een stroomstoring te onderscheiden zijn, die ieder een iets andere set van maatregelen zullen vergen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht. Veel van deze maatregelen zullen al, voordat er sprake is van een verstoring, moeten zijn aangelegd (technische maatregelen) of zijn voorbereid (organisatorische maatregelen) willen ze de gevolgen van een verstoring kunnen verminderen. De te nemen maatregelen, die de gevolgen van een verstoring in deze drie verschillende tijdsfasen kunnen verminderen, worden hieronder aangegeven.

In de eerste twee uur na een stroomuitval (de eerste fase) zijn het vooral de technische maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. Er kan immers nooit in organisatorische zin direct gereageerd worden op een onvoorspelbare uitval. Bij deze technische maatregelen, die aanwezig moeten zijn, moet vooral gedacht worden aan:

- No-break sets en/of accu's/batterijen en/of

- aggregaten voor verkeerslichten, telefooninstallaties, bruggen, alarminstallaties, computers, kassa's, controle- en regelapparatuur, hydrofoorinstallaties, trams en treinen, medische thuisapparatuur, enz.
- Mogelijkheden voor handbediening van liften, bruggen, elektrische deuren, benzinepompen, enz.
- Noodstroomaggregaten bij ondermeer de politie en bejaardentehuizen.
- Fail-safe ontwerp van productieprocessen zodat deze veilig down kunnen gaan.

In deze eerste fase zijn echter ook organisatorische maatregelen van belang. Zo zullen grote gebouwen en warenhuizen geëvacueerd moeten worden, waarvoor een evacuatieplan nodig is. Ook is in deze eerste fase noodzakelijk dat zo snel mogelijk zicht komt op de mogelijke duur van de stroomstoring, dit ter voorbereiding van maatregelen die in de volgende fasen noodzakelijk zijn.

In de periode van 2 tot 8 uur na de stroomuitval (de tweede fase), is het een mix van organisatorische en technische maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. In deze fase zullen zeker een aantal van de noodstroomvoorzieningen 'uitgeput' raken. Het is daarbij van belang dat vooral de openbare diensten weten welke gevolgen er in hun taakgebied kunnen optreden, hoe men daarop in kan spelen en welke met prioriteit moeten worden behandeld. Het gaat in deze fase ondermeer om de volgende maatregelen:

- Overgang op een alternatief dienstrooster in bedrijven, instellingen en openbare diensten.
- Oproepen van extra personeel vooral bij de openbare diensten en instellingen.
- Het installeren van noodstroomaggregaten bij cruciale diensten, zoals bejaarden/verpleeghuizen, telefoonverbindingen, indien deze niet

aanwezig zijn of niet functioneren.

Na 8 uur kan een verstoring van de elektriciteitsvoorziening uitgroeien tot een rampachtige situatie, vooral als de verstoring een groot gebied omvat en er een indicatie is dat het langer dan 24 uur gaat duren. Ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht zijn dan vooral organisatorische en coördinerende maatregelen van belang, die echter al voorbereid, beschreven in een plan, moeten zijn voordat er een stroomstoring optreedt. Het instellen van een coördinatieteam is in deze fase van groot belang. Een aantal maatregelen kunnen dan zijn:

- Het instellen van informatiepunten voor bedrijven, burgers.
- Inrichten van ruimten voor de opvang van mensen in verband met bijvoorbeeld uitval van verwarming.
- Het coördineren van brandstoftoevoer naar noodstroomaggregaten en voor transportdoeleinden.
- Het coördineren van de evacuatie van mensen uit bejaardentehuizen, verzorgingstehuizen, thuiswonende hulpbehoevenden en ziekenhuizen naar buiten het stroomstoringsgebied.
- Het coördineren van de distributie van ondermeer primaire levensbehoeften.

Conclusies en aanbevelingen



8.1 De kwetsbaarheidsparadox

De kwetsbaarheid van de maatschappij door ongewenste (technische) storingen, ongewenst menselijk handelen en ongewenste gebeurtenissen zoals (natuur)rampen kan aanleiding zijn voor een ernstige maatschappelijke ontregeling. Technische infrastructurele systemen, zoals de elektriciteitsvoorziening, leveren producten of diensten die belangrijk zijn voor het algemeen maatschappelijk functioneren. De maatschappij is daardoor kwetsbaar voor een verstoring van het functioneren van deze technisch infrastructurele systemen. (Verstoringen zijn die storingen in een technisch infrastructureel systeem die tot maatschappelijke gevolgen leiden.) Het begrip *kwetsbaarheid van de maatschappij* wordt daarom als volgt omschreven: 'de gevoeligheid van het maatschappelijk functioneren voor het uitvallen van bepaalde functies'.

In diverse studies wordt gewezen op het feit dat geïndustrialiseerde landen tegelijkertijd met hun technologische ontwikkeling kwetsbaarder zijn geworden voor verstoringen. Dit is gedefinieerd als de *kwetsbaarheidsparadox* en wordt als volgt omschreven: 'Naarmate een land minder kwetsbaar is in haar voorzieningen, komt iedere verstoring van de productie, distributie en

consumptie van die voorzieningen des te harder aan'.

Niet alleen de technologische ontwikkeling van de elektriciteitsvoorziening kan tot een toenemende kwetsbaarheid leiden. De technologische ontwikkeling heeft ook geleid, en zal in de toekomst leiden, tot een grotere penetratie van elektrische apparatuur en van elektronische regel-, controle- en besturings-systemen. Hierdoor is er in het geval van de elektriciteitsvoorziening sprake van een *dubbele kwetsbaarheidsparadox*. Zowel de afgenomen kwetsbaarheid van de elektriciteitsvoorziening als de toegenomen penetratie van elektriciteit zorgen beiden voor een toenemende maatschappelijke kwetsbaarheid bij een verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

Naast deze toegenomen zekerheid van de elektriciteitsvoorziening en de toenemende penetratie van elektrische apparatuur speelt zelfs nog een derde aspect een rol. De toegenomen afhankelijkheid van de andere infrastructurele voorzieningen, zoals de drinkwatervoorziening, de waterhuishouding, de telecommunicatie en transport, van het gebruik van elektriciteit zorgt ervoor dat bij een uitval van de elektriciteitsvoorziening, deze voorzieningen in principe ook verstoord zouden kunnen raken.

Gezien deze grote afhankelijkheid van het gebruik van elektriciteit in de maatschappij is de verwachting dat de maatschappelijke kwetsbaarheid voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening groot is. Toch zijn de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening in Nederland nooit onderzocht. Om na te gaan hoe hierop zowel technisch, organisatorisch als bestuurlijk gereageerd zou kunnen worden (het vergroten van de maatschappelijke veerkracht) is het echter van groot belang om de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening in kaart te brengen. Het doel van dit onderzoek is

het in kaart brengen van de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening alsmede het formuleren van aanbevelingen om de maatschappelijke veerkracht te vergroten.

