

Kosten-batenanalyse norm bereikbaarheid 112 bij stroomstoringen



Amsterdam, augustus 2018
In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Kosten-batenanalyse norm bereikbaarheid 112 bij stroomstoringen

Eindrapport

Bert Tieben
Menno van Benthem
Bert Hof



seo economisch onderzoek

“De wetenschap dat het goed is”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport nr. 2018-74

ISBN 978-90-6733-939-1

Informatie & Disclaimer

SEO Economisch Onderzoek heeft op de verkregen informatie en data geen onderzoek uitgevoerd dat het karakter draagt van een accountantscontrole of due diligence. SEO is niet verantwoordelijk voor fouten of omissies in de verkregen informatie en data.

Copyright © 2018 SEO Amsterdam. Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen, onderzoeken en collegesyllabi, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld. Gegevens uit dit rapport mogen niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s). Toestemming kan worden verkregen via secretariaat@seo.nl

Samenvatting

In hoeverre is het stellen van aanvullende normen en/of streefwaarden richting telecoomaanbieders noodzakelijk om aan de maatschappelijke gewenste bereikbaarheid van 112 tijdens (regionale en langdurige) stroomstoringen te voldoen?

Geen positief saldo van baten en kosten

De conclusie van deze studie is dat voor *geen* van de onderzochte maatregelen ter verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen, de maatschappelijke baten en kosten een positief saldo hebben. De kosten van de maatregelen zijn in alle gevallen hoger dan de baten die bestaan uit het feit dat er minder slachtoffers vallen wanneer 1-1-2 beter aankiesbaar is bij een stroomstoring. Deze conclusie betekent dat er geen norm of streefwaarde is te ontleen aan deze maatregelen.

Conclusies zijn robuust

Ook onder relatief gunstige voorwaarden is er een groot verschil tussen de baten en de kosten van de in dit rapport onderzochte maatregelen. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat toepassing van meer realistische waarden van de gebruikte parameters tot een nog negatiever saldo van baten en kosten leidt. Dit ondersteunt de conclusie van dit rapport dat maatregelen voor verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2 per saldo geen positieve bijdrage leveren aan de welvaart.

De aankiesbaarheid van 1-1-2 is thans voldoende, ook bij stroomuitval

De conclusies wijzen erop dat de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij een stroomstoring op dit moment voldoende is gewaarborgd. Dit komt onder meer door de hoge kwaliteit van het stroomnet waardoor storingen met een groot bereik (een groot aantal huishoudens zonder stroom) en een lange duur (meer dan vier uur) in Nederland praktisch niet voorkomen. Voor een stroomstoring met een gemiddeld profiel qua duur en omvang zijn de telecombedrijven thans voldoende in staat om de mobiele telecommunicatie te waarborgen waardoor 1-1-2 aankiesbaar blijft. Deze conclusie geldt voor de huidige inrichting van de telecommunicatienetwerken en het huidige beleid van de telecommunicatiebedrijven.

Maatregelen voor de elektriciteitsmarkt

Voor de elektriciteitsmarkt zijn maatregelen denkbaar die de enkelvoudige storingsreserve van het hoogspanningsnet verbeteren. Dit verkleint de kans op stroomstoringen. Dit rapport analyseert de kosten en baten van twee typen investeringen in het hoogspanningsnet: railbeveiliging in hoogspanningsstations en het vermazen van uitlopers. Tabel S.1 vat de resultaten van de analyse samen. Beide maatregelen kennen hoge kosten waartegen de baten – het verbeteren van de aankiesbaarheid van 1-1-2 – onvoldoende gewicht in de schaal leggen.

Tabel S.1 Saldo baten en kosten is negatief voor maatregelen op de elektriciteitsmarkt gericht op verbeteren aankiesbaarheid 1-1-2 bij stroomstoringen

Maatregel	Saldo baten en kosten (in €mln.)	
	Laag	Hoog
<i>Stroomscenario</i>		
A: Investering railbeveiliging HS-stations	-151,2	-146,3
B: Vermazing uitlopers	-106,0	-105,6

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Maatregelen voor de telecommunicatiemarkt

De maatregelen op de telecommunicatiemarkt die de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoring kunnen verbeteren zijn de investering in accu's om de zendduur van GSM-masten bij stroomuitval te verlengen en de aanschaf van mobiele noodaggregaten voor hetzelfde doel. Tabel S.2 vat de kosten van deze maatregelen samen en vergelijkt ze met de baten. Voor beide maatregelen zijn de kosten een veelvoud van de baten. Tot een duur van twee uur kent het plaatsen van accu's alleen kosten doordat bij een deel van de bestaande masten al voldoende accucapaciteit aanwezig is of omdat andere maatregelen waarborgen dat de masten tot een duur van twee uur beschikbaar blijven voor telefoonverkeer met 1-1-2.

De kosten en baten van maatregelen gericht op het bestrijden van accudiefstal zijn onzeker, maar kunnen onder gunstige voorwaarden in balans zijn. Gezien de positieve neveneffecten lijkt het doorvoeren van deze maatregel dan ook zinvol. Uitvoering van de maatregel kan echter op problemen stuiten, met name omdat de politie een eigen afweging maakt bij het stellen van prioriteiten.

Tabel S.2 Saldo baten en kosten is negatief voor telecommunicatiemaatregelen gericht op verbeteren aankiesbaarheid 1-1-2 bij stroomstoringen

Maatregel	Impact (in €mln.)	
	Laag	Hoog
<i>Stroomscenario</i>		
1 A Extra accu's		
0,5 uur	Investering 4,5; baten nihil	Investering 4,5; baten nihil
1 uur	Investering 5,7; baten nihil	Investering 5,7; baten nihil
2 uur	Investering 113,4; baten nihil	Investering 113,4; baten nihil
4 uur	Investering 162,8; jaarlijkse baten 2,2 + PM	Investering 162,8; jaarlijkse baten 3,6 + PM
1 B Voorkomen diefstal accu's	Jaarlijks saldo -1,4 + PM	Jaarlijks saldo -1,4 + PM
2 A Investering mobiele noodstroom	Investering 175; baten nihil	Investering 175; baten nihil
2 B Voorrang mobiele noodstroom	Waarschijnlijk negatief	Waarschijnlijk negatief

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Scenario met hogere kansen op stroomstoringen

Een toename van de grootte en frequentie van stroomstoringen, bijvoorbeeld als gevolg van ontwikkelingen zoals verduurzaming en digitalisering, wordt niet verwacht, maar kan ook niet uitgesloten worden. De gevoeligheidsanalyse rekent daarom een scenario door met hogere kansen op stroomuitval. Dit verhoogt de potentiële baat van maatregelen om de aankiesbaarheid van 1-1-2 te waarborgen. Dit effect is echter relatief beperkt en te klein om het saldo van baten en kosten van de onderzochte maatregelen significant te verbeteren.

Pluk laaghangend fruit

In de loop van het onderzoek zijn diverse zaken aan het licht gekomen die op dit moment suboptimaal geregeld zijn en, los van een eventuele normstelling, het functioneren van de 112-keten zouden kunnen verbeteren. Dergelijke maatregelen zijn te karakteriseren als *no regret*-maatregelen of laaghangend fruit. De 112-meldkamers zijn op dit moment al bezig met het doorvoeren van diverse maatregelen om hun beschikbaarheid te verbeteren. Andere gebieden waar relatief eenvoudig winst is te behalen, zijn de informatievoorziening van netbeheerders aan telecomoperators en een grotere politie-inzet op het gebied van accudiefstal.

Inhoud

Samenvatting	i
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding, vraagstelling en methode.....	1
1.2 Beleidstheorie.....	4
1.3 Leeswijzer	6
2 Aankiesbaarheid 1-1-2 zonder extra maatregelen	7
2.1 Beschrijving 1-1-2-keten.....	7
2.2 Scenario's voor stroomstoringen.....	9
2.3 Kosten nulalternatief.....	14
3 Te onderzoeken maatregelen	21
3.1 Het selectieproces.....	21
3.2 Van long list naar maatregelkeuze	21
4 Kosten en baten van maatregelen	31
4.1 N-1 Hoogspanningsnet	31
4.2 Plaatsen accu's.....	36
4.3 Tegengaan uitval als gevolg van accudiefstal	37
4.4 Aanschaf mobiele noodstroom	38
4.5 Voorrang mobiele noodstroom	39
5 Conclusies normering	41
Literatuur	45
Bijlage A Gevoeligheidsanalyse	47
Bijlage B Toelichting maatregelen long list	51
Bijlage C Casestudy Bommelerwaard	59

1 Inleiding

Wat is een redelijke norm voor de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen? Dit rapport onderzoekt de kosten en baten van mogelijke maatregelen om de aankiesbaarheid van 1-1-2 beter te waarborgen.

1.1 Aanleiding, vraagstelling en methode

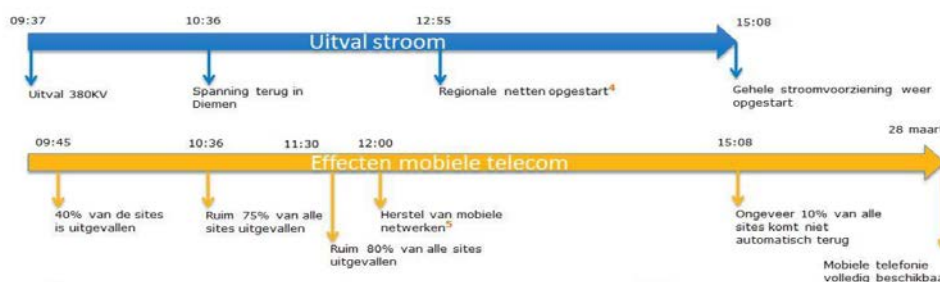
Aanleiding

In de recente jaren heeft een aantal grote stroomstoringen negatieve gevolgen gehad voor de aankiesbaarheid van noodnummer 1-1-2. Vrijdagochtend 27 maart 2015 vindt als gevolg van een storing in een 380 kV station ('hoogspanningsstation') te Diemen een grootschalige stroomstoring plaats. De stroomstoring treft een groot gedeelte van Noord-Holland en kleine gedeeltes van Flevoland. Ongeveer één miljoen huishoudens zitten zonder stroom. Als gevolg hiervan vallen delen van het mobiele telecommunicatienetwerk uit, waardoor 1-1-2 niet langer bereikbaar is (Inspecties 2015).

In de vroege ochtend van 17 januari 2017 wordt Amsterdam getroffen door een grote stroomstoring. Ditmaal is de oorzaak kortsluiting in een hoogspanningsstation aan de Hemweg in Amsterdam. Circa 365 duizend huishoudens zaten enkele uren in het donker. Ditmaal bleef 1-1-2 bereikbaar, ook via de mobiele telecommunicatienetwerken. Maar het aantal bellers was zo groot dat er een wachtrij ontstond en bellers tot 20 minuten moesten wachten voor hun noodoproep werd beantwoord (Inspecties, 2017).

Er zijn jaarlijks circa 20 duizend stroomstoringen. Meer dan 99,9 procent van deze storingen heeft geen negatieve gevolgen voor de bereikbaarheid van 1-1-2. Dit gebeurt alleen bij zeer omvangrijke storingen zoals in Diemen en Amsterdam die historisch gezien uitzonderlijk zijn. De evaluatie van de stroomstoring in Diemen leert dat mobiele netwerken uit kunnen vallen bij een stroomstoring (zie Figuur 1.1). Het core netwerk en de transmissieknooppunten doorstaan de stroomstoring zonder noemenswaardige problemen. Het radionetwerk dat de draadloze verbinding naar de gebruiker verzorgt is echter kwetsbaar. Vrijwel direct na de storing valt een groot deel van de antennes uit. Na twee uur is ruim 80 procent van alle antennes buiten werking en is mobiele communicatie niet of nauwelijks meer mogelijk in het getroffen gebied.

Figuur 1.1 Na een uur is circa 75 procent van de mobiele netwerken uit de lucht



Bron: Inspecties (2015).

Bij de storing in Amsterdam in januari 2017 vallen de mobiele netwerken beperkt uit en blijft mobiel bellen naar 1-1-2 wel mogelijk “als gevolg van een specifieke samenloop van omstandigheden”. Het inspectierapport van dit incident stelt evenwel dat bij een langere storing met een groter effectgebied dezelfde problemen met de mobiele communicatie zoals in Diemen zich hadden voorgedaan (Inspecties, 2017).

Het vaste telefonienetwerk blijft tijdens stroomstoringen wel beschikbaar, maar kan over het algemeen niet gebruikt worden omdat de vaste telefoons bij mensen thuis afhankelijk zijn van netstroom.

Vraagstelling

Uit de evaluaties van de stroomstoringen van de afgelopen komt naar voren dat de telecomaانبieders eigen en onderling verschillende normen hanteren bij het al dan niet plaatsen van noodstroomvoorzieningen, ondanks de wettelijke verplichting in de Telecommunicatiewet om de bereikbaarheid van 1-1-2 te waarborgen (Inspecties, 2015 en 2017).

Tegen deze achtergrond adviseert het Agentschap Telecom telecombedrijven naar aanleiding van de stroomstoring in Diemen:

“Evalueer en besluit over de getroffen voorzieningen om een ononderbroken toegang tot het alarmnummer 1-1-2 bij een langdurige stroomstoring te borgen.”

In het verlengde hiervan is het advies van het agentschap voor het ministerie van Economische Zaken:

“Bij de uitkomst dat telecomaانبieders besluiten geen aanvullende maatregelen te treffen tegen het risico van langdurige regionale stroomstoringen, zal de vraag of het wenselijk is een norm voor een ononderbroken toegang tot het alarmnummer 1-1-2 te stellen en welk maatschappelijk aanvaard restrisico van de onderbroken toegang tot 1-1-2 acceptabel is, beantwoord moeten worden.”

Dit onderzoek gaat in op de vraag welke norm voor telecomaانبieders maatschappelijk gezien wenselijk is. De vraagstelling is:

- In hoeverre is het stellen van aanvullende normen en/of streefwaarden richting telecomaانبieders noodzakelijk om aan de maatschappelijke gewenste bereikbaarheid van 1-1-2 tijdens (regionale en langdurige) stroomstoringen te voldoen?
- Wat is een redelijke norm en/of streefwaarde?

Methode

Deze studie onderzoekt het maatschappelijke effect van de aankiesbaarheid van 1-1-2 via de kosten en baten van de maatregelen die genomen kunnen worden om de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen te verbeteren. Aankiesbaarheid houdt in dat burgers in een noodsituatie 1-1-2 telefonisch kunnen bereiken via een vaste lijn of een mobiel netwerk. Bij uitval van antennes in GSM-masten en routers voor de vaste lijn is aankiesbaarheid van 1-1-2 niet mogelijk. Deze studie onderzoekt het maatschappelijke effect van een norm of streefwaarde voor de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen. Het criterium voor een norm of streefwaarde is hierbij dat de

maatschappelijke baten van de norm groter zijn dan de maatschappelijke kosten. In dat geval zal de norm een positieve bijdrage leveren aan de welvaart. Deze vraag wordt in een maatschappelijke kosten-batenanalyse aan de orde gesteld.

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een instrument uit de toegepaste welvaartstheorie. Een MKBA vergelijkt de kosten en baten van een maatregel of investering met de kosten en baten in de uitgangssituatie zonder de maatregel of investering. Het saldo van de MKBA laat zo de impact zien van de maatregel op de welvaart. Voor deze berekening worden alle effecten waar mogelijk uitgedrukt in euro's. Het voordeel hiervan is dat de impact van alle effecten op de welvaart vergelijkbaar is. Hierbij houdt de MKBA rekening met alle effecten die een rol kunnen spelen: directe effecten, indirecte of doorgegeven effecten en externe effecten. De laatste categorie betreft effecten die niet gewaardeerd kunnen worden op basis van een marktprijs. Voor de monetarisering van externe effecten is een waarderingsgrondslag nodig. In sommige gevallen ontbreekt deze grondslag en kan de impact van het effect alleen kwalitatief worden beschreven. Voor de MKBA is het van belang dat ook deze kwalitatief beschreven effecten als PM-post worden meegenomen bij de bepaling van het saldo van kosten en baten. Dit is nodig om te waarborgen dat in de analyse alle effecten van de maatregel worden meegewogen: de MKBA is een integrale analyse van het effect op de welvaart. Dit betreft ook effecten die in de toekomst vallen. Deze effecten worden via een discontovoet uitgedrukt in euro's van nu.

Voor het opstellen van een MKBA bestaat een leidraad die is opgesteld door de Planbureaus (Romijn en Renes, 2013). Deze studie volgt deze leidraad. De variant die het rapport daarbij toepast is de kengetallen KBA of indicatieve MKBA. Bij deze variant wordt de denkwijze van de MKBA gebruikt om de effecten van een maatregel of investering te onderzoeken. Kwantitatieve effecten worden geschat met behulp van kengetallen. De uitkomsten zijn vooral richtinggevend. Voor een volledige MKBA ontbreekt data- en effectonderzoek over de impact van de te onderzoeken maatregelen.

Stappenplan

De aanpak van het onderzoek bestaat uit vijf onderdelen:

- A. Opstellen onafhankelijk beeld nul-situatie (aanbodkant);
- B. Maatschappelijke behoefte (vraagkant);
- C. Maatregelen;
- D. Effecten van de maatregelen;
- E. Normvoorstel.

Onderdeel A stelt scenario's voor stroomstoringen op, waarbij de vraag is wat elk scenario betekent voor de ononderbroken toegang van 1-1-2. Tegelijkertijd brengt *onderdeel B* in kaart welke partijen op welke manier profiteren van ononderbroken toegang van 1-1-2 (of omgekeerd welke partijen op welke manier de negatieve effecten ondervinden indien er geen ononderbroken toegang is). Deze onderdelen tezamen geven aan wat er misgaat als er geen additionele maatregelen worden genomen. *Onderdeel C* haakt hierop aan door te inventariseren welke maatregelen zouden kunnen worden genomen die de aankiesbaarheid van 1-1-2 ten opzichte van het nulalternatief verbeteren. Een selectie van kansrijke maatregelen (gebaseerd op verwachte effectiviteit en efficiëntie) wordt vervolgens in *onderdeel D* onderzocht op de bijbehorende maatschappelijke kosten en baten. De

resultaten hieruit geven inzicht in het vraagstuk van *onderdeel E*: de formulering van een redelijke, goed onderbouwde norm.

Alle onderdelen A tot en met E passen in het stappenplan voor de uitvoering van MKBA's zoals beschreven in de Algemene Leidraad voor MKBA's (Romijn en Renes, 2013). Zie Tabel 1.1.

Tabel 1.1 De onderzoeksonderdelen en het stappenplan voor MKBA's

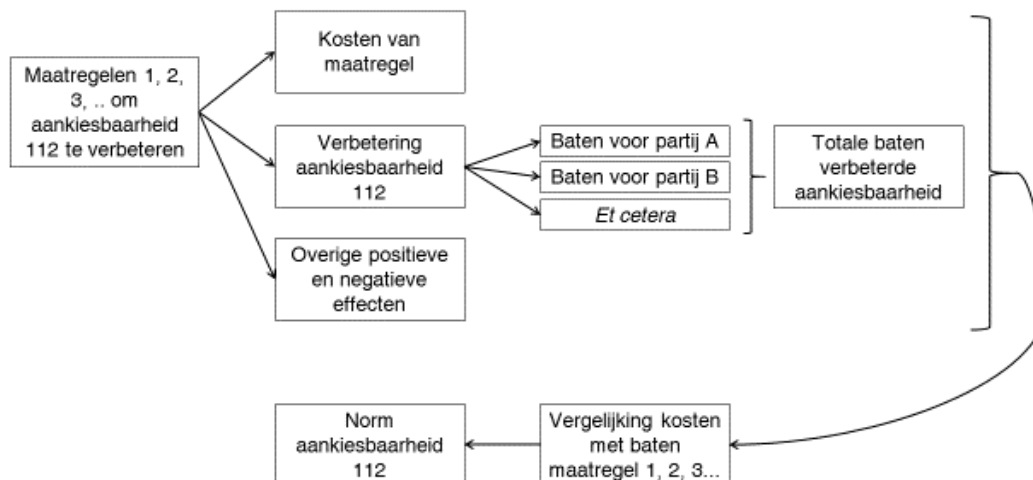
Onderdeel onderzoek	Stappenplan Algemene leidraad	Toelichting
A Scenario's stroomstoringen	Nulalternatief	Het nulalternatief geeft de situatie weer zonder additionele maatregelen om de gevolgen van stroomstoringen voor de aankiesbaarheid van 112 te beperken. Door verschillende scenario's voor stroomstoringen te hanteren wordt rekening gehouden met verschillende mogelijke toekomstbeelden.
B Maatschappelijke behoefte	Problemanalyses	Door de actoren en hun belangen in kaart te brengen en te koppelen aan de gevolgen van stroomstoringen voor de aankiesbaarheid van 112 wordt duidelijk wat het probleem is zonder additionele maatregelen.
C Maatregelen	Beleidsalternatieven	De beleidsalternatieven geven de maatregelen weer die kunnen worden genomen om de aankiesbaarheid van 112 te verbeteren.
D Effecten	Bepalen effecten, baten, kosten; opstellen overzicht	De eigenlijke inschatting van de maatschappelijke kosten en baten.
E Normvoorstel	Resultaten presenteren en interpreteren	De uitkomsten van de MKBA geven aan welke maatregelen met welke kosten en baten gepaard gaan en geven daardoor input voor de vraag wat een redelijke norm kan zijn.

Bron: SEO Economisch Onderzoek

1.2 Beleidstheorie

De beleidstheorie geeft de relatie aan tussen de maatregelen en de wenselijkheid van normering. Figuur 1.2 geeft de beleidstheorie schematisch weer.

Figuur 1.2 Relatie tussen maatregelen en wenselijkheid van normering



Bron: SEO Economisch Onderzoek.

Elke maatregel om de aankiesbaarheid van 1-1-2 te verbeteren kent kosten en baten. De baten ontstaan door het effect van de maatregel op de aankiesbaarheid. Doordat 1-1-2 wel bereikbaar is bij een stroomstoring, kunnen hulpdiensten zoals ambulance, brandweer en politie tijdig worden ingeschakeld. De vermeden schade door de tijdige inzet van deze hulpdiensten vormt de bron van de baten die de studie toerekent aan de aankiesbaarheid van 1-1-2.

Daarnaast treden andere positieve en negatieve effecten op die ook een bron van maatschappelijke baten kunnen zijn. Zo is het neveneffect van het langer in de lucht zijn van de mobiele telecommunicatie bij een stroomstoring dat dienstverlening die gebruikmaakt van deze netwerken niet wordt onderbroken. Dit is een baat voor de maatschappij naast het mogelijk positieve effect van de maatregel op de aankiesbaarheid van 1-1-2. Als de maatregel inhoudt dat de storingsgevoeligheid van de energienetwerken vermindert, dan is het neveneffect dat burgers en bedrijven minder last hebben van onderbrekingen van de elektriciteitsvoorziening. Dit voorkomt interrupties in consumptie en productie en vormt dus een baat voor de maatschappij, naast het mogelijk positieve effect op de 1-1-2 keten.

De totale netto maatschappelijke baat van de maatregel bestaat uit de som van de baten van het effect van de maatregel op de aankiesbaarheid van 1-1-2 en de overige positieve en negatieve effecten. Doel van de analyse is om de kosten per maatregel te vergelijken met de baten. De te onderzoeken hypothese die volgt uit deze beleidstheorie is:

Bij het stellen van een norm voor de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen ('de maatregel') is het saldo van de baten en kosten positief.

De analyse vergelijkt de impact van verschillende maatregelen. De maatregel waarvan het saldo van baten en kosten het meest positief is, verdient de voorkeur. Bij de interpretatie van de uitkomsten kan ook rekenschap worden gegeven van de verdelingseffecten: bij welke partijen komen de baten uiteindelijk terecht en wie draagt de kosten?

Box 1.1 **Vergelijking met andere studies**

De beleidstheorie sluit aan bij vergelijkbaar onderzoek. Zo analyseren O'Reilly et al. (2005) de impact van de stroomuitval op de bereikbaarheid van hulpdiensten via de telefoon. Deze analyse bespreekt geen maatregelen om de bereikbaarheid van de hulpdiensten te waarborgen, maar berekent wel de maatschappelijke kosten. Deze kosten bestaan net als in dit onderzoek uit de toename van het aantal slachtoffers doordat de hulpdiensten niet tijdig aanwezig zijn bij incidenten en de maatschappelijke schade van de stroomuitval voor productie en consumptie. De kenmerken en resultaten zijn als volgt.

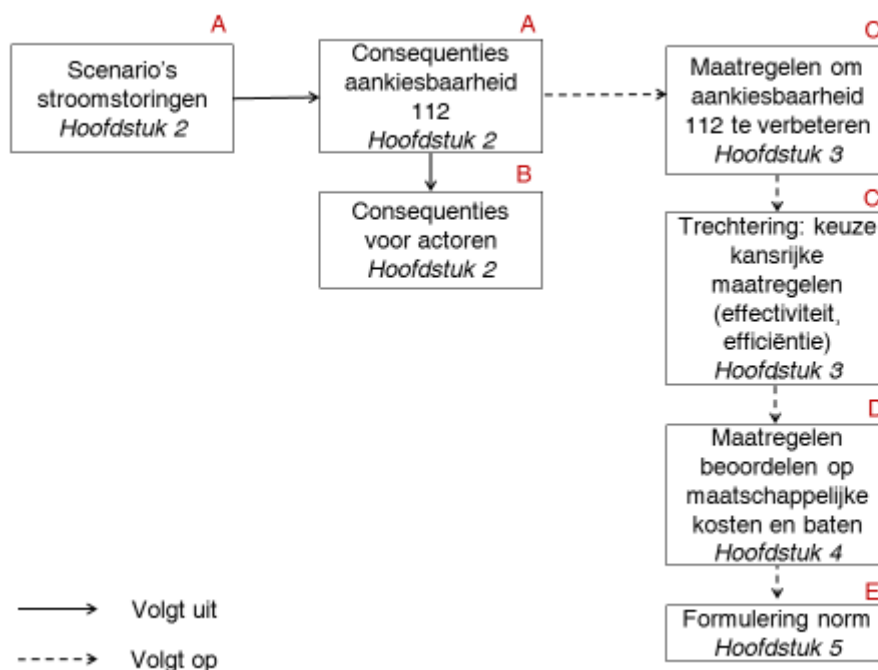
- De simulatie betreft een black-out in een metropool in Noord-Amerika met 5 miljoen inwoners. De duur van de black-out is 38 uur. De simulatie veronderstelt dat de batterijen van de mobiele sites na vier uur uitvallen waardoor 98 procent van de 9-1-1 noodoproepen niet langer mogelijk is;
- De kosten die worden toegerekend aan de black-out bestaan uit de economische kosten van de slachtoffers die niet bereikt kunnen worden door de hulpdiensten. De studie onderscheidt drie klassen slachtoffers: gewoon, ernstig en fataal. Ook maakt de studie een onderscheid tussen slachtoffers door een ongeval en niet-ongevallen. 35,5 procent van de incidenten met slachtoffers is gerelateerd aan een ongeval;

- 67 procent van de 9-1-1 telefoontjes is niet-spoedeisend of vals. 33 procent is wel spoedeisend. Hiervan is het aandeel slachtoffers: Gewoon: 70 procent, Ernstig: 29,8 procent en Fataal: 0,2 procent;
- Bij een black-out verschuiven deze percentages waardoor er meer ernstige en fatale slachtoffers zijn. De extra kosten van deze slachtoffers zijn de kosten van de uitval van 9-1-1 door de stroomstoring;
- De kosten zijn berekend als het verschil tussen de baseline en de black-out en bedragen \$ 36 miljoen. Deze waardering is gebaseerd op de economische kosten voor de slachtoffers (loonderving en productieverlies). De maatschappelijke waarde kan fors hoger liggen doordat personen verwondingen ook om andere redenen willen voorkomen. Dit betekent dat de maatschappelijke schade een factor 3 groter is dan de economische schade;
- De maatschappelijke kosten van de stroomuitval anders dan het effect op 9-1-1 worden voor de metropool geschat op \$ 160 tot \$ 400 miljoen.