8.2 De kans op een verstoring van de elektriciteitsvoorziening

Het elektriciteitsvoorzieningssysteem bestaat uit diverse onderdelen, de brandstofvoorziening, het produktiesysteem, het transportsysteem (hoogspanningsnet) en het distributiesysteem (midden- en laagspanningsnet). In al deze onderdelen kunnen storingen optreden. Toch leiden lang niet alle storingen tot een verstoring van de elektriciteitslevering. De kans op een verstoring als gevolg van een storing in de brandstofvoorziening of het produktiesysteem is zeer klein. De meeste verstoringen van de elektriciteitslevering worden veroorzaakt door storingen in het transport- en distributiesysteem. Een storing in het 380 en 220 kV hoogspanningsnet leidt echter zelden tot een verstoring. In het 50-150 kV hoogspanningsnet leiden storingen in ongeveer 30% van de gevallen tot verstoringen. Storingen in het midden- en laagspanningsnet leiden in meer dan 80% van de gevallen tot verstoringen. Deze cijfers zijn een gemiddelde over de afgelopen 10 jaar.

Het aantal storingen dat optreedt is het laagst in de hoogspanningsnetten en het hoogst in de laagspanningsnetten. In het 50-150 kV deel van het hoogspanningsnet zijn in 1992 112 storingen geregistreerd. Voor het middenspanningsnet (3-30 kV) betrof dit in 1992 circa 2300 storingen en voor het laagspanningsnet (0,4 kV) circa 7200 storingen.

De duur van de verstoring en het aantal mensen dat wordt getroffen door een verstoring verschilt van geval tot geval. Er treden per jaar veel verstoringen in een klein gebied op met een korte uitvalduur, met name door storingen in

het middenspannings- en laagspanningsnet. Toch treden er zeker ook grote verstoringen op, die veelal het gevolg zijn van een storing in het hoog- of middenspanningsnet. Een tweetal voorbeelden. Op 1 en 2 maart 1987 zorgde ijzelaafzetting op hoogspanningslijnen ervoor, dat de provincies Friesland, Groningen en het noorden van Drenthe gedurende een dag getroffen werden door meerdere stroomstoringen, waarvan sommigen lang duurden. Een storing in het hoogspanningsnet op 4 januari 1993 zorgde ervoor dat een deel van de Achterhoek ongeveer 8 uur zonder stroom zat.

De betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening wordt echter uitgedrukt in gemiddelde waarden voor de kans dat een verstoring optreedt en een gemiddelde waarde voor de uitvalduur. Hiervoor worden statistieken bijgehouden. De kans dat een laagspanningsverbruiker in 1992 gedurende enige tijd geen elektriciteit geleverd kreeg bedroeg 20,7% (gemiddeld eens in de vijf jaar). Het gemiddeld aantal minuten dat een laagspanningsverbruiker door een verstoring geen elektriciteit geleverd kreeg (jaarlijkse uitvalduur), bedroeg in 1992 16,3 minuten. Deze statistische gegevens betekenen, dat één op de vijf laagspanningsverbruikers gemiddeld 80 minuten per jaar zonder stroom zit.

In vergelijking met het buitenland is de kans op een verstoring in Nederland laag. Zelfs de meeste andere geïndustrialiseerde landen hebben een grotere kans op een verstoring en een hogere gemiddelde jaarlijkse uitvalduur. Tevens is de kans op een verstoring en de jaarlijkse uitvalduur in Nederland de afgelopen decennia sterk gedaald. De elektriciteitslevering is duidelijk minder kwetsbaar geworden. Dit neemt niet weg dat er altijd een kans is dat er een grote, langdurige verstoring van de elektriciteitsvoorziening kan plaatsvinden; een

100% betrouwbare elektriciteitsvoorziening kan immers nooit gerealiseerd worden. Het is daarom zinvol de gevolgen van een langdurige, grote verstoring nader te bekijken en de mogelijkheden voor vergroting van de maatschappelijke veerkracht na te gaan.

8.3 Gevolgen van verstoringen

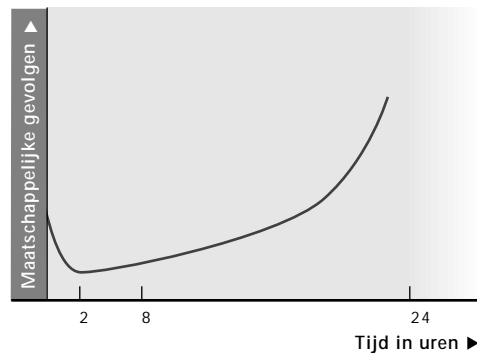
De gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening zijn afhankelijk van een aantal karakteristieken van de verstoring. Dit zijn het tijdstip, het seizoen, de tijdsduur, de kenmerken en de omvang van het getroffen gebied. Een zeer belangrijke karakteristiek blijkt de tijdsduur van de verstoring. Daarom is er voor gekozen om een zogenaamd verstoringsscenario voor de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening op te stellen. Het doel van het verstoringsscenario is het geven van een procesbeschrijving van de gevolgen van elektriciteitsuitval naar sectoren, als functie van de duur van de verstoring. De gegevens voor de opstelling van dit scenario zijn afkomstig van een zestal analyses van verstoringen die in Nederland hebben plaatsgevonden, een tweetal 'brainstorm-bijeenkomsten' met betrokkenen uit diverse sectoren en verschillende gebieden en door informatie uit de literatuur. Deze gevolgen zijn geanalyseerd aan de hand van een drietal 'criteria', maatschappelijk, invloed op infrastructurele systemen en schade.

maatschappelijke gevolgen

De maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening zijn sterk afhankelijk van de duur van de verstoring. In figuur 8.1 is een kwalitatieve weergave gegeven van de maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening als functie van de duur van de uitval. Dit figuur laat zien dat direct na een verstoring een groot aantal gevolgen optreden, die echter na 1 tot 2

uur weer afnemen. Naarmate de verstoring langer duurt zullen de gevolgen steeds omvangrijker worden en ongeveer lineair toenemen. Na ongeveer 8 uur zullen de gevolgen exponentieel toenemen. Uit deze weergave van de maatschappelijke gevolgen als functie van de duur van de uitval kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Direct na de uitval van de verstoring treden een aantal gevolgen op die qua aard sterk afhankelijk zijn van een aantal andere karakteristieken dan de duur van de uitval. Vooral het tijdstip en de geografische kenmerken van het gebied zijn hierbij bepalend. Bijvoorbeeld verkeersongelukken zullen zich vooral voordoen indien de stroom uitvalt in de spits in een stedelijk gebied.
- De gevolgen als functie van de duur van de uitval zullen sterk toenemen. Bij een uitval van langer dan 8 uur kan gesproken worden van een rampachtige situatie. Het aantal gevolgen, maar met name ook de ernst van de gevolgen zal sterk toenemen. Er moeten dan ook maatregelen genomen worden die sterk lijken op de maatregelen die genomen worden in de rampenbestrijding.
- Ernstige maatschappelijke gevolgen zullen na 8 uur vooral optreden bij hulpbehoevenden, bejaarden, gehandicapten en zieken. Deze



Figuur 8.1 Een kwalitatieve schets van de maatschappelijke gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening als functie van de duur van de verstoring (niet cumulatief).

mensen zijn veelal direct of indirect voor hun functioneren afhankelijk van elektrische apparatuur en voor hun veiligheid afhankelijk van de bereikbaarheid van anderen middels communicatievoorzieningen. Bij langdurige uitval moet, vooral voor deze categorie mensen, gekeken worden hoe de hulpverlening aangepakt moet worden.

Invloed op infrastructurele systemen

Het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening heeft gevolgen voor het functioneren van andere infrastructures, zoals de drinkwatervoorziening, de gasvoorziening, de waterhuishouding, het transport, de telecommunicatie en afval. Deze invloed kan tweeledig zijn. Ten eerste kan het functioneren van de infrastructuur zelf worden beïnvloed. Ten tweede kan de apparatuur die aangesloten is op de infrastructuur en afhankelijk van elektriciteit niet meer functioneren of vindt een (sociale) reactie plaats waardoor het functioneren van de infrastructuur wordt beïnvloed. Tabel 8.1 geeft een overzicht van de gevolgen van een stroomuitval op het functioneren van de infrastructures als functie van de duur van de stroomuitval.

Uit de analyse van de gevolgen voor de technisch infrastructurele systemen kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De meeste infrastructurele systemen zijn in voldoende mate geëquipeerd om de gevolgen van een stroomuitval zeker voor een duur van 24 uur en soms langer, op te kunnen vangen. Alleen in het transport treedt direct een verstoring op omdat trams, metro en treinen niet meer rijden en het tanken van brandstof niet meer mogelijk is.
- De verstoringen die optreden zijn veelal niet het gevolg van een verstoring van de infrastructuur, maar van een verstoring van

	0 - 2 uur	2 - 24 uur	24 uur en langer
Drinkwater	••	••	••
Waterhuishouding	•	•••	•••
Gas	••	••	••
Transport	•••	•••	•••
Telecommunicatie	••	••	••
Afval	-	-	•••

- Geen invloed op infrastructures, geen gevolgen
 • Invloed op infrastructures, geen gevolgen
 •• Geen invloed op infrastructures, gevolgen
 ••• Invloed op infrastructures, gevolgen

Tabel 8.1 Invloed van het wegvallen van de elektriciteitsvoorziening op infrastructurele systemen als functie van de duur van de uitval.

- de apparatuur die hierop is aangesloten. en tevens gebruik maakt van elektriciteit.
- Een niet-technisch probleem dat zich voordoet bij de telecommunicatie is congestie. Bij het uitvallen van de stroom gaan mensen bellen, in hoofdzaak naar vrienden of familie, maar ook met 06-11, het elektriciteitsbedrijf en de politie. Om de invloed van dit probleem te minimaliseren, is voor de communicatie tussen vitale diensten onder andere het Nationaal Noodnet aangelegd. Uit ervaringen tot nu toe blijkt, dat een aantal instanties hier (nog) geen gebruik van gemaakt.

Schade

Schade betreft vooral economische schade, naast milieuschade. De economische schade ten gevolge van een uitval van de elektriciteitsvoorziening wordt onderscheiden in omzetverlies, overwerk, materiële schade en het voorzien in een noodstroomvoorziening. De schade die ten gevolge van stroomuitval ontstaat is sterk afhankelijk van de specifieke situatie in een bedrijf, instelling of dienst, van de aanwezigheid van een noodstroomaggregaat en van de duur van de uitval. Er is in de literatuur

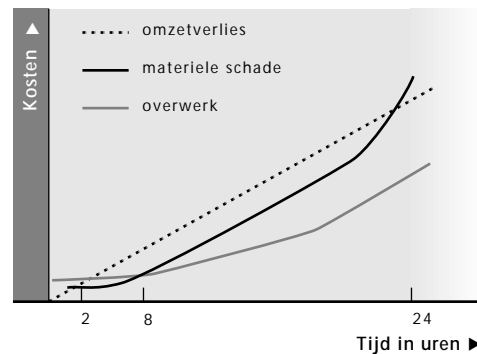
- veel aandacht voor dit aspect, het wordt veelal uitgedrukt in kosten per niet geleverde kWh. Ook in dit onderzoek is getracht een beeld te verkrijgen van deze kosten per niet geleverde kWh. De volgende conclusies kunnen hieruit worden gedestilleerd:
- De kosten per niet geleverde kWh voor huishoudens zijn relatief laag (kleiner dan 1 gld/kWh)
- De kosten per niet geleverde kWh voor dienstverlening, instellingen en openbare instanties zijn relatief hoog (gemiddeld 60-70 gld/kWh)
- De kosten per niet geleverde kWh voor industriële bedrijven variëren sterk, maar zijn gelijk of lager dan de bedragen voor de dienstverlening.
- Algemeen blijkt dat de kosten per niet geleverde kWh omgekeerd evenredig zijn met de elektriciteitsintensiteit (kWh/gld, elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde). In andere woorden, hoe hoger het elektriciteitsverbruik per eenheid toegevoegde waarde des te lager zijn de kosten per niet geleverde kWh.

Zoals al is opgemerkt is de schade sterk

afhankelijk van de duur van de uitval. De bedragen die hierboven zijn genoemd gelden voor een betrekkelijk korte (minder dan 8 uur) uitval van de stroom. De schade als functie van de duur van de uitval zijn voor de landbouw, industrie, dienstverlening, instellingen, openbare diensten, huishoudens en openbare nutsvoorzieningen in afzonderlijke figuren in het rapport opgenomen. Hier is de schade als functie van de duur van de uitval voor de componenten 'omzetverlies', 'overwerk' en 'materiële schade', geaggregeerd voor de verschillende sectoren, kwalitatief geschetst in figuur 8.2. De categorie 'voorzien in een noodstroomvoorziening' is niet in de figuur begrepen omdat dat een maatregel is die individuele bedrijven, instellingen of diensten kunnen nemen. Hierdoor zullen voor die individuele actoren de totale kosten afnemen. Geaggregeerd over alle sectoren zullen deze echter nauwelijks bijdragen aan een minder sterk verloop van de kosten voor de andere drie componenten. Uit de analyse kan over het verloop van de kostencomponenten als functie van de tijd, het volgende geconcludeerd worden:

- Omzetverlies bij bedrijven zal evenredig met de duur van de uitval toenemen. Het gaat hierbij immers om het naar huis sturen van personeel en het niet meer kunnen maken van produkten. De hoeveelheid niet gewerkte uren of niet geproduceerde goederen zal ruwweg lineair met de tijd toenemen.
- Overwerk is vooral van belang bij de openbare diensten en de instellingen. Bij de openbare diensten en bejaardenhuizen moet men extra personeel inzetten om kruispunten te beveiligen, extra preventieve surveillance, mensen uit liften halen, enz. Bij ziekenhuizen en de thuiszorg, zal na verloop van tijd extra personeel moeten worden ingezet voor extra hulp.
- Materiële schade zal pas na enige tijd gaan

ontstaan, door bederf van gekoelde waren, sterfte van dieren, vastkoeken van leidingen in verschillende bedrijven, droogleggen van koeien, enz. Deze kostenpost zal zeker meer dan lineair toenemen met de duur van de uitval.