1.3 Leeswijzer

Figuur 1.3 beschrijft de onderzoeksaanpak en de indeling in hoofdstuk van het rapport. Hoofdstuk 2 beschrijft de 1-1-2 keten en het nulalternatief waarin er geen maatregelen worden getroffen om de bereikbaarheid van 1-1-2 te verbeteren. Hoofdstuk 3 gaat in op de keuze van de maatregelen. Hoofdstuk 4 berekent de maatschappelijke kosten en baten van de maatregelen om de aankiesbaarheid van 1-1-2 te verbeteren. Hoofdstuk 5 sluit af met conclusies.

Figuur 1.3 Onderzoeksaanpak en indeling van het rapport



2 Aankiesbaarheid 1-1-2 zonder extra maatregelen

Dit hoofdstuk beschrijft de 1-1-2 keten. Wat is de nul-situatie waarin er geen maatregelen worden getroffen om de aankiesbaarheid van 1-1-2 te verbeteren?

2.1 Beschrijving 1-1-2-keten

Vanuit het perspectief van de burger begint de 1-1-2-keten bij het intoetsen van het nummer in de telefoon en eindigt deze wanneer de hulpdienst ter plaatse verschijnt. Op de achtergrond werken verschillende technische systemen samen om deze keten te laten functioneren. Ten behoeve van dit onderzoek ligt de focus op drie onderdelen van deze keten: het elektriciteitsnetwerk (1) voedt het netwerk voor mobiele telefonie (2) dat communicatie met de 1-1-2-meldkamer (3) mogelijk maakt.

Het elektriciteitsnetwerk

Het elektriciteitsnetwerk verbindt producenten van elektriciteit met consumenten, waaronder de operators van telecomnetwerken. Het elektriciteitsnetwerk bestaat uit een landelijk hoogspannings- en extrahoogspanningsnetwerk, beheerd door TenneT, en een aantal regionale middenspannings- en laagspanningsnetwerken, beheerd door de regionale netbeheerders.¹ De grotere productie-installaties zijn gekoppeld aan het landelijke netwerk. De stroom van elektriciteit loopt dan ook van de productie-installatie, via (extra-)hoog-, midden- en laagspanningsnet naar de afnemer.

Elektriciteitsnetwerken bestaan uit een combinatie van ringstructuren en uitlopers. Het verschil tussen deze twee is in essentie dat elk punt van het netwerk in een ringstructuur via twee routes bereikt kan worden, terwijl een punt in een uitloper slechts via één route bereikt kan worden. Een ringstructuur is daarom minder gevoelig voor de uitval van delen van het netwerk. Het landelijk netwerk bestaat uit een grote ringstructuur met daaraan vast een groot aantal uitlopers. Middenspanningsnetwerken zijn over het algemeen ook als ringen opgebouwd, terwijl laagspanningsnetten meestal gevormd zijn als uitlopers.

Uit internationale vergelijkingen komt de Nederlandse stroomvoorziening naar voren als relatief betrouwbaar. In een benchmarkstudie van CEER (2015) staat Nederland op de vijfde plek van 26 onderzochte landen in Europa.

Het netwerk voor mobiele telefonie

Nederland kent op dit moment vier telecomoperators met hun eigen netwerk voor mobiele telefonie: KPN, T-Mobile, Tele2 en VodafoneZiggo. Als de geplande overname van Tele2 door T-Mobile doorgaat, neemt het aantal operators af tot drie. Het is echter nog niet bekend wat dit betekent voor het aantal netwerken. Een operator kan beschikken over meerdere soorten netwerken. In Nederland wordt gebruikgemaakt van 2G-, 3G- en 4G-netwerken. De uitrol van 5G-netwerken zal naar verwachting de komende jaren plaats gaan vinden.

¹ Op dit moment zijn er zeven regionale netbeheerders voor elektriciteit: Coteq, Enduris, Enexis, Liander, Rendo, Stedin en Westland Infra (Movares, 2018).

Een netwerk voor mobiele telefonie begint bij een wijdvertakt netwerk van ontvangstmasten. Voor een landelijk dekkend netwerk zijn enkele duizenden ontvangstmasten nodig. Deze vangen radiosignalen op van mobiele telefoons. Deze signalen worden vervolgens via ondergrondse kabels getransporteerd naar het zogenaamde core-netwerk, vanwaar ze verder verwerkt worden. In het geval van ‘normale’ oproepen ontvangt een operator alleen oproepen van zijn eigen klanten. Voor 1-1-2-oproepen geldt echter een ander systeem, bekend als *camping*. Dit houdt in dat een netwerk ook 1-1-2-oproepen accepteert en verwerkt van bellers die klant zijn bij een andere operator of van toestellen zonder simkaart. Wanneer het eigen netwerk van een toestel niet bereikt kan worden of een toestel geen eigen netwerk heeft, wordt gezocht naar een alternatief netwerk en de oproep daar naartoe verzonden. Dit betekent dat een 1-1-2-oproep een veel grotere kans van slagen heeft dan een normale oproep. Een normale oproep mislukt als het eigen netwerk niet bereikt kan worden, terwijl een 1-1-2-oproep pas mislukt als *alle* netwerken uit de lucht zijn. Naar internationale maatstaven is de dekking van de mobiele netwerken in Nederland bijzonder goed (TNO, 2015).

Een ontvangstmast gaat niet per definitie meteen uit de lucht bij een stroomstoring. Sommige ontvangstmasten zijn voorzien van een accu, die de mast van stroom kan voorzien tot de accu leeg is. De gebruiksduur van een accu is maximaal enkele uren. Een andere manier om een ontvangstmast operationeel te houden is het aansluiten van een mobiel noodstroomaggregaat. Dit werkt over het algemeen op diesel en kan de mast dus onbeperkt van stroom voorzien zolang de aanvoer van diesel voldoende is.

Wanneer een ontvangstmast toch uit de lucht gaat, betekent dit ook niet per definitie dat het netwerk een deel van zijn dekking verliest. Vaak overlapt het bereik van de ene mast met dat van een andere. Met name in dichtbevolkte gebieden is dit het geval. Bij het ontwerpen van een netwerk speelt namelijk niet alleen het bereik van de mast een rol, maar ook de capaciteit. In dichtbevolkt gebied heeft een mast vaak onvoldoende capaciteit om alle oproepen te verwerken die binnen zijn bereik vallen en moeten er meerdere masten worden geplaatst.

De 1-1-2-meldkamers

Wanneer een oproep ontvangen en verwerkt is door een telecomoperator, wordt de beller doorverbonden met de landelijke 1-1-2-meldkamer. Deze meldkamer fungeert als een tussenpersoon en heeft een aantal functies. Ten eerste wordt voor elke beller achterhaald of het daadwerkelijk om een dringend hulpverzoek gaat. Wanneer dit niet het geval is, wordt de beller niet doorverbonden. Ten tweede wordt achterhaald naar welke regio en welke hulpdienst (politie, brandweer of ambulance) de beller moet worden doorverbonden. Tot slot wordt de beller doorverbonden met een hulpdienst van de betreffende regionale meldkamer. Deze regionale meldkamers waren vanouds georganiseerd in 25 veiligheidsregio's. Naar aanleiding van de reorganisatie van de politie tot 10 regionale eenheden, wordt het aantal regionale meldkamers ook teruggebracht tot 10. De 1-1-2-meldkamers zijn de verantwoordelijkheid van de politie. De ambulance en brandweer zijn nog georganiseerd per veiligheidsregio. Dit betekent dat één regionale meldkamer verbonden kan zijn aan meerdere veiligheidsregio's.

Vroeger waren er alleen regionale meldkamers en vonden de intake en doorverwijzing dus regionaal plaats. Door de opkomst van de mobiele telefoon werd dat onpraktisch en is de landelijke meldkamer ingevoerd om mobiele oproepen te verwerken. Vanaf dat moment kon namelijk niet meer uit het nummer van de beller worden afgeleid welke regionale meldkamer bereikt moest

worden. Inmiddels is 80-90 procent van de oproepen mobiel. Omdat één landelijke meldkamer met name wat betreft het aanhouden van piekcapaciteit efficiënter is dan 25 regionale meldkamers, worden tegenwoordig alle telefoontjes naar de landelijke meldkamer gestuurd.

De landelijke meldkamer heeft een aantal methoden om overbelasting tegen te gaan. Op de meldkamer is een aantal telefonisten aanwezig dat andere taken vervult, maar bij drukte kan worden ingezet om 1-1-2-oproepen te beantwoorden. Daarnaast is een aantal telefonisten altijd oproepbaar en moet dan binnen een uur aanwezig zijn op de meldkamer. In geval van overbelasting van een regionale meldkamer kan de landelijke meldkamer een beller ook doorverbinden naar een andere regionale meldkamer. Wanneer een beller niet meteen geholpen kan worden komt hij in de wacht. Hij krijgt dan een bandje te horen met het verzoek om in de wacht te blijven. Wanneer een beller ophangt, wordt hij teruggebeld zodra er weer capaciteit beschikbaar is.

De landelijke meldkamer beschikt over een eigen noodstroomvoorziening. Het eerste half uur van de storing wordt opgevangen met accu's, daarna treedt een noodaggregaat in werking dat kan blijven draaien zolang de brandstofvoorraad strekt.

Samenhang

Om 1-1-2-oproepen altijd te laten slagen, moeten de stroomvoorziening, het mobiele netwerk en de 1-1-2-meldkamer dus aan een aantal voorwaarden voldoen:

- Het elektriciteitsnetwerk moet voldoende betrouwbaar zijn. Storingen mogen wel plaatsvinden, maar deze moeten beperkt zijn in duur en/of grootte, zodat het mobiele netwerk zijn volledige dekking behoudt;
- Het mobiele netwerk moet onder normale omstandigheden volledig dekkend zijn. Daarnaast moet er een zekere robuustheid zijn om stroomstoringen op te kunnen vangen. Dit is te bereiken door een combinatie van enerzijds overlap tussen masten en netwerken en anderzijds alternatieve stroombronnen zoals accu's en mobiele noodstroomaggregaten;
- De meldkamer moet voldoende capaciteit hebben om alle bellers tijdig te woord te staan, ook in pieksituaties zoals een grootschalige stroomstoring.

2.2 Scenario's voor stroomstoringen

Historische gegevens stroomstoringen

Movares (2013-2017) rapporteert jaarlijks over de betrouwbaarheid van de Nederlandse elektriciteitsnetten. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen “storingen”, “voorzien onderbrekingen” en “onvoorzien onderbrekingen”. Niet alle storingen leiden tot een onderbreking. Een onvoorzien onderbreking is het gevolg van een storing, een voorzien onderbreking niet. De belangrijkste kwaliteitsindicatoren zijn het aantal onderbrekingen, de gemiddelde duur van een onderbreking en het aantal getroffen klanten per onderbreking. Op basis hiervan worden nog twee andere kengetallen afgeleid: het aantal *minuten* per jaar en het aantal *keren* per jaar dat een klant zonder stroom zit. Deze cijfers zijn voor de periode 2013-2017 weergegeven in tabel 2.1. Uit deze indicatoren is geen duidelijke trend af te leiden. De indicatoren schommelen licht van jaar tot jaar, maar blijven door de jaren heen min of meer op hetzelfde niveau.