Figuur 8.2 Het verloop van de drie schadeposten (omzetverlies, overwerk en materiële schade) als functie van de duur van de verstoring (cumulatief).

Bij een stroomstoring kan ook milieuschade optreden. Er zijn twee aanwijsbare oorzaken voor het ontstaan van milieuschade. Ten eerste doordat zich binnen het systeem van de waterhuishouding, in het rioleringsstelsel, overstort van ongezuiverd afvalwater kan voordoen. Ten tweede kan milieuschade optreden als industriële processen abrupt worden onderbroken. Gebeurt het stopzetten van een proces onverhoopt niet fail safe dan kunnen soms ernstige emissies optreden.

8.4 Grootte en vergroting van maatschappelijke veerkracht

de maatschappelijke veerkracht

De mate waarin een maatschappij in staat is de gevolgen van een verstoring op te vangen zal in belangrijke mate de kwetsbaarheid bepalen. Dit wordt wel omschreven als de maatschappelijke veerkracht en is als volgt te omschrijven

'verlaging van het behoeftepatroon in calamiteiten-situaties en mogelijkheden om de normale situatie te herstellen'. De maatschappelijke kwetsbaarheid is dus geen statisch gegeven, het kan in belangrijke mate worden beïnvloed door de maatschappelijke veerkracht. Vergroting van de maatschappelijke veerkracht kan enerzijds worden bereikt met technische maatregelen zoals de installatie van noodstroomvoorzieningen. Anderzijds kunnen organisatorische maatregelen worden genomen die de maatschappelijke veerkracht vergroten. De maatregelen die getroffen verbruikers, openbare diensten en openbare voorzieningen nemen, zijn als functie van de duur van een verstoring in tabellen weergegeven.

grootte maatschappelijke veerkracht

Voor de zes verstoringen in Nederland waarvoor de gevolgen in kaart zijn gebracht, zijn tevens de maatregelen geïnventariseerd die zijn genomen om de gevolgen van stroomuitval te kunnen opvangen. Uit deze inventarisatie blijkt het volgende:

- Verbruikers kunnen technische maatregelen treffen door de installatie van noodstroomvoorzieningen zoals no-break sets, aggregaten en accu's/batterijen. Bij ruim de helft van de respondenten anders dan huishoudens, blijkt er geen enkele vorm van noodstroomvoorziening aanwezig te zijn. Bij ongeveer 5% blijkt een no-break set aanwezig, 20% beschikt over een aggregaat en 5% heeft een aggregaat gehuurd. Ongeveer 20% beschikte over een accu/batterij set voor noodstroomvoorziening. Overigens bleek in een klein aantal gevallen de noodstroomvoorziening niet te functioneren.
- Noodstroomvoorzieningen zijn vooral aanwezig bij een aantal cruciale diensten zoals de centrale post ambulancevervoer en

in de telecommunicatie. Vele (kleinere) bedrijven en kantoren, maar ook een aantal bejaardentehuizen, beschikken niet over een noodstroomaggregaat. In vier van de zes verstoringen beschikte de politie niet over een aggregaat.

- Door de getroffen verbruikers wordt een groot scala aan organisatorische maatregelen genomen om de gevolgen van de stroomstoring op te vangen. Deze organisatorische maatregelen zijn zeer divers en specifiek voor het betreffende bedrijf of instelling. Een aantal voorbeelden, extra personeelsinzet in bejaardentehuizen vooral in verband met veiligheid, overgaan op een nooddienstregeling bij openbaar vervoer bedrijven, afsluiten van winkels, beveiliging van winkels/bedrijven organiseren, alternatieve dienstroosters/werkzaamheden invoeren, enz.
- Belangrijk bij een verstoring zijn de openbare instanties. Deze instanties nemen zekere organisatorische maatregelen om de algemeen maatschappelijke gevolgen van de verstoring te beperken of mogelijk te voorkomen.
- Uit de analyse van de zes verstoringen bleek de politie het meest actief te zijn op verschillende gebieden, zoals het te woord staan van burgers en bedrijven, reageren op alarmmeldingen, regeling van het verkeer op kruispunten en spoorwegovergangen, informeren van burgers, handhaving openbare orde middels extra surveillance.
- De brandweer blijkt vooral een aantal activiteiten te verrichten in de meer technische sfeer zoals het bevrijden van mensen uit liften en het regelen van noodstroomaggregaten.
- De gemeente blijkt in deze verstoringen slechts een marginale rol te vervullen. Slechts enkele mensen bellen naar de gemeente voor informatie.
- De centrale post ambulancevervoer blijkt in

- de verstoringen niet veel extra vraag naar hulpverlening te hebben binnengekregen.
- Belangrijk bij de organisatorische maatregelen die de verschillende openbare instanties nemen, is de coördinatie en onderlinge communicatie. Uit de analyse van de zes verstoringen bleek dat deze sterk varieerde per verstoring. In het algemeen bleek er, in deze zes verstoringen die een betrekkelijk korte uitvalduur kenden, weinig sprake van coördinatie tussen de verschillende openbare diensten inclusief het elektriciteitsbedrijf. Terwijl juist het elektriciteitsbedrijf relevante informatie kan verschaffen over de verwachte tijdsduur van de verstoring. Soms was er enig overleg tussen de verschillende diensten binnen één gemeente, maar niet of nauwelijks tussen de gemeenten onderling. In geen enkel geval is gebruik gemaakt van het Nationaal Noodnet.
 - Communicatie en voorlichting naar bedrijven en publiek blijkt belangrijk tijdens een stroomstoring. Mensen bellen vooral naar familie en vrienden, daarnaast wordt vooral geïnformeerd bij de elektriciteitsbedrijven en de politie. Hierdoor kan congestie van het telefoonnet optreden, wat in een aantal van de onderzochte verstoringen is voorgekomen. De voorlichting naar het publiek is in de onderzochte verstoringen ad hoc aangepakt. In vier gevallen is gebruik gemaakt van een regionale zender. In twee gevallen van geluidswagens. Doordat radio en televisie toch in hoofdzaak via het elektriciteitsnet worden gevoed bereikt dit niet alle mensen. In de Achterhoek heeft 56% van de huishoudens geen enkele informatie ontvangen. In Arnhem zelfs 90% niet.

Algemeen kan geconcludeerd worden dat de maatschappelijke veerkracht in geval van een elektriciteitsuitval niet erg groot is. Er zijn onvoldoende technische voorzieningen

aanwezig, er is onvoldoende organisatorische voorbereiding en er is onvoldoende geregeld hoe de bestuurlijke coördinatie zou moeten verlopen. Dat deze maatschappelijk veerkracht niet groot is komt mede doordat het risicobewustzijn onder burgers, bedrijven, instellingen en openbare diensten ten aanzien van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening niet erg groot is. Men weet niet wat de gevolgen kunnen zijn en ervaart dit dan ook niet als een bedreigende situatie.

Vergroting van de maatschappelijke veerkracht

Vergroting van de maatschappelijke veerkracht is zeker mogelijk en in een aantal gevallen ook wenselijk. Er zijn vele technische en organisatorische maatregelen denkbaar, die niet kostbaar hoeven te zijn. Uit de analyse van de gevolgen blijkt dat er drie tijdsfasen in de verstoring zijn te onderscheiden, die ieder een iets andere set van maatregelen zullen vergen om het maatschappelijke functioneren zo veel mogelijk doorgang te kunnen laten vinden. Veel van deze maatregelen zullen echter al voordat er sprake is van een verstoring moeten zijn aangelegd (technische maatregelen) of zijn voorbereid (organisatorische maatregelen) willen ze de gevolgen van een verstoring kunnen verminderen. De te nemen maatregelen, die de gevolgen van een verstoring in deze drie verschillende tijdsfasen kunnen verminderen, worden hieronder aangegeven.

In de eerste twee uur na een stroomuitval (de eerste fase) zijn het vooral de technische maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. Er kan immers nooit in organisatorische zin direct gereageerd worden op een onvoorspelbare uitval. Bij deze technische maatregelen, die aanwezig moeten zijn, moet vooral gedacht worden aan:

- No-break sets en/of accu's/batterijen en/of aggregaten voor verkeerslichten, telefooninstallaties, bruggen, alarminstallaties, computers, kassa's, controle- en regelapparatuur, hydrofoorinstallaties, trams en treinen, medische thuisapparatuur, enz.
- Mogelijkheden voor handbediening van liften, bruggen, elektrische deuren, benzinepompen, enz.
- Noodstroomaggregaten bij ondermeer de politie en bejaardentehuizen.
- Fail-safe ontwerp van productieprocessen zodat deze veilig down kunnen gaan.

In deze eerste fase zijn echter ook organisatorische maatregelen van belang. Zo zullen grote gebouwen en warenhuizen geëvacueerd moeten worden, waarvoor een evacuatieplan nodig is. Ook is in deze eerste fase noodzakelijk dat zo snel mogelijk zicht komt op de mogelijke duur van de stroomstoring, dit ter voorbereiding van maatregelen die in de volgende fasen noodzakelijk zijn.

In de periode van 2 tot 8 uur na de stroomuitval (de tweede fase), is het een mix van organisatorische en technische maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. In deze fase zullen zeker een aantal van de noodstroomvoorzieningen 'uitgeput' raken. Het is daarbij van belang dat vooral de openbare diensten weten welke gevolgen er in hun taakgebied kunnen optreden, hoe men daarop in kan spelen en welke met prioriteit moeten worden behandeld. Het gaat in deze fase ondermeer om de volgende maatregelen:

- Overgang op een alternatief dienstrooster in bedrijven, instellingen en openbare diensten.
- Oproepen van extra personeel vooral bij de openbare diensten en instellingen.
- Het installeren van noodstroomaggregaten bij cruciale diensten, zoals bejaarden/verpleeghuizen,

telefoonverbindingen, indien deze niet aanwezig zijn of niet functioneren.

Na 8 uur kan een verstoring van de elektriciteitsvoorziening uitgroeien tot een rampachtige situatie, vooral als de verstoring een groot gebied omvat en er een indicatie is dat het langer dan 24 uur gaat duren. Ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht zijn dan vooral organisatorische en coördinerende maatregelen van belang, die echter al voorbereid, in een plan beschreven, moeten zijn voordat er een stroomstoring optreedt. Het instellen van een coördinatieteam is in deze fase van groot belang. Een aantal maatregelen kunnen dan zijn:

- Het instellen van informatiepunten voor bedrijven, burgers.
- Inrichten van ruimten voor de opvang van mensen in verband met bijvoorbeeld uitval van verwarming.
- Het coördineren van brandstoftoevoer naar noodstroomaggregaten en voor transportdoeleinden.
- Het coördineren van de evacuatie van mensen uit bejaardentehuizen, verzorgingstehuizen, thuiswonende hulpbehoevenden en ziekenhuizen naar buiten het stroomstoringsgebied.
- Het coördineren van de distributie van ondermeer primaire levensbehoeften.

8.5 Kwetsbaarheid een paradox?

Door de technologische ontwikkeling is de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening toegenomen. Het elektriciteitsvoorzienings-systeem kan echter nooit 100% betrouwbaar worden gemaakt, er zal altijd een kans zijn dat een langdurige, grote uitval zal plaatsvinden. De gevolgen van een toch optredende verstoring van de elektriciteitsvoorziening zullen aanzienlijk zijn. Dit wordt omschreven als de kwetsbaarheidsparadox: 'Naarmate een land

minder kwetsbaar is in haar voorzieningen, komt iedere verstoring van de produktie, distributie en consumptie van die voorzieningen des te harder aan'. Deze paradox wordt nog een versterkt door de toenemende penetratie van elektrische apparatuur, controle- en regelsystemen en de toenemende afhankelijkheid van elektriciteit bij de andere infrastructurele voorzieningen.

Uit de analyse naar de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening blijkt dat het maatschappelijk leven in hoge mate wordt ontwricht. Indien een verstoring langer dan 8 uur gaat duren kan gesproken worden over een situatie die vergelijkbaar is met een ramp. De maatschappij is dus kwetsbaar voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

De maatschappelijke veerkracht, de mate waarin een maatschappij in staat is de gevolgen van een verstoring op te vangen, blijkt niet erg groot te zijn. Mensen zijn onvoldoende voorbereid, er zijn onvoldoende technische voorzieningen aangebracht en in organisatorische zin wordt ad-hoc op een stroomuitval gereageerd.

Er zijn echter voldoende technische en organisatorische maatregelen aan te geven die de maatschappelijke veerkracht aanzienlijk zouden kunnen vergroten. De kwetsbaarheidsparadox kan, door het vergroten van deze maatschappelijke veerkracht, zeer zeker doorbroken worden.