Tabel 2.1: Kwaliteitsindicatoren Nederlandse stroomvoorziening 2012-2016

	2013	2014	2015	2016	2017
# Storingen	19.956	18.874	19.526	20.502	21.533
# Onvoorziene onderbrekingen	19.092	17.757	18.746	19.366	20.193
# Getroffen klanten per onderbreking	133	125	190	122	115
Gemiddelde onderbrekingsduur (minuten)	79,0	72,5	75,3	73,5	88,3
Jaarlijkse uitvalduur (minuten/klant/jaar)	23,4	20,0	32,9	21,0	24,4
Onderbrekingsfrequentie (aantal/klant/jaar)	0,296	0,276	0,436	0,285	0,276

Bron: Movares (2014; 2015; 2016; 2017;2018)

Onderbrekingen kunnen verder getypeerd worden naar de plaats in het elektriciteitsnetwerk waar de storing optreedt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar extrahoogspanningsnetten, hoogspanningsnetten, middenspanningsnetten en laagspanningsnetten. Deze uitsplitsing is voor de periode 2013-2017 weergegeven in tabel 2.2. Er zijn grote verschillen zichtbaar tussen de netvlakken per indicator:

- Het *aantal onderbrekingen* is het grootst in het laagspanningsnet. Naarmate de spanning toeneemt, neemt het aantal onderbrekingen verder af. Dit is goed verklaarbaar. Het laagspanningsnet bestrijkt het grootste aantal kilometers en staat door de aanwezigheid in de gebouwde omgeving bloot aan de meeste risico's;
- Het *aantal getroffen klanten per onderbreking* is het grootst in de (extra-)hoogspanningsnetten. In 2013, 2014, 2016 en 2017 zorgden onderbrekingen in de hoogspanningsnetten voor het grootste aantal getroffen; in 2015 waren dit de onderbrekingen in de extrahoogspanningsnetten. Onderbrekingen in de middenspanningsnetten treffen jaarlijks meer klanten dan onderbrekingen in de laagspanningsnetten. Omdat storingen in eerdere delen van de keten cascaderen naar latere delen, is ook deze verdeling conform verwachting. De zeldzaamheid van onderbrekingen in het extrahoogspanningsnet betekent dat serieuze onderbrekingen zich niet elk jaar voordoen. Maar in de jaren dat deze zich wel voordoen, zijn zij ook verantwoordelijk voor het grootste aantal getroffen per onderbreking;
- De *gemiddelde onderbrekingsduur* is het hoogst in het laagspanningsnet, gevolgd door het middenspanningsnet en daarna het hoogspanningsnet. Het extrahoogspanningsnet neemt ook hier een bijzondere positie in. In 2014, 2016 en 2017 is de onderbrekingsduur nul minuten. In 2013 bevindt de onderbrekingsduur zich tussen die van de hoog- en middenspanningsnetten en in 2015 stijgt de onderbrekingsduur van de extrahoogspanningsnetten zelfs boven die van de middenspanningsnetten uit. Hieruit kan geconcludeerd worden dat onderbrekingen in het extrahoogspanningsnet te zeldzaam en te wisselend van aard zijn om een stabiel gemiddelde te bepalen;
- De *jaarlijkse uitvalduur* is het grootst als gevolg van middenspanningsonderbrekingen, gevolgd door laagspanningsonderbrekingen. De uitvalduur als gevolg van hoogspanningsonderbrekingen is zeer beperkt. De uitvalduur van extrahoogspanningsonderbrekingen is erg wisselend: in 2013, 2014, 2016 en 2017 is deze (vrijwel) nul, maar in 2015 is deze bijna even hoog als voor het middenspanningsnet. De uitvalduur is een combinatie van het aantal onderbrekingen, de duur van onderbrekingen en het aantal getroffen klanten. Omdat het middenspanningsnet op alle drie de vlakken relatief hoog scoort, is de totale uitvalduur daar het hoogst;

- De scores op de *onderbrekingsfrequentie* wijken iets af van de uitvalduur, omdat de lengte van de onderbreking hierbij geen rol speelt. Het middenspanningsnet kent de hoogste onderbrekingsfrequentie, maar in dit geval presteert het laagspanningsnet iets beter dan het hoogspanningsnet.

Tabel 2.2: Kwaliteitsindicatoren 2013-2017 per netvlak

	2013	2014	2015	2016	2017
Aantal onvoorziene onderbrekingen	19.092	17.757	18.746	19.366	20.193
EHS-net	2	0	2	0	0
HS-net	39	23	36	31	27
MS-net	2.048	1.837	1.837	1.841	1.783
LS-net	17.003	15.897	16.871	17.494	18.383
Aantal getroffen klanten per onderbreking	133	125	190	122	115
EHS-net	39	0	506.587	0	0
HS-net	11.153	14.065	21.010	19.513	29.822
MS-net	792	868	809	776	658
LS-net	20	19	19	19	18
Gemiddelde onderbrekingsduur (minuten)	79,1	72,5	75,3	73,5	88,3
EHS-net	27,1	0,0	98,5	0,0	0,0
HS-net	14,6	21,7	23,2	43,8	87,0
MS-net	79,9	65,1	69,6	68,2	72,8
LS-net	157,1	164,2	154,0	151,0	146,2
Jaarlijkse uitvalduur (min/klant/jaar)	23,4	20,0	32,9	21,0	24,4
EHS-net	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0
HS-net	0,8	0,9	2,2	3,2	8,4
MS-net	15,9	12,8	12,6	11,7	10,2
LS-net	6,7	6,3	5,9	6,0	5,8
Onderbrekingsfrequentie (aantal/jaar)	0,296	0,276	0,436	0,285	0,276
EHS-net	0,000	0,000	0,124	0,000	0,000
HS-net	0,054	0,040	0,093	0,073	0,097
MS-net	0,199	0,197	0,181	0,172	0,140
LS-net	0,043	0,038	0,038	0,040	0,040

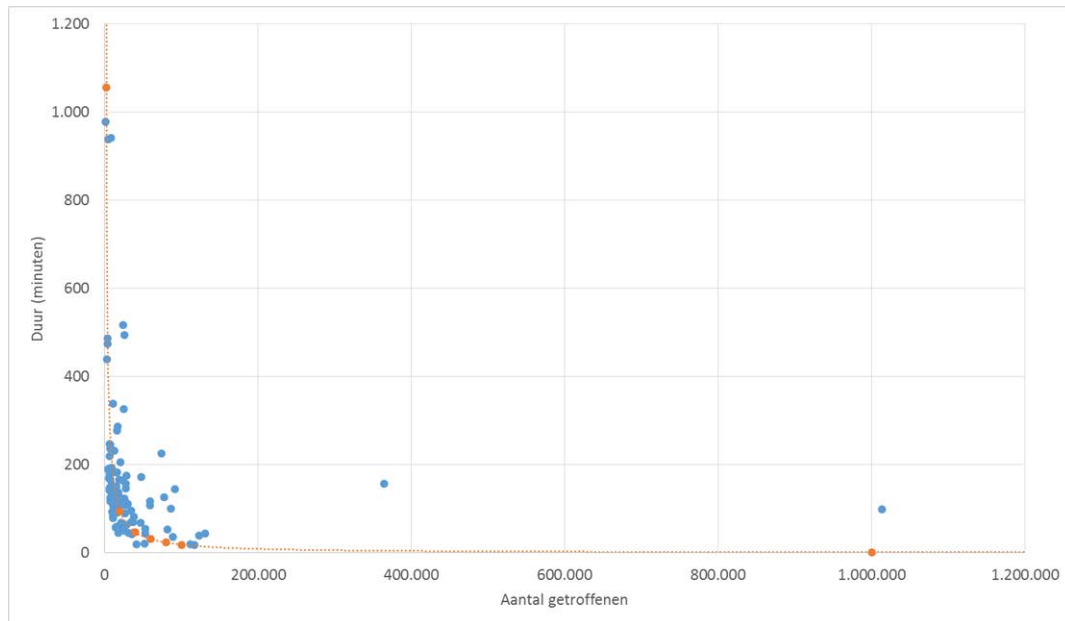
Bron: Movares (2014; 2015; 2016; 2017; 2018)

De bovengenoemde gemiddeldes zeggen weinig over de aankiesbaarheid van 1-1-2, omdat daarvoor met name de duur en grootte van individuele storingen van belang zijn. Om hier meer inzicht in te krijgen, is gekeken naar de jaarlijkse top-10 van grootste storingen in Nederland gedurende de afgelopen tien jaar (2008-2017).² In totaal bevat de dataset dus honderd storingen. Storingen buiten de top-10 zijn niet meegenomen, omdat SEO geen toegang tot deze informatie heeft gekregen. Met de periode van tien jaar is getracht een balans te vinden tussen enerzijds een zo groot mogelijk aantal datapunten en anderzijds de representativiteit van de dataset voor het huidige netwerk. Naarmate de data ouder zijn, hebben deze uiteraard minder voorspellende waarde voor toekomstige storingen.

² Voor storingen die buiten de top-10 vallen, zijn geen openbare gegevens beschikbaar.

Wanneer deze storingsdata worden gerangschikt naar duur van de storing en aantal getroffenen, leidt dit tot de grafiek in Figuur 2.1. Hieruit blijkt dat 95 storingen binnen de grenzen van 600 minuten en 150.000 getroffenen blijven. Drie storingen duurden beduidend langer: bijna 1.000 minuten (circa 16 uur). Twee storingen hadden meer getroffenen: Amsterdam-2017 met bijna 400.000 getroffenen en Diemen-2015 met meer dan een miljoen getroffenen. Dit waren ook de twee storingen die de meeste media-aandacht kregen.

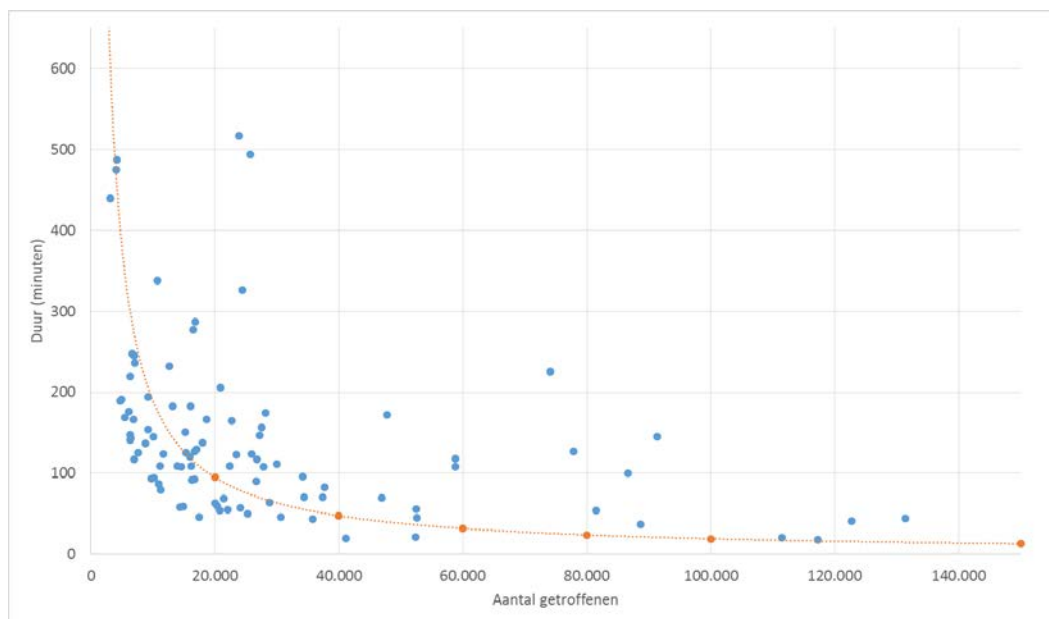
Figuur 2.1 Alle storingen in de jaarlijkse top-10 voor de periode 2008-2017



Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van KEMA (2009-2012) & Movares (2013-2018).
 De oranje lijn verbindt alle punten waarvoor geldt:
 $\# \text{ gebruikersminuten (duur maal aantal getroffenen)} = 1,9 \text{ miljoen}$.
 Storingen buiten de top-10 zijn niet opgenomen in de figuur, maar zouden onder deze lijn liggen.

Figuur 2.2 zoomt in op het gebied met de meeste storingen, dat wil zeggen met een duur kleiner dan 600 minuten en met minder dan 150.000 getroffenen. Hierin is duidelijker zichtbaar dat het grootste aantal storingen zowel klein als kortdurend is. Andere storingen zijn ofwel grootschaliger, ofwel langduriger, maar niet beide. Deze eigenschappen komen terug in de scenario's voor toekomstige stroomstoringen.

Figuur 2.2 Storingen in de jaarlijkse top-10 voor de periode 2008-2017 met een duur < 600 minuten en minder dan 150.000 getroffen



Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van KEMA (2009-2012) & Movares (2013-2018).
De oranje lijn verbindt alle punten waarvoor geldt:
gebruikersminuten (duur maal aantal getroffen) = 1,9 miljoen.
Storingen buiten de top-10 zijn niet opgenomen in de figuur, maar zouden onder deze lijn liggen.

Toekomstscenario's

De historische gegevens met betrekking tot stroomstoringen zijn de belangrijkste bron voor het opstellen van de toekomstscenario's voor dit onderzoek. Daarnaast zijn enkele interviews³ afgenomen en zijn beschikbare scenariostudies bekeken.⁴ De geïnterviewden en studies waren betrekkelijk eensgezind in hun toekomstverwachtingen. De verwachting is dat de huidige betrouwbaarheid van de stroomvoorziening ongewijzigd blijft in de toekomst. De enige kanttekening die hierbij werd geplaatst, was de mogelijke negatieve invloed van ontwikkelingen zoals verduurzaming, digitalisering, terrorisme en internationalisering.

Daarom is gekozen voor een tweetal scenario's, Hoog en Laag, die beide een extrapolatie zijn van het huidige aantal en type storingen naar de toekomst. Scenario Hoog weerspiegelt daarbij de bovenkant van de bandbreedte in het aantal storingen, terwijl scenario Laag de onderkant van de bandbreedte aanhoudt. Om enig gevoel te verkrijgen voor de mogelijke invloed van bovengenoemde negatieve ontwikkelingen, wordt tot slot een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Deze gaat uit van meer en grotere storingen dan het scenario Hoog (zie verder: Bijlage A).

Op basis van de honderd storingen in het historische overzicht worden zestien soorten storingen onderscheiden. Dit gebeurt door zowel voor de duur als voor het aantal getroffen vier gradaties aan te brengen. Tabel 2.3 plaatst de historische storingen in deze zestien categorieën. Hierin is te zien dat zich niet in alle zestien categorieën storingen hebben voorgedaan de afgelopen tien jaar. In vijf categorieën rechtsonder in de tabel staat "niet voorgekomen". Dit wil zeggen dat er de afgelopen tien jaar geen stroomstoringen hebben plaatsgevonden met deze combinatie van duur

³ De interviewpartners waren Movares, ACM, Netbeheer Nederland, TenneT en Liander.

⁴ Zie onder meer: CE Delft (2017), Netbeheer Nederland (2017) en Rli (2018).

en aantal getroffen. In de scenario's wordt verondersteld dat dit in de toekomst zo blijft. Linksboven in de tabel staat bij twee categorieën "geen" vermeld. Het aantal stroomstoringen in de afgelopen tien jaar in deze categorieën was weliswaar enorm groot, maar het aantal gebruikersminuten was in alle gevallen kleiner dan 1,9 miljoen. Omdat wordt aangenomen dat dergelijke storingen geen effect hebben op de aankiesbaarheid van 1-1-2, blijven deze storingen in de toekomstscenario's ook buiten beschouwing. Ter indicatie, het aantal stroomstoringen per jaar schommelt rond de 20.000. Het aantal stroomstoringen in de periode 2008-2017 zal dus rond de 200.000 liggen. Meer dan 99,9 procent van alle stroomstoringen bevindt zich dus in een van deze categorieën.