8.6 Aanbevelingen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht bij verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

Wij hebben geconstateerd dat:

- de elektriciteitsvoorziening producten en diensten levert die cruciaal zijn voor het maatschappelijk functioneren;
- de penetratie van elektrische apparatuur in

alle facetten van onze samenleving sterk is toegenomen;

- de zekerheid van een onverstoordde elektriciteitsvoorziening de afgelopen jaren is toegenomen en daarmee ook het vertrouwen op een onverstoordde voorziening;
- de elektriciteitsvoorziening van toenemende betekenis is geworden voor andere infrastructurele systemen, zoals de drinkwatervoorziening, de gasvoorziening, de waterhuishouding, de telecommunicatie en het transport;
- de potentiële gevolgen van verstoring van de elektriciteitsvoorziening de afgelopen jaren aanzienlijk zijn toegenomen, terwijl daarbij minder rekening wordt gehouden met een dergelijke verstoring;

Daarenboven hebben wij geconstateerd dat:

- het systeem van de elektriciteitsvoorziening bestaat uit een groot aantal onderdelen zoals de brandstofvoorziening, het produktiesysteem en het transport- en distributiesysteem. Gesteld kan worden dat deze in internationaal perspectief gezien uitstekend functioneren, maar elk afzonderlijk, of in combinatie, evenwel aanleiding kunnen geven tot storingen in de elektriciteitsvoorziening;
- het transport- en distributiesysteem in de elektriciteitsvoorziening is omvangrijk (totale lengte ruim 100.000 km), complex en relatief kwetsbaar. Dit transport- en distributiesysteem bestaat uit hoogspanningsnetten (HS-netten van 380 tot 50 kV) en middenspanningsnetten (MS-netten van 50 tot 3 kV) met een transportfunctie, en laagspanningsnetten (LS-netten van 0,4 kV) met een distributiefunctie.
- met name het transport- en distributiesysteem geeft aanleiding tot storingen in de elektriciteitsvoorziening.

Statistisch gezien krijgt een LS-verbruiker in Nederland door dergelijke storingen eenmaal in de vijf jaar te maken met een storing die leidt tot een onderbreking (verstoring) van de elektriciteitsvoorziening. Nationaal gezien had in 1992 één op de vijf LS-verbruikers ca. 80 minuten geen stroomvoorziening;

- verstoringen van de elektriciteitsvoorziening in een omvangrijk verzorgingsgebied van enkele uren of meer komen incidenteel ook voor (deze studie analyseert er 6);
- verstoringen van de elektriciteitsvoorziening hebben maatschappelijke gevolgen die in aard, ernst en omvang sterk blijken te verschillen. Deze gevolgen blijken vooral afhankelijk te zijn van het tijdstip van de verstoring, het seizoen, de kenmerken (stedelijk, industrieel, landelijk) en de omvang van het getroffen gebied. Er is sprake van maatschappelijke gevolgen waaronder ook gevolgen voor infrastructurele systemen en economische gevolgen (schade);
- verstoringen kunnen ernstige gevolgen hebben, omdat:
 - al direct na een verstoring ernstige gevolgen kunnen optreden (zoals verkeersongelukken, ontsnappen van gassen uit industriële processen, mensen die vastzitten in liften en metro's,...). Deze directe gevolgen blijken na verloop van tijd weer af te nemen.
 - na ongeveer twee uur worden andere gevolgen steeds meer merkbaar. Vooral door het niet meer functioneren van allerlei apparaten, regelapparatuur en communicatie apparatuur (geen centrale verwarming, geen water in flatgebouwen, geen kunstlicht, geen televisie of radio, geen verkoop van goederen en diensten omdat kassa's en computers niet meer functioneren, stilleggen van bedrijvigheid,..). Deze gevolgen blijken "lineair" toe te nemen met de tijdsduur van

de elektriciteits-onderbreking.

- na ongeveer acht uur zullen de gevolgen meer dan lineair toenemen (kippen en varkens in de intensieve veehouderij gaan dood, hulpverlening aan hulpbehoevenden komt beneden een acceptabel niveau, gekoelde producten bederven, materiaal in leidingen van bedrijven gaat vastzitten, maaltijdvoorziening in bejaardenhuizen kan geen doorgang vinden,..). Naarmate de tijdsduur langer wordt, worden deze effecten nijpender (transport komt meer stil te liggen omdat niet meer getankt kan worden, noodagregaten functioneren minder of niet meer, tunnels lopen onder water, koeien moeten worden drooggelegd,..)

Aanbevelingen:

Deze constatering leidt tot een aantal aanbevelingen ter vergroting van de maatschappelijke veerkracht voor verstoring van de elektriciteitsvoorziening.

1 Het vergroten van het risico bewustzijn

Geconstateerd is dat enerzijds de zekerheid van een ongestoorde levering van elektriciteit is toegenomen. Dit heeft geleid tot een vergroting van het vertrouwen in de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening.

Anderzijds is echter ook de penetratie van elektrische apparatuur in de samenleving de laatste jaren sterk toegenomen en is er ook sprake van een toename van de afhankelijkheid van de levering van elektriciteit. Daardoor is een aanzienlijke vergroting opgetreden in de omvang van de potentiële gevolgen van uitval van de elektriciteitsvoorziening. Omdat deze ontwikkelingen zich geleidelijk hebben voltrokken en gelijktijdig de kans op een onderbreking van de elektriciteitslevering is afgenomen heeft de ontwikkeling van het risicobewustzijn onvoldoende gelijke tred

gehouden met de potentiële omvang van de gevolgen.

Om de maatschappelijke veerkracht - de mate waarin de samenleving in staat is de gevolgen van een verstoring van de elektriciteitsvoorziening op te vangen - te vergroten is het van belang het risicobewustzijn aan te scherpen. Burgers, bedrijven, instellingen en openbare diensten moeten zich meer dan nu het geval is bewust worden van de juiste proporties van de risico's die een eventuele uitval van de elektriciteitsvoorziening voor hun functioneren zou kunnen betekenen. Gebleken is dat genoemde partijen doorgaans een verstoring van de elektriciteitsvoorziening nog niet als een ernstig risico ervaren, terwijl zo'n verstoring direct ernstige gevolgen kan hebben en binnen 8 tot 24 uur kan uitgroeien tot een rampachtige situatie. De overheid en de elektriciteitsvoorzieners hebben een belangrijke taak bij de opbouw van een adequaat risicobewustzijn bij de verschillende maatschappelijke groeperingen. Risicobewustzijn is een eerste voorwaarde om maatregelen te kunnen treffen gericht op het vergroten van de maatschappelijke veerkracht.