Tabel 2.3 Typering top-10 stroomstoringen 2008-2017

Duur	# Getroffenen			
	Klein (<10.000)	Middel (10.000-70.000)	Groot (70.000-150.000)	Extreem (>150.000)
Kort (<2u)	Geen*	14x in tien jaar*	8x in tien jaar*	Diemen '15
Middel (2-4u)	Geen*	20x in tien jaar*	2x in tien jaar	Amsterdam '17
Lang (4-15u)	3x in tien jaar	6x in tien jaar	Niet voorgekomen	Niet voorgekomen
Extreem (>15u)	3x in tien jaar	Niet voorgekomen	Niet voorgekomen	Niet voorgekomen

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van KEMA (2009-2012) & Movares (2013-2018).

* = exclusief storingen met # verbruikersminuten < 1,9 miljoen.

Ten behoeve van de scenario's zijn de resterende negen categorieën, waarin zich wel storingen hebben voorgedaan groter dan 1,9 miljoen gebruikersminuten, geclusterd naar vier soorten storingen: Klein & Lang, Middelgroot, Groot & Kort en Extreem. Voor elk van deze vier clusters is vervolgens het gemiddelde aantal storingen per jaar plus en min 25 procent genomen. Dit zijn de gehanteerde waarden voor respectievelijk de scenario's Hoog en Laag. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 2.4.

Tabel 2.4 Toekomstscenario's Hoog en Laag

Scenario	# Stroomstoringen per jaar			
	Klein & Lang	Middelgroot	Groot & Kort	Extreem
Laag	0,45	3	0,75	0,15
Hoog	0,75	5	1,25	0,25

Bron: SEO Economisch Onderzoek

2.3 Kosten nulalternatief

Met behulp van de scenario's uit de vorige paragraaf kan nu de verwachte schade als gevolg van mislukte 1-1-2-oproepen berekend worden. Dit gebeurt in vier stappen:

1. Voor elk type storing wordt het aantal minuten stroomstoring vertaald naar het aantal minuten dat het mobiele netwerk offline is;
2. Het aantal minuten dat het mobiele netwerk offline is en de grootte van de stroomstoring bepalen samen het aantal 1-1-2-oproepen dat mislukt;
3. Het aantal 1-1-2-oproepen dat mislukt, wordt verdeeld over de drie hulpdiensten: politie, ambulance en brandweer.
4. Voor elk van de hulpdiensten wordt de schade van de niet verleende hulp ingeschat.

Ad 1: op basis van vertrouwelijke informatie verstrekt door de telecomoperators heeft SEO een inschatting gemaakt van de gemiddelde periode dat er geen mobiel netwerk beschikbaar is voor 1-1-2-oproepen per type storing. Dit is onder andere afhankelijk van de aanwezige accucapaciteit, de mogelijkheid van mobiele noodstroomvoorziening en de dekking en capaciteit van de verschillende netwerken. De gehanteerde kengetallen zijn weergegeven in tabel 2.5.

Hierbij moet worden opgemerkt dat dit een zuiver theoretische berekening is. Daadwerkelijke metingen van de beschikbaarheid van mobiele netwerken tijdens verschillende soorten stroomstoringen ontbreken. Dit is met name problematisch voor het inschatten van de mate waarin het bereik van verschillende ontvangstmasten overlapt. In geval van overlap heeft het uitvallen van een mast kleinere of geen gevolgen voor de dekking van het mobiele netwerk, omdat andere ontvangstmasten de uitval compenseren. In onderstaande tabel is geen rekening gehouden met eventuele overlap. Dit betekent dat de inschatting van het aantal uren uitval relatief hoog is. Daar staat tegenover dat ook geen rekening is gehouden met lokale onevenwichtigheden in het netwerk en de afwezigheid van accu's op specifieke locaties. Deze kunnen ervoor zorgen dat stroomstoringen juist een groter effect hebben op het mobiele netwerk dan hier is aangenomen, wanneer er bijvoorbeeld lokaal sprake is van een slechtere dekking of er een cruciale accu ontbreekt.⁵

Tabel 2.5 De duur van de afwezigheid van mobiel bereik per type stroomstoring.

	Klein & Lang	Middelgroot	Groot & Kort	Extreem
Periode geen mobiel netwerk beschikbaar (aantal uren)	6	2	0,5	0,5

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door telecomoperators.

Ad 2: op basis van historische gegevens is bekend wat het gemiddeld aantal oproepen per uur is onder normale omstandigheden en tijdens calamiteiten zoals een grote stroomstoring, een storm of oud en nieuw. Het aantal is gecorrigeerd voor oproepen zonder spoed en vals alarm. Hierbij wordt aangenomen dat bij storingen van het type Klein & Lang, Middelgroot en Groot kort het normale regime geldt, terwijl bij een storing van het type Extreem het aantal telefoontjes piekt. De gebruikte parameters zijn opgenomen in tabel 2.6. Door het aantal getroffen te delen door het totaal aantal stroomaansluitingen in Nederland, kan de fractie van het aantal oproepen dat mislukt worden ingeschat.

Tabel 2.6 Het aantal mislukte 1-1-2 oproepen per type stroomstoring.

	Klein & Lang	Middelgroot	Groot & Kort	Extreem
Aantal oproepen per uur	200	200	200	1.200
Fractie getroffen (%)	0,06%	0,5%	1,38%	8,5%
Aantal mislukte oproepen	0,125	1	2,75	102

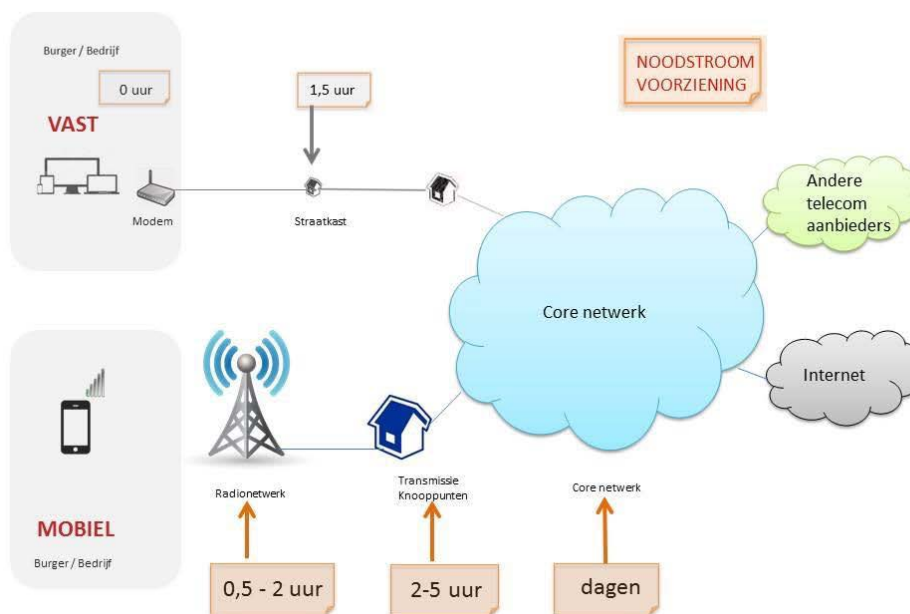
Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door de 1-1-2-meldkamer.

⁵ Telecomoperators schatten dat gemiddeld 10 procent van de geplaatste accu's niet functioneert als gevolg van technisch falen en diefstal.

De mate waarin 1-1-2 oproepen mislukken is afhankelijk van de kwetsbaarheid van de telecommunicatie-infrastructuur voor stroomstoring. Hiervoor gelden de volgende inzichten (Inspecties 2015, pp. 34-35), samengevat in figuur 2.3.

- Mobile netwerk
 - Mobile sites blijven 30 minuten tot twee uur werken, indien voorzien van noodstroomvoorziening (afhankelijk van locatie en aanbieder);
 - De transmissieknooppunten en het core netwerk beschikken over noodstroomvoorzieningen die het twee tot vijf uur, respectievelijk dagen kunnen volhouden.
- Vaste netwerk
 - Valt direct uit door het ontbreken van noodstroomvoorzieningen (modem/router werkt niet meer);
 - Straatkasten werken nog anderhalf uur op noodstroom;
 - Vaste telefoon via kopernetwerk blijft werken, mits het toestel geen gebruikmaakt van een 230V-aansluiting.

Figuur 2.3 Uitval telecommunicatie bij stroomstoring



Bron: Inspecties (2015), p. 35

Bij het aantal getroffen personen speelt de geografische dimensie van de storing een rol. In het getroffen gebied vallen de masten voor mobiele telecommunicatie na enige tijd uit als de noodstroomvoorziening (indien aanwezig) uitgeput raakt. Masten in naburige gebieden die nog wel stroom hebben blijven bereikbaar als bellers binnen het bereik van de betreffende masten vallen. De geografische omvang van de uitval van de mobiele telecommunicatie is daardoor beperkter dan de geografische omvang van de stroomstoring.

De geografische dimensie van de uitval van de telecommunicatie bij stroomstoring is niet onderzocht door de inspecties bij de grote incidenten in Diemen en Amsterdam in recente jaren. Een casestudy voor de Bommelerwaard laat zien dat de grote dichtheid van het radionetwerk voor

telecommunicatie continuïteit van de dienstverlening voor een belangrijk deel kan waarborgen, ook als de stroom uitvalt. De Bommelerwaard is een ‘uitloper’ in het hoogspanningsnet. Bij een incident waardoor de lijn in de hoogspanningsmast beschadigd raakt, zit het hele gebied zonder stroom doordat er geen alternatieve route is voor het elektriciteitstransport. In de afgelopen jaren heeft een dergelijk incident ongeveer drie keer plaatsgevonden. Er zitten dan ongeveer 90 duizend huishoudens circa twee uur of langer zonder stroom: in 2007 duurde de storing twee dagen nadat een helikopter door de hoogspanningskabel was gevlogen.

Bijlage C toont de kaart van het gebied dat bij een storing zonder stroom komt te zitten. De kaart toont tevens de locaties van de GSM-, UMTS en LTE-masten in omringende gebieden die nog wel stroom hebben. Een mast straalt ongeveer 20 kilometer.⁶ De kaart laat zien dat de Bommelerwaard theoretisch gesproken bij een stroomstoring nog steeds telefonisch bereikbaar is via omringende masten. Dit geldt ook als we de reikwijdte van de masten beperken tot 10 kilometer. Wel is het mogelijk dat op bepaalde plaatsen in het gebied de kwaliteit van het signaal verslechtert door de aanwezigheid van gebouwen en andere obstakels.

Ad 3: een globale verdeling van 1-1-2-oproepen is verstrekt aan SEO door de 1-1-2-meldkamer. Deze is weergegeven in tabel 2.7.

Tabel 2.7 De verdeling van 1-1-2-oproepen over de hulpdiensten.

	Politie	Ambulance	Brandweer
Aantal 1-1-2-oproepen (%)	60%	30%	10%

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door de 1-1-2-meldkamer.

Ad 4: de laatste stap vereist het verbinden van consequenties aan mislukte 1-1-2-oproepen, dat wil zeggen het niet bereiken van 1-1-2 bij spoedgevallen. De vraag is op welke manier en op welke termijn er in dat geval sprake is van de inzet van hulp(diensten) en wat de consequenties zijn voor personen die zich in een spoedsituatie bevinden.

Om deze stap te maken zijn gegevens nodig over het aantal mensen dat tegelijkertijd hetzelfde spoedgeval meldt bij 1-1-2; over de effectiviteit van de inzet van hulpdiensten via 1-1-2 in termen van het voorkómen van materiële schade, slachtoffers en dergelijke (ten opzichte van wat er zou zijn gebeurd zonder de 1-1-2-oproep); en over de ‘waarde’ van vermeden materiële schade, slachtoffers en dergelijke. Over het aantal mensen dat tegelijkertijd hetzelfde spoedgeval meldt, zijn ons geen gegevens bekend. Ook zijn ons geen specifieke studies bekend naar de effectiviteit van de inzet van hulpdiensten via 1-1-2.

Om toch tot orde-van-grootte inschattingen te kunnen komen is met kengetallen en veronderstellingen gewerkt. Tabel 2.8 geeft de aldus verkregen maatschappelijke schade van gemiste 1-1-2-oproepen per hulpdienst. Deze getallen zijn zeer nadrukkelijk slechts bedoeld om te worden gebruikt voor een globale inschatting ter vergelijking met de kosten van maatregelen. Ze

⁶ Informatie telecomprovider. Dit is een gemiddelde. De daadwerkelijke reikwijdte verschilt per mast en hangt onder meer af van de hoogte van de mast, de aard en omvang van omliggende bebouwing en eventuele hoogteverschillen in het landschap.

hebben niet de pretentie om precies of volledig te zijn en dienen te worden gezien als illustraties van de mogelijke omvang van de maatschappelijke schade.

Tabel 2.8 Maatschappelijke schade van een gemiste 1-1-2-oproep per hulpdienst

	Politie	Ambulance	Brandweer
Maatschappelijke schade in € bovenkant bandbreedte	€ 12.417	€ 579.175	€ 23.971
Maatschappelijke schade in € midden bandbreedte	€ 7.450	€ 361.984	€ 14.982
Maatschappelijke schade in € onderkant bandbreedte	€ 2.483	€ 144.794	€ 5.993

Bron: zie hoofdtekst.