2 Het garanderen van blijvende aandacht voor het snel oplossen van de verstoring

Aangegeven is dat de duur van een verstoring doorgaans bepaalt of deze uit kan groeien tot een rampachtige situatie. Het heeft dan ook de hoogste prioriteit om een eventuele verstoring van de elektriciteitsvoorziening zo snel mogelijk, in een zo groot mogelijk deel van het getroffen verzorgingsgebied, weg te nemen. Het realiseren van een zeer betrouwbare elektriciteitsvoorziening en het snel oplossen van een verstoringssituatie is op dit moment vanzelfsprekend en wordt respectievelijk door de elektriciteitsproductiebedrijven en door de distributiebedrijven goed verzorgd.

Er zijn echter een aantal ontwikkelingen gaande die genoemde vanzelfsprekendheid negatief kunnen beïnvloeden. Te denken valt aan een meer marktgerichte (en op een lagere prijs gerichte) benadering van de nutsbedrijven in samenhang met de ontwikkeling van concurrentie tussen de nutsbedrijven. Ook de ontwikkeling naar een meer Europese markt voor elektriciteit lijkt in dit opzicht relevant omdat deze gepaard zal gaan met een vrijer (grensoverschrijdend) elektriciteitstransport inclusief een mogelijk lagere kwaliteit ten aanzien van de continuïteit van de levering. Het aspect van de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening en het tempo van het oplossen van storingen verdient in het reguliere overleg tussen overheid en nutssector een belangrijker plaats.

3 Het vergroten van de maatschappelijke veerkracht bij bedrijven en instellingen

Vergroten van de maatschappelijke veerkracht zal mede via een scala van organisatorische en technische maatregelen van individuele bedrijven en instellingen gestalte moeten krijgen. Gegeven beide voorgaande aanbevelingen ligt het allereerst voor de hand dat bedrijven en instellingen meer dan in het verleden het geval was aandacht gaan besteden aan de gevolgen van verstoring van de elektriciteitsvoorziening. In de eerste plaats kunnen bedrijven en instellingen zich richten op het garanderen van een zo adequaat mogelijk niveau van het eigen functioneren. Zo kunnen bedrijven zorgdragen voor bedrijfsnoodplannen en meer fail-safe ontwerpen van productieprocessen. Instellingen kunnen, mogelijk in samenwerking met brandweer en/of politie, een plan van aanpak opstellen. Sector organisaties in de landbouw of dienstverlening zouden hun leden kunnen voorlichten over potentiële gevolgen en mogelijkheden van te nemen maatregelen. Zij kunnen ook verder gaan

en meer specifieke adviezen geven en implementatie bevorderen.

Het onderzoek onderstreept het belang dat bedrijven fail-safe gestopt kunnen worden en zonodig stroomvoorzieningen aanbrengen. De neerslag daarvan in de vergunning (incl. de eis van beproeving van deze voorzieningen), alsmede de handhaving door gemeente of provincie, is essentieel. Zorgverlenende instanties (ziekenhuizen, bejaardenhuizen, verpleegtehuizen en de thuiszorg) waarvan hulpbehoevende mensen afhankelijk zijn, wordt aanbevolen zich technisch en organisatorisch voor te bereiden op elektriciteitsuitval.

4 Verbetering van de bestuurlijke coördinatie

Ook op bestuurlijk niveau wordt een verstoring van de elektriciteitsvoorziening niet direct gezien als een (potentieel) ernstige situatie. Bij een verstoring blijkt dan ook dat er door de diverse diensten veelal op ad-hoc basis en weinig gecoördineerd wordt gereageerd. Van essentieel belang voor een adequate reactie is het verkrijgen van een goed inzicht in de geschatte duur en de omvang van de verstoring. Bij een stroomstoring van korter dan 8 uur moeten de verschillende diensten (politie, brandweer, gemeentelijke diensten en de nutsbedrijven) terdege zijn voorbereid, weten wat hun takenpakket is en welke prioriteiten gesteld moeten worden. Zoals is aangegeven kan een verstoring van de elektriciteitsvoorziening bij een duur van 8 uur of meer zelfs uitgroeien tot een rampachtige situatie, zeker als de verstoring een groot gebied omvat. In zo'n situatie wordt bestuurlijke coördinatie van groot belang, ondermeer voor het evacueren van mensen, organiseren van de brandstofvoorziening en de voedselvoorziening. Het verdient aanbeveling dat op gemeentelijk en regionaal bestuurlijk niveau een plan van aanpak voor een verstoring van de elektriciteits-

voorziening wordt opgesteld. In een dergelijk plan worden de taken, verantwoordelijkheden en coördinatie beschreven. In het plan moet worden uitgegaan van een geleidelijke opschaling van de bestuurlijke coördinatie naarmate de verwachte duur van de verstoring en de omvang van het getroffen gebied groter blijken te zijn. Het opstellen van een dergelijk plan is de taak van het openbaar bestuur. Er ligt hier een relatie met het rampenplan.

5 Garanderen van mogelijkheden tot communicatie

Bij rampenplannen lijkt vaak de premisse te zijn dat de elektriciteitsvoorziening blijft functioneren: "ramen en deuren gesloten houden, binnen blijven en televisie en/of radio aanzetten" wordt bij een (gelijktijdige) verstoring van de elektriciteitsvoorziening een minder zinvol advies en leidt mede tot verdere verstoring van de (tele)communicatie. De verstoring van de (tele)communicatie is daarbij niet een gevolg van een verstoring van de infrastructuur maar wordt veroorzaakt door verstoring van de daarop aangesloten apparatuur (radio, tv, telefooninstallatie, fax) en door congestie in het telefoonnet. Congestie in het telefoonnet is niet specifiek voor een verstoring van de elektriciteitsvoorziening, het treedt ook op bij andere grote verstoringen en rampen. De verstoring van de (tele)communicatie kan ondermeer het verhelpen van de verstoring van de elektriciteitsvoorziening en de onderlinge communicatie tussen diverse diensten op een nadelige wijze beïnvloeden.

Vanuit dit perspectief bezien is het door openbare diensten en nutsbedrijven gebruik maken van het Nationaal Noodnet aan te bevelen zodat ongestoord de spoedeisende communicatie kan worden afgewikkeld. Het verdient aanbeveling de betrokken diensten, die nog niet zijn aangesloten, op dit Noodnet aan te

sluiten en alle over het adequaat gebruik ervan te instrueren. Ook in het oproepen van extra personeel dient bij een gestoorde (tele)communicatie goed voorzien te zijn. Dit laatste geldt mutatis mutandis ook voor zorgverlenende instanties.

6 Publieksvoorlichting

Bij verstoring van de elektriciteitsvoorziening is de noodzakelijke publieksvoorlichting via radio (met uitzondering van batterij-voeding) en tv door mogelijke uitval van kabelsignaal en zendmasten niet mogelijk. De rampenvoorlichting lijkt hiermee onvoldoende rekening te houden. Voor het oplossen van dit probleem dienen nieuwe wegen gezocht en gevonden te worden. De overheid heeft hier een centrale en coördinerende rol.