Politie. Hiervoor is gebruikgemaakt van de totale kosten van criminaliteit (in prijzen van 2005, welke naar 2015 zijn gecorrigeerd) en het aantal door de politie geregistreerde misdrijven in 2015 uit *Criminaliteit en rechtshandhaving 2015*. Dit geeft de kosten per misdrijf. Er is een veronderstelling nodig over hoeveel mensen tegelijkertijd een (“terechte”) melding doen via 1-1-2 en over hoe vaak een 1-1-2-oproep een ‘gemiddeld misdrijf’ voorkomt. Dat wil zeggen: hoe vaak zonder een 1-1-2-oproep een gemiddeld misdrijf wél plaatsvindt, maar als gevolg van een 1-1-2-oproep en de daaruit volgende inzet van de politie zo’n misdrijf of de consequenties ervan worden voorkomen (zie Box 2.1). Voor het aantal tegelijk bellende mensen gaan we zonder verdere informatie hierover uit van één à twee. Voor de effectiviteit van de politie-inzet gebruiken we de schattingen van algemene politie-inzet uit Vollaard & Koning (2009) van 0,2 à 0,5. Amerikaans onderzoek concludeert dat de arrestatie-kans bij oproepen maximaal zeven procent is (Spelman en Brown 1984). Coupe en Blake (2005) zien op basis van onderzoek in Engeland argumenten voor een hogere arrestatie-kans dan deze zeven procent. Deze studie hanteert daarom een ondergrens van 10 procent. Dit geeft een bandbreedte van effectiviteit van 0,5 tot 0,1.

Box 2.1 Leidt een noodoproep tot meer arrestaties?

Er is geen overtuigend wetenschappelijk bewijs dat een noodoproep via een alarmnummer tot meer arrestaties leidt. Onderzoek in vier grote steden in de VS laat zien dat 29 van de 1000 oproepen tot arrestaties leiden (Sherman 1998). De reactietijd van de politie heeft volgens dit onderzoek een beperkte invloed op het aantal arrestatie-kans. De reden hiervoor is dat slachtoffers incidenten niet onmiddellijk melden: de gemiddelde reactietijd van slachtoffers is ruim 40 minuten. 75 procent van de serieuze zaken wordt pas na lange tijd gemeld, waardoor een snelle reactie van de politie niet leidt tot een significante verbetering van de arrestatiekans. Spelman en Brown (1984) concluderen op basis van uitgebreid onderzoek dat de arrestatiekans maximaal 7 procent kan bedragen als alle communicatieproblemen worden opgelost.

Empirisch onderzoek van Cihan et al. (2012) toont aan dat een snelle reactie van de politie wel de kans vergroot dat inbrekers op heterdaad worden betrapt en gearresteerd. Dit onderzoek werd uitgevoerd in Houston. Onderzoek in Engeland komt tot vergelijkbare resultaten (Coupe en Blake, 2005). Per minuut responstijd neemt de kans op een succesvolle arrestatie bij inbraak met 12 procent toe. Beide studies maken geen onderscheid tussen meldingen met en zonder spoed: 100 procent van de meldingen kwam binnen via het noodnummer of een alarmsysteem. Deze resultaten suggereren een positieve effectiviteit van de politie-inzet bij inbraken-op-heterdaad vergeleken met de situatie waarin 1-1-2 onbereikbaar is door een stroomstoring. De totale populatie overtredingen waarvoor de politie wordt gebeld is uiteraard groter dan inbraken.

Ambulance. Hiervoor is gebruikgemaakt van het aantal spoedeisende ambulance-inzetten in 2015 uit *Tabellenboek 2016 Ambulancezorg Nederland* en de waardering van een statistisch mensenleven zoals toegepast in de *Maatschappelijke kosten-batenanalyse brandveiligheid in woningen* (SEO, 2014) voor dodelijke slachtoffers en gewonden. De veronderstelling is dat ambulance-inzetten met spoedeisendheid A1 dodelijke slachtoffers kunnen voorkomen en ambulance-inzetten met spoedeisendheid A2 gewonden. Ook nu zijn veronderstellingen nodig over hoeveel mensen tegelijkertijd een (‘terechte’) melding doen via 1-1-2 en over hoe vaak een 1-1-2-oproep dodelijke slachtoffers (A1) en gewonden (A2) voorkomt. Dat wil zeggen: hoe vaak zonder een 1-1-2-oproep een dodelijk slachtoffer of gewonde wél valt, maar als gevolg van een 1-1-2-oproep en de daaruit volgende inzet van de ambulance niet. Voor het aantal tegelijk bellende mensen gaan we zonder verdere informatie hierover uit van 2 à 4 en voor de effectiviteit van ambulance-inzet van 0,25 à 0,5. Dit geeft een bandbreedte van effectiviteit van 0,25 tot 0,0625.

Brandweer. Hiervoor is gebruikgemaakt van de gemiddelde schade per woningbrand uit de *Maatschappelijke kosten-batenanalyse brandveiligheid in woningen* (SEO, 2014) uit scenario 3 over de jaren 2019-2113, dat wil zeggen de componenten materiële schade, dodelijke slachtoffers en gewonden. Dit is gecorrigeerd voor het feit dat niet iedere brandweerinzet een woningbrand betreft, op basis van CBS, CBS, Brandweer; hulpverlening, slachtoffers en reddingen 1985-2013. Ook nu zijn veronderstellingen nodig over hoeveel mensen tegelijkertijd een (‘terechte’) melding doen via 1-1-2 en over hoe vaak een 1-1-2-oproep dodelijke slachtoffer, gewonden en materiële schade voorkomt. Voor het aantal tegelijk bellende mensen gaan we zonder verdere informatie hierover uit van 2 à 4 en voor de effectiviteit van brandweerinzet van 0,25 à 0,5. Dit geeft een bandbreedte van effectiviteit van 0,25 tot 0,0625.

In het vervolg van dit rapport nemen we steeds de bovenkant van de bandbreedte van vermeden maatschappelijke schade door 1-1-2-oproepen. Als op basis daarvan een positief saldo van maatschappelijke baten minus kosten resulteert, wordt onderzocht of dit saldo positief blijft bij de lagere waarden van de bandbreedtes van vermeden maatschappelijke schade.

Bovenstaande leidt uiteindelijk tot een jaarlijkse maatschappelijke schade door gemiste 1-1-2-oproepen als gevolg van stroomstoringen ter hoogte van € 2,8 tot 4,6 miljoen. De uitsplitsing per hulpdienst en scenario is weergegeven in Tabel 2.9. Een voorbeeldberekening is gegeven in Box 2.2.

Tabel 2.9 Toekomstscenario Hoog en Laag

Scenario	Schade als gevolg van mislukte oproepen			
	Politie	Ambulance	Brandweer	Totaal
Laag	€ 111.890	€ 2.609.544	€ 36.001	€ 2.757.435
Hoog	€ 186.484	€ 4.349.240	€ 60.002	€ 4.595.726

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Box 2.2 Voorbeeldberekening maatschappelijke schade als gevolg van mislukte 1-1-2 oproepen.

Stel dat we willen weten wat het aandeel is van de extreme storingen op de totale maatschappelijke schade als gevolg van mislukte 1-1-2-oproepen. Dan doorlopen we de volgende x stappen:

1. In tabel 2.4 lezen we de frequentie af van extreme storingen voor de scenario's Laag en Hoog. Deze zijn gelijk aan 0,15 en 0,25 storingen per jaar;
2. Deze vermenigvuldigen we met de duur van de uitval van het mobiele netwerk. Deze staat in tabel 2.5 en is gelijk aan 0,5. De uitvalduur als gevolg van extreme storingen is dus gelijk aan 0,075 en 0,125 uur per jaar;
3. Deze vermenigvuldigen we met het aantal mislukte oproepen per uur in geval van een extreme storing. Dit getal is af te lezen uit tabel 2.6 en is gelijk aan 102. Het totaal aantal mislukte oproepen is dus gelijk aan 7,65 en 12,75 oproepen per jaar;
4. Deze oproepen verdelen we over de hulpdiensten politie, ambulance en brandweer conform de verdeling in tabel 2.7: 60%-30%-10%. Dan krijgen we dus een verdeling van 4,59-2,295-0,765 voor scenario Laag en een verdeling van 7,65-3,825-1,275 voor scenario Hoog;
5. Elk van deze getallen vermenigvuldigen we vervolgens met de relevante kengetallen uit tabel 2.8, in dit geval de bovenkant van de bandbreedte. Dat wil zeggen € 12.417 voor de politie, € 579.175 voor de ambulance en € 23.971 voor de brandweer;
6. De totale schade in scenario Laag is dan gelijk aan:
 $4,59 * € 12.417 + 2,295 * € 579.175 + 0,765 * € 23.971 = € 1.404.538;$
7. De totale schade in scenario Hoog is dan gelijk aan:
 $7,65 * € 12.417 + 3,825 * € 579.175 + 1,275 * € 23.971 = € 2.340.897;$
8. Om het aandeel van de extreme storingen in de totale schade te bepalen, delen we ten slotte de in stap 6 en 7 berekende bedragen door de totale schades, zoals af te lezen uit tabel 2.9. Voor scenario Laag is dat € 2.757.435 en voor scenario Hoog € 4.595.726. In beide gevallen geeft dit een aandeel van 50,9 procent.

Bron: SEO Economisch Onderzoek

3 Te onderzoeken maatregelen

De selectie van de maatregelen is uitgevoerd op basis van criteria over de uitvoerbaarheid, de beschikbaarheid van effectonderzoek en gegevens en de verwachte impact op de aankiesbaarheid van 1-1-2. De selectie heeft geleid tot een mix van te onderzoeken maatregelen die aangrijpen bij zowel de elektriciteitsmarkt als de telecommunicatiebedrijven.

3.1 Het selectieproces

Het proces dat heeft geleid tot de keuze van door te rekenen maatregelen bestond uit de volgende stappen:

1. Het opstellen van een 'long list' van mogelijke maatregelen die voldoen aan de eisen dat:
 - ze niet al genomen zijn of al genomen worden;
 - ze technisch uitvoerbaar zijn met de huidige stand van de techniek;
 - het op zijn minst aannemelijk is dat de maatregel de aankiesbaarheid of bereikbaarheid van 1-1-2 verbetert;
2. Het middels een quickscan beoordelen van de maatregelen op de long list om de meest kansrijke maatregelen te identificeren voor op de short list. Deze beoordeling bestaat uit:
 - het kwalitatief 'scoren' van de maatregelen op vier criteria: verwachte effectiviteit op aankiesbaarheid/bereikbaarheid, verwachte neveneffecten, verwachte kosten en uitvoerbaarheid;
 - het formuleren van een oordeel (kansrijk, minder kansrijk of nader onderzoek vereist) op basis van deze vier criteria;
3. Het in samenspraak met de begeleidingscommissie en opdrachtgever kiezen van de door te rekenen maatregelen.

3.2 Van long list naar maatregelkeuze

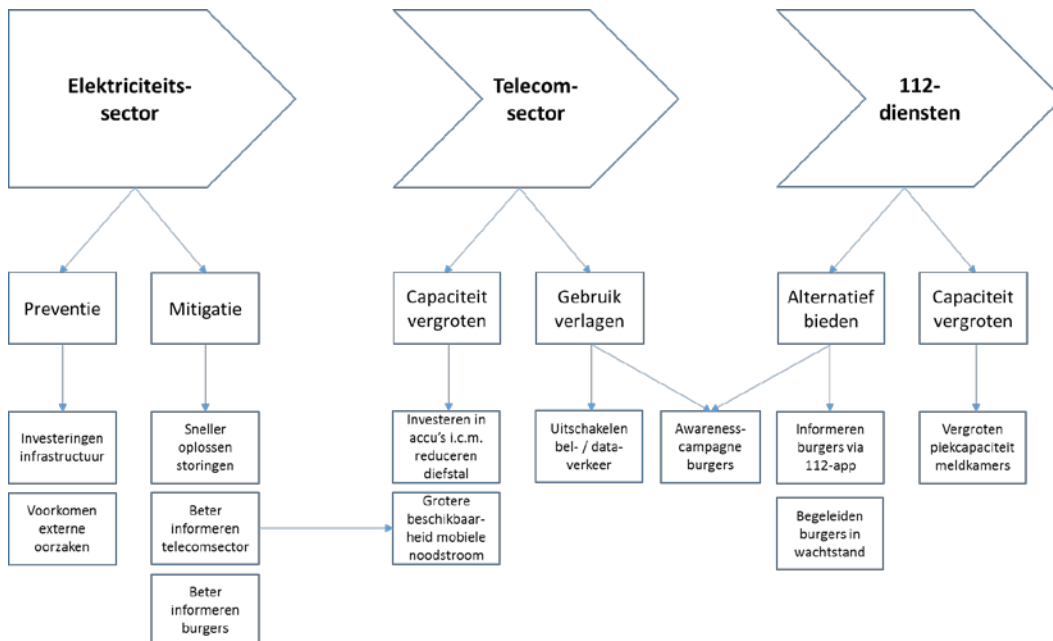
3.2.1 Opstellen long list

De long list van maatregelen is gebaseerd op een inventarisatie van maatregelen uit de literatuur, interviews en discussie met de begeleidingscommissie. De maatregelen zijn ingedeeld naar de *sector* waarop ze gericht zijn: de elektriciteitssector, de telecomsector en de 1-1-2-dienstverlening. Daarbinnen is een verdere opdeling mogelijk naar de *aard* van de maatregel. Binnen de elektriciteitssector is een relevant onderscheid of de maatregel een stroomstoring beoogt te voorkomen (preventie) of de gevolgen probeert te beperken (mitigatie). Binnen de telecomsector kan onderscheid worden gemaakt naar maatregelen die de capaciteit van het telecomnetwerk vergroten en maatregelen die het gebruik van het telecomnetwerk proberen te verlagen. Binnen de 1-1-2-dienstverlening geldt een vergelijkbaar onderscheid: de capaciteit van de meldkamers kan vergroot worden, of bellers naar 1-1-2 kan een alternatief geboden worden.

Voor elk van de zes subcategorieën (3x2) is één of meer concrete maatregelen mogelijk. Deze worden hieronder één voor één besproken. Sommige maatregelen zijn gekoppeld aan maatregelen in een andere subcategorie, andere maatregelen zijn gericht op meerdere sectoren.

Figuur 3.1 vat de hieronder toegelichte maatregelen samen.

Figuur 3.1 Typering maatregelen long list



Bron: SEO Economisch Onderzoek

Elektriciteitssector – preventie

Preventie van stroomstoringen zorgt voor een verbeterde aankiesbaarheid/bereikbaarheid van 1-1-2 doordat stroomstoringen die de aankiesbaarheid/bereikbaarheid van 1-1-2 verslechteren daardoor minder vaak zullen voorkomen. In grote lijnen zijn er twee vormen van preventie mogelijk.

De eerste is gericht op het voorkomen van stroomstoringen door een *robuustere uitvoering van het netwerk*. Hierbij kan gedacht worden aan het redundant uitvoeren van netwerkdonderdelen, d.w.z. dat bij uitval van één enkel onderdeel in het netwerk geen stroomstoring optreedt. Dit kan betrekking hebben op alle netwerkdonderdelen of op een deel van het netwerk, bijvoorbeeld door het opnemen van uitlopers in de zogenaamde ringstructuur (d.w.z. dat individuele verbindingen minder kwetsbaar worden omdat ze omzeild kunnen worden via de ‘ring’). Ten opzichte van de huidige situatie en verwachte toekomstige situatie houdt dit in dat op plekken waar netwerkdonderdelen nog niet redundant zijn of worden uitgevoerd, dit nu wél gebeurt. Naast het redundant uitvoeren van netwerkdonderdelen zou ook de vervanging van onderdelen met een verhoogd risico op inwendige defecten kunnen worden geïntensiveerd.

De tweede vorm van preventie is gericht op het *voorkómen van externe oorzaken* van stroomstoringen, zoals graafwerkzaamheden en botsingen met netwerkinfrastructuur. Dit houdt in dat er bovenop

bestaande maatregelen extra maatregelen worden genomen. Daarbij past de kanttekening dat niet alle (externe) oorzaken van stroomstoringen volledig kunnen worden voorkomen.

Elektriciteitssector – mitigatie

Mitigatie van de effecten van stroomstoringen door netbeheerders zorgt voor een verbeterde aankiesbaarheid/bereikbaarheid van 1-1-2 doordat stroomstoringen sneller worden verholpen dan nu of doordat andere partijen minder last hebben van de stroomstoring dan nu het geval is.

Maatregelen om de gevolgen van stroomstoringen te beperken door de netbeheerders kunnen in drie richtingen gezocht worden. Netbeheerders kunnen hun processen om stroomstoringen op te lossen verbeteren. Daarnaast kunnen zij andere partijen, met name de telecomsector, beter en sneller voorzien van informatie over de storing, zodat deze partijen sneller en gericht maatregelen kunnen nemen. Tot slot kunnen netbeheerders burgers die getroffen worden door een stroomstoring voorzien van informatie over de duur van de storing en concrete handelingsperspectieven bieden, zoals het opnemen van contact met netbeheerders in plaats van bellen naar 1-1-2. Dit kan deels tijdens een storing gebeuren ('warme' communicatie) en deels voorafgaand aan een storing ('koude' communicatie).

Telecomsector – capaciteit noodstroom vergroten

Een vergroting van de noodstroomcapaciteit van het mobiele netwerk verbetert de aankiesbaarheid of bereikbaarheid van 1-1-2 doordat tijdens een stroomstoring het mobiele netwerk langer in de lucht wordt gehouden. Hiervoor is een alternatieve stroombron nodig. Dit kan een *vaste bron* zijn, zoals een accu die gekoppeld is aan een ontvangstmast. Het kan ook een *mobiele bron* zijn, zoals een noodaggregaat dat op diesel draait. Dit kan in geval van een stroomstoring naar de masten zonder stroom worden toegerezen en ter plekke worden aangesloten.

Bij een vaste stroombron (accu) is de belangrijkste parameter de capaciteit van de bron, die bepaalt hoe lang deze meegaat tijdens een stroomstoring. Een tweede punt betreft de inrichting van de koppeling tussen mast en accu. Deze kan variëren van mast tot mast. In sommige gevallen is er één accu voor alle ondersteunde netwerken (2G/3G/4G), in andere gevallen is elk netwerk uitgerust met een eigen accu. Ten derde is diefstal van accu's een veelvoorkomend probleem. Maatregelen om de vaste stroomvoorziening te verbeteren, kunnen dan ook gericht zijn op het vergroten van de accucapaciteit, het optimaliseren van de inrichting van de accu-mastkoppeling en het verder tegengaan van diefstal. Niet alle mastlocaties zijn geschikt voor installatie van (grotere) accu's. Dakconstructies zijn bijvoorbeeld niet altijd berekend op extra gewicht.

In het geval van een vaste bron is in de begeleidingscommissie ook gewezen op de mogelijkheid van koppeling aan lokale energieopslaginstallaties. Gezien de opkomst van decentrale, duurzame energieopwekking is dit een kansrijke mogelijkheid voor de toekomst, maar op dit moment nog niet haalbaar. Deze mogelijkheid wordt dan ook niet verder uitgewerkt.

Bij een mobiele noodstroomvoorziening is de capaciteit van de voorziening over het algemeen geen beperkende factor. In geval van een langdurige storing kan namelijk extra diesel worden aangevoerd. Verbetering van de mobiele noodstroomvoorziening is dan ook eerder gericht op het tijdig ter plaatse zijn, bijvoorbeeld als gevolg van een betere informatievoorziening aan de telecomsector of door een toename van het aantal noodstroomaggregaten en een betere spreiding

over het land zodat de aanrijtijd beperkt wordt. In noodsituaties kan het extra lastig zijn om mobiele noodstroomvoorzieningen op de juiste plek te krijgen, omdat straten zijn afgesloten of het verkeer vastloopt.

Ook de beschikbaarheid van noodstroomvoorzieningen is een aandachtspunt. Op dit moment worden noodstroomvoorzieningen veelal gehuurd bij bedrijven die geen leveringsgarantie geven. Dit betekent dat de noodstroomvoorziening bij een grote storing vaak al verhuurd is aan andere belangstellenden. Dit zou privaatrechtelijk voorkomen kunnen worden (andere contracten voor noodstroomlevering) of publiekrechtelijk (wettelijke voorrang voor telecomproviders).

Telecomsector – gebruik verlagen

Een andere manier om het mobiele netwerk langer in de lucht te houden en daardoor de aankiesbaarheid of bereikbaarheid van 1-1-2 te vergroten is om het gebruik van het netwerk door burgers en bedrijven te verlagen. De tijd dat een accu meegaat, is namelijk afhankelijk van het gebruik dat ervan wordt gemaakt. Naarmate meer mensen bellen of data versturen en ontvangen, is de capaciteit van een accu sneller verbruikt.

Het gebruik van het netwerk kan worden verlaagd door middel van awareness-campagnes, waarin burgers worden geïnformeerd over de noodzaak om spaarzaam om te gaan met de mobiele telefoon tijdens stroomstoringen. Een andere manier om het gebruik te verminderen is het preventief uitschakelen van een deel van het netwerk. Wanneer bijvoorbeeld het dataverkeer wordt uitgeschakeld, kan de vrijkomende capaciteit gebruikt worden om langer mee te bellen.

1-1-2 – capaciteit vergroten

De bereikbaarheid van 1-1-2 kan ook in het geding zijn doordat het aantal bellers op enig moment groter is dan de meldkamers aankunnen. Dit kan het geval zijn voor de *landelijke* meldkamer, waar oproepen aanvankelijk binnenkomen, of voor de *regionale* meldkamers, waarnaar wordt doorverbonden. Als alle telefonisten bezet zijn, komt een beller in de wacht te staan. Een dergelijke wachttijd is voor 1-1-2-oproepen sowieso ongewenst, maar creëert ook het risico dat een beller ophangt, waardoor contact met de meldkamer helemaal niet tot stand komt. De meldkamer kan in dergelijke gevallen wel terugbellen, maar dit gebeurt in een situatie van overbelasting vaak pas uren later. Om dergelijke situaties te voorkomen, kan het aantal telefonisten in een meldkamer vergroot worden. Hierbij kan ook gebruikgemaakt worden van een ‘flexibele schil’ van telefonisten die aanwezig zijn op de meldkamer maar ander werk doen tot ze nodig zijn, en van oproepkrachten die bij piekdrukke naar de meldkamer komen.

Een maatregel waar nu al aan gewerkt wordt, is om regionale meldkamers zo in te richten dat deze elkaars werk kunnen opvangen. Het aantal regionale meldkamers wordt geleidelijk teruggebracht van 25 naar 10, maar ook dan geldt dat bij een regionale calamiteit één van de regionale meldkamers snel overbelast raakt, terwijl de overige het relatief rustig hebben. Wanneer andere regionale meldkamers in zo’n geval kunnen bijspringen, betekent dit een verveelvoudiging van de capaciteit. Omdat deze maatregel op dit moment wordt geïmplementeerd, wordt deze niet meegenomen als mogelijke maatregel op de long list.

De *technische* capaciteit van de meldkamer (d.w.z. het aantal telefoontjes dat het meldsysteem kan verwerken) is over het algemeen groter dan het aantal telefonisten. Hier is dan ook geen bottleneck te verwachten.

1-1-2 – alternatieven bieden

Vanuit de 1-1-2-dienstverlening is een andere mogelijke denkrichting om burgers alternatieven te bieden voor het bellen van 1-1-2, waardoor de meldkamercapaciteit beschikbaar blijft voor burgers die op dat moment geen alternatief hebben.

Dit kan primair op twee manieren. De eerste is om via ‘koude’ communicatie burgers meer inzicht te geven in de manier waarop zij het beste kunnen handelen tijdens stroomstoringen:

- het ontmoedigen van onwenselijk 1-1-2-gebruik;
- het bieden van alternatieven voor 1-1-2 in de vorm van andere noodnummers;
- het bieden van meer informatie over hoe 1-1-2 het beste te bereiken (niet snel de verbinding verbreken, niet meteen nog een keer bellen en dergelijke);
- het vergroten van de zelfredzaamheid van burgers tijdens stroomstoringen, waardoor ze voorbereid zijn op een aantal veel voorkomende problemen (afwezigheid van licht, verwarming, communicatiemiddelen etc.)

De tweede richting is om via ‘warme’ communicatie tijdens calamiteiten (waaronder stroomstoringen) te communiceren met burgers. Via een 1-1-2-app kunnen burgers bijvoorbeeld op de hoogte worden gehouden van de ontwikkeling van een stroomstoring en de drukte bij 1-1-2. Hier ligt wel een relatie met het afschakelen van dataverkeer door de telecomsector. Wanneer hiervoor gekozen wordt, is een app uiteraard geen geschikt communicatiemiddel. Ook moet in het achterhoofd worden gehouden dat communicatie via een 1-1-2-app alleen mogelijk is zolang het mobiele netwerk nog functioneert. Ook een burger die 1-1-2 belt en in de wachtrij belandt, kan van uitgebreidere informatie worden voorzien m.b.t. de verwachte wachttijd, mogelijke alternatieven voor 1-1-2 en advies over hoe te handelen bij een lange wachttijd.

3.2.2 Quick scan: van long list naar short list

Om te komen tot de short list zijn bovengenoemde maatregelen kwalitatief gescoord op de volgende vier criteria:

1. *Verwachte effectiviteit op aankiesbaarheid/bereikbaarheid:*
 - a. Effectiviteit aannemelijk, maar weinig tot geen harde informatie over de omvang: ‘Omvang effecten onbekend’;
 - b. Verwachte kleine effecten;
 - c. Verwachte grote effecten;
2. *Verwachte neveneffecten:*
 - a. Geen (grote) verwachte neveneffecten;
 - b. Verwachte positieve neveneffecten;
 - c. Verwachte negatieve neveneffecten;
3. *Verwachte kosten:*
 - a. Weinig tot geen harde informatie.
 - b. Kosten naar verwachting relatief laag.
 - c. Kosten naar verwachting relatief hoog.

4. *Uitvoerbaarheid:*

- a. Op kortere termijn waarschijnlijk niet uitvoerbaar;
- b. Op kortere termijn waarschijnlijk wel uitvoerbaar;
- c. Uitvoerbaarheid op kortere termijn op basis van de huidige informatie onduidelijk.

Tabel 3.1 vat de scores op de vier criteria van de maatregelen samen. De scores zijn gebaseerd op direct beschikbare resultaten uit de literatuur, interviews en discussies met de begeleidingscommissie. Een uitgebreidere toelichting per maatregel is opgenomen in Bijlage B.