7 Nader onderzoek

De conclusies van dit onderzoek geven aanleiding tot het opzetten en uitvoeren van onderzoek naar de kwetsbaarheid van andere infrastructurele systemen. Verstoring van de gasvoorziening zou eveneens op basis van case studies analyse verdienen.

Referenties

CBS, 1991; Regionaal statistisch zakboek 1991. Den Haag, SDU.

CBS, 1988; Bodemstatistiek 1985. Den Haag, SDU. CBS; Statistische zakboeken voor de jaren 1979, 1985, 1986 en 1988.

Cuelenaere, R.F.A., en K. Blok, 1993; Ten years of development in Dutch electricity consumption. Dept. of Science, Technology and Society, nr. 93050.

Duenk, F.H.J., 1988; Stedelijke kwetsbaarheid. Onderzoeksinstituut voor technische bestuurskunde, Delft.

Duin, M.J. van en U. Rosenthal, 1991; Crisismanagement en Economische Zaken. Rijksuniversiteit Leiden en Erasmusuniversiteit Rotterdam.

East Midlands Electricity plc, 1991; Blizzard report december 1990.

Elektriciteit in Nederland 1992, 1993; publicatie in opdracht van de Sep en EnergieNed. Arnhem.

EnergieNed (Vereniging van energiedistributiebedrijven in Nederland), 1993 A; Rapportering van de niet-beschikbaarheid ten gevolge van storingen in netten van 0,4...30 kV, Analyse 1992. Techn 93-1640. Arnhem.

EnergieNed, 1993 B; Rapportering van de niet-beschikbaarheid in netten van 50kV...150 kV in 1992. Techn 93-1037. Arnhem. EPRI (Electric Power Research Institute), 1989; Customer demand for service reliability, a synthesis of the outage costs literature. EPRI rapport nr. P-6510. Palo Alto.

Federal Power Commission, 1965; Northeast Power Failure november 9 and 10, 1965. A report to the President by the Federal Power Commission. US GPO, Washington.

Kamer van Koophandel en Fabrieken voor Midden-Gelderland, 1993; Districtsgegevens 1993. Arnhem.

Kamer van Koophandel en Fabrieken voor de Noord-Veluwe en -Achterhoek, 1993; Aantal inschrijvingen (vestigingen) in het handelsregister per gemeente en Inschrijvingen naar bedrijfstype/groottesklasse. Zutphen.

Kearsley, R., 1987. Restoration in Sweden and experience gained from the blackout of 1983. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. PWRS-2, may 1987, pp.422-428.

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), 1992; Maandoverzicht van het weer in Nederland. De Bilt, 89e jaargang no.8.

Laurentius, G. 1984; De kwetsbaarheid van de stad; verstoringen in water, gas, elektriciteit en telefonie. Stichting Toekomstbeeld der Techniek, publicatie nr. 39, Delft.

Lovins, A.B. and L.H. Lovins, 1982; Brittle Power, energystrategy for national security. Andover, Brick House Massachusetts.

Moll, T. van, (NV. Sep) 1993; Schriftelijke mededeling met betrekking tot storingen in hoogspanningsnetten 220 en 380 kV en Unipede werkgroep 'experts voorzieningskwaliteit'.

- Munasinghe, M., 1990; Electric Power Economics, chapter 7; reliability of electricity supply, outage costs and value of service: an overview. Butterworth.
- Nederlands ABC Dienstverleners 1990. Haarlem.
- Nederlands ABC voor Handel en Industrie 1990. Haarlem.
- OTA (Office of Technology Assessment), 1990; Physical vulnerability of electric systems to natural disasters and sabotage. US GPO, Washington.
- Peters, J.H.H.L., 1993; De economische gevolgen van storingen in het openbare net. Een literatuurstudie. TU Eindhoven, Vakgroep Elektrische Energiesystemen. EG/93/647.S. Provinciale Gelderse Energiemaatschappij (PGEM), 1992; Rapportering van de niet-beschikbaarheid ten gevolge van storingen in ondergrondse middenspanningsnetten.
- Provincie Gelderland, Bureau Economisch Onderzoek, uitvoeringsgroep PWE, 1993; Provinciale werkgelegenheids-enquête 1992.
- Provincie Zuid-Holland, 1992; Zuid-Holland in cijfers 1991/1992. Den Haag, SDU.
- Sep (Samenwerkende elektriciteitsproducenten), 1991; Rapport betreffende de onvoorziene niet-beschikbaarheid in netten met een bedrijfsspanning van 50 kV, 110 kV, 150 kV, 220 kV en 380 kV in de jaren 1987, 1988 en 1989. Arnhem.
- Sep, 1987; De storing op 12 januari 1987 in Frankrijk en de gevolgen daarvan voor het koppelnet.
- Sep, 1984; Intern rapport Sep over de storing EGD, PEB-Friesland, IJC op donderdag 31 mei 1984.
- SIBAS (Samenwerkende Instellingen ten behoeve van Beleidsanalytische Studies), 1987; Probleemverkenkend onderzoek naar de kwetsbaarheid van technisch infrastructurele systemen. SIBAS, dossiernr B0053, Delft.
- Steetskamp, I. en A. van Wijk, 1992; Kwetsbaarheid van de samenleving. Gevolgen van verstoringen van de elektriciteitsvoorziening. NOTA, werkdocument W40.
- STYV (The Finnish Power Producers Coordinating Council), 1979; Report on the value of non-distributed energy. English summary of report 1/79.
- VDEN (Vereniging van Directeuren van Elektriciteitsbedrijven in Nederland), 1982; Eind-rapport van de commissie ter bestudering van de waarde van de niet-geleverde energie. Arnhem.
- VDEN, 1986; Openbare netten voor elektriciteitsdistributie. Kluwer technische boeken, Deventer.
- VEEN (nu EnergieNed), 1991. Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers BEK '90. Auteur J.M.C. van Maanen. Arnhem, Mark 91-151.
- VEEN, 1991a; Schriftelijke informatie met betrekking tot figuur B2.1. Uit: overzichten van de Sep met betrekking tot storingsanalyse HS-net.
- Waumans R.J.R., 1983; Economische aspecten rond de betrouwbaarheid van distributienetten. Elektrotechniek 61, 6, pp.417-422.
- Waumans R.J.R., 1989; Distributiesystemen en netstations: betrouwbaar en flexibel. Elektrotechniek 67, 5, pp.397-401.
- Wildavsky, A., 1988; Searching for safety. Social Philosophy and Policy Center and Transaction Publishers. New Brunswick (USA) and Oxford (UK).
- Wittebrood N., 1991; Als het ijzelt, dansen de lijnen. In: Kijk, januari 1991, pp.24-27.
- Woo, C.K. and R.L. Pupp, 1992; Costs of service disruptions to electricity consumers. Energy, vol. 17. no.2 pp.109-126.