Tabel 3.1 Scores van maatregelen op de vier criteria

		Effectiviteit	Neveneffecten	Kosten	Uitvoerbaarheid
		Klein / Groot / Omvang onbekend	Positief / Negatief / Geen	Laag / Hoog / Onbekend	Goed / Slecht / Onbekend
S1	Investeringen infrastructuur	<i>Volledige netwerk of delen redundant: groot</i> <i>Intensivering vervanging: omvang onbekend</i>	Positief	Hoog	Goed, m.u.v. intensivering vervanging: onbekend
S2	Externe oorzaken	Omvang onbekend	Positief	Onbekend	Slecht
S3	Oplossen storingen	Omvang onbekend	Positief	Onbekend	Onbekend
S4	Informereren telecom	Omvang onbekend	Geen	Laag	In beginsel goed
T1	Investeringen accu's	Groot	Negatief	Hoog	Onbekend
T2	Voorkomen diefstal accu's	Klein	Positief	Laag	Goed
T3	Mobiele noodstroom	Groot	Geen	Hoog	Goed
T4	Voorrang inhuur noodstroom	Klein	Negatief	Laag	Slecht
T5	Downgraden netwerk	Omvang onbekend	Positief	Wisselend	Goed
S5/ T6/ H1	Awareness-campagnes	Groot	Positief	Laag	Goed
H2	Begeleiden burgers in wachtstand	Omvang onbekend	Geen	Laag	Goed
H3	1-1-2-app	Omvang onbekend	Geen	Laag	Goed
H4	Piekcapaciteit meldkamers	Klein	Geen	Laag	Goed

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Op basis van de scores op de bovenstaande vier criteria is een voorlopig oordeel over de kansrijkheid van de maatregelen geformuleerd:

- maatregel is *kansrijk* vanwege de mogelijkheid op een positief saldo van baten minus kosten en de uitvoerbaarheid; of
- maatregel is *minder kansrijk* vanwege een lagere mogelijkheid op een positief saldo van baten minus kosten (vanwege lage baten en/of hoge kosten) en/of vanwege verminderde uitvoerbaarheid; of
- de maatregel is vanwege missende informatie op het moment van schrijven niet zomaar in te delen in kansrijk of niet kansrijk: *nader te onderzoeken*.

Daarnaast is aangegeven waar sprake is van “no regret”-maatregelen. Dit zijn maatregelen die naar verwachting lage kosten hebben en geen risico op negatieve effecten.

Tabel 3.2 geeft de tussentijdse oordelen met een compacte toelichting daarop.

Tabel 3.2 Beoordeling maatregelen long list

		Oordeel	Toelichting
		Kansrijk / Minder kansrijk / Nader onderzoek vereist	
S1	Investeringen infrastructuur	<i>Volledig redundante uitvoering netwerk: niet kansrijk</i> <i>Specifieke investeringen redundantie: vereist nader onderzoek</i> <i>Intensivering vervanging: vereist nader onderzoek</i>	<i>Volledig redundant uitvoering netwerk: te duur t.o.v. baten</i> <i>Specifieke investeringen redundantie en intensivering vervanging vereisen meer onderzoek naar de voorwaarden waaronder dit kansrijke maatregelen kunnen zijn</i>
S2	Externe oorzaken	Niet kansrijk	Maatregel zou op (kosten)effectiviteit onderzocht kunnen worden, maar is waarschijnlijk minder goed uitvoerbaar omdat net het traject van de Wet van 11 april 2018 tot wijziging van de Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten is doorlopen
S3	Oplossen storingen	Niet kansrijk	Er zijn te weinig concrete aanwijzingen dat het oplossen van storingen dusdanig sneller zou kunnen dat de aankiesbaarheid van 1-1-2 daardoor zou verbeteren
S4	Informereren telecom	Nader onderzoek vereist	Nader te onderzoeken hoe groot het uiteindelijke effect op aankiesbaarheid 1-1-2 is. No regret maatregel: lage kosten, geen negatieve neveneffecten
T1	Investeringen accu's	Kansrijk	De potentieel zeer grote effectiviteit maakt deze maatregel kansrijk, ondanks de verwachte hoge kosten en eventuele neveneffecten
T2	Voorkomen diefstal accu's	Kansrijk	De effectiviteit is naar verwachting klein, maar de lage kosten, positieve neveneffecten en goede uitvoerbaarheid maken dit een kansrijke maatregel. Tevens no regret maatregel
T3	Mobiele noodstroom	Kansrijk	De grote effectiviteit en goede uitvoerbaarheid maken dit tot een kansrijke maatregel, hoewel de kosten naar verwachting hoog zijn
T4	Voorrang inhuur noodstroom	Minder kansrijk	De lage effectiviteit in combinatie met een slechte uitvoerbaarheid maken deze maatregel minder kansrijk
T5	Downgraden netwerk	Nader onderzoek vereist	De effecten van het downgraden van het netwerk zijn complex en vereisen nader onderzoek om te bepalen hoe kansrijk de maatregel is
S5/ T6/ H1	Awareness-campagnes	Kansrijk	De goede uitvoerbaarheid, potentieel grote effectiviteit, lage kosten en positieve neveneffecten maken deze maatregel kansrijk
H2	Begeleiden burgers in wachtstand	Kansrijk	De effectiviteit is naar verwachting klein, maar de lage kosten en goede uitvoerbaarheid maken dit tot een kansrijke maatregel. Tevens no regret
H3	1-1-2-app	Nader onderzoek vereist	De manier waarop een 1-1-2-app ingezet kan worden en welke effecten dit met zich meebrengt zijn nog moeilijk te overzien. Nader onderzoek is vereist om te bepalen of deze maatregel kansrijk is
H4	Piekcapaciteit meldkamers	Minder kansrijk	De effectiviteit is naar verwachting erg klein, omdat hier vrijwel geen bottlenecks optreden. Daarom is de maatregel minder kansrijk

Bron: SEO Economisch Onderzoek

3.2.3 De gekozen maatregelen

Op basis van de quickscan is in samenspraak met de begeleidingscommissie gekozen voor het doorrekenen van de volgende maatregelen.

Elektriciteitsmarkt

Het volledig redundant maken van het elektriciteitsnetwerk van TenneT blijkt niet haalbaar, vanwege de ontwikkeling in de regelgeving voor de enkelvoudige storingsreserve. Naar aanleiding van een eerdere discussie over de (n-1)-norm lopen er diverse projecten voor aanpassing van het hoogspanningsnet. De gekozen maatregelen bestaan daarom uit gerichte investeringen in het hoogspanningsnetwerk waarvoor nog geen projecten zijn gepland en waarvan de verwachting is dat ze impact hebben op de aankiesbaarheid van 1-1-2:

- Het n-1 redundant maken van railsystemen in stations met een maximale belasting < 100 MW. Een storing in deze systemen leidt tot uitval van het station;
- Het vermazen van uitlopers met een maximale belasting < 100 MW. Een kenmerk van uitlopers is dat per mast meerdere circuits lopen. Bij mastfalen (omvallen of een vergelijkbaar incident) is de stroomvoorziening naar het gebied achter de uitloper onderbroken. Reparatie kost doorgaans veel tijd.

Telecommarkt

Op de telecommarkt is voor twee typen maatregelen gekozen: investeringen in accu's en investeringen in voorzieningen voor mobiele noodstroom.

Accu's

De hoofdmaatregel heeft betrekking op het generiek investeren in accu's bij alle masten/faciliteiten. Als variant hierop wordt gekeken naar het tegengaan van diefstal van accu's.

Mobiele noodstroom

De hoofdmaatregel betreft het investeren in mobiele noodstroomvoorzieningen. Daarbij wordt de voorrang op de inhuur van noodstroom onderzocht als variant.

3.2.4 De overige maatregelen

De overige maatregelen zijn niet doorgerekend. Dit betekent echter niet dat het niet waardevol zou zijn om de maatregelen nader te onderzoeken. Ook betekent het niet dat de maatregelen niet zinvol zijn. Binnen het kader van dit onderzoek was een beperking van het aantal maatregelen echter noodzakelijk.

Elektriciteitsmarkt

Het *versneld vervangen van risico-onderdelen door netbeheerders* is niet doorgerekend. Hiervoor zou meer informatie beschikbaar moeten komen over wat netbeheerders méér kunnen doen aan onderzoek en vervangingen dan ze nu al doen, en wat de kosten en effecten daarvan zijn.

Het *voorkomen van externe oorzaken van stroomstoringen* is niet doorgerekend omdat graafwerkzaamheden niet de belangrijkste oorzaak lijken te zijn van met name langdurige stroomstoringen en omdat de overige externe oorzaken te diffuus zijn voor specifieke maatregelen.

Het *sneller oplossen van storingen* is niet doorgerekend. Het is onduidelijk in hoeverre hier een kans ligt en er zou meer informatie beschikbaar moeten komen over wat netbeheerders meer of anders zouden kunnen doen dan in hun huidige processen.

Het *beter informeren van telecompagnijen bij storingen* is niet doorgerekend. Er is wél verondersteld dat deze maatregel wordt uitgevoerd en daarmee is rekening gehouden in het nulalternatief.

Telecommarkt

Het *aanwijzen van regionale operators die investeren in accu's* is niet doorgerekend omdat het risico bestaat dat deze maatregel wegens een marktversturende werking niet uitgevoerd kan worden.

De maatregel *downgraden netwerk* is niet doorgerekend vanwege de haken en ogen aan deze maatregel, met name de negatieve neveneffecten vanwege de keuze tussen belverkeer en dataverkeer.

Meldkamer

Awareness campagnes / het bieden van handelingsperspectief, het *begeiden van burgers* en een *1-1-2 app* zijn niet doorgerekend. Reden is dat meer onderzoek is vereist t.a.v. de specifieke vormgeving van deze maatregelen om te kunnen concluderen wat de effectiviteit is. Bij de app speelt ook dat een dataverbinding nodig is. Het *vergroten van de piekcapaciteit van meldkamers* is niet doorgerekend vanwege een verwachte beperkte effectiviteit.

4 Kosten en baten van maatregelen

Dit hoofdstuk bespreekt de maatregelen voor verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2. De wenselijkheid van normstelling wordt onderzocht aan de hand van de kosten en baten van de betreffende maatregelen.

4.1 N-1 Hoogspanningsnet

Kosten

Het hoogspanningsnet is ontworpen om te voldoen aan de wettelijke eis van redundantie: bij uitval van één element, moet de leveringszekerheid gewaarborgd zijn (n-1, of enkelvoudige storingsreserve). De beheerder van het hoogspanningsnet is continu bezig met het waarborgen van de wettelijke n-1 eisen en voert waar nodig investeringen uit om ook in de toekomst aan de eisen te kunnen voldoen. Dit rapport onderzoekt twee investeringen in redundantie van specifieke onderdelen van het hoogspanningsnet aanvullend op de wettelijke eis: (1) het aanbrengen van railbeveiliging⁷ in kleine stations en het vermazen⁸ van enkele kleine uitlopers met een maximale belasting groter dan 50 MW. Dit betreft uitlopers waar een deel van het tracé loopt via een bovengrondse lijn waar beide circuits op dezelfde mast hangen. Deze twee investeringen worden hier gescheiden behandeld.

De investering in *railbeveiliging* in hoogspanningsstations kost gemiddeld € 900 duizend per station als de aanpassing plaatsvindt op een natuurlijk vervangingsmoment. De kosten zijn € 1,7 miljoen per station als de aanpassing geforceerd plaatsvindt.⁹ Dit hoofdstuk rekent met de ondergrens van deze schatting. Er zijn geen extra jaarlijkse onderhoudskosten. De totale investering bedraagt voor 218 stations minimaal € 196 miljoen.

De investering in de *uitlopers* houdt in het aanbrengen van een extra circuit via een apart tracé (een kabel of een lijn).¹⁰ Hierdoor blijft het onderliggende net in het betreffende gebied aangesloten bij mastfalen in de uitloper. SEO heeft 7 uitlopers geïdentificeerd waarvoor nog geen projecten zijn gepland. Dit zijn kleinere verbindingen met een maximale belasting groter dan 50 MW. Tabel 4.1 laat zien dat de kosten van het oplossen van deze zeven uitlopers in totaal € 88,7 miljoen. Dit brengt extra jaarlijkse onderhoudskosten met zich mee die circa € 900 duizend per jaar bedragen, 1 procent van de investering (SEO 2009).

De hier vermelde kosten zijn gebaseerd op studies uit eerdere jaren. Uit reeds uitgevoerde projecten blijkt dat de kosten thans 60 à 70 procent hoger liggen dan ingeschat in de genoemde studies. Dit rapport gebruikt in de gevoeligheidsanalyse de kostenstijging van 60 à 70 procent.

⁷ Dit betreft de beveiliging van railsystemen: dit zijn de knooppunten op een station waarmee alle verbindingen, transformatoren en aansluitingen verbonden zijn.

⁸ Een vermaasd net houdt in dat knooppunten in een elektriciteitsnet via verschillende circuits en verbindingen gevoed worden. Uitval van één of beide circuits leidt dan niet direct tot uitval van de stroomvoorziening (of deze kan via de alternatieve route sneller hersteld worden).

⁹ Zie: ACM (2013), p. 61.

¹⁰ Afhankelijk van de situatie van de uitloper, kunnen andere oplossingen worden overwogen.

Tabel 4.1 Het vermazen van 7 uitlopers vraagt een investering van € 88 miljoen

Uitloper*	Maximale belasting (MW)	Lengte (in km)**	Kosten (in € mln.)
1.	91	8,8	7,4
2.	63	14,9	26,3
3	57	4,4	13,1
4.	68	7,7	12,0***
5.	71	2,8	4,3***
6.	146	23,4	14,7
7.	122	7,0	10,9***
Totaal			88,7

Bron: SEO (2009) en eigen berekening SEO Economisch Onderzoek

* Op verzoek van de netbeheerder worden de uitlopers aangeduid met nummers

** De lengte betreft alleen het gedeelte van de verbindingen waar de beide circuits in dezelfde mast hangen.

*** Berekening SEO gebaseerd op gemiddelde kosten per kilometer van de projecten waarvoor een kostenschätzung bekend is: € 1,55 miljoen per kilometer. Dit gemiddelde is vermenigvuldigd met de lengte van de lijn waar de circuits in één mast hangen.

Effectiviteit

De effectiviteit van de investeringen in het hoogspanningsnet hangt af van de impact op de leveringszekerheid. ACM (2013) berekent dat er gemiddeld elk jaar een probleem plaatsvindt met een railsysteem in een station < 100 MW. Dit veroorzaakt voor het betreffende netvlak een storing die enkele uren kan duren waardoor de stroom uitvalt in een gebied met circa 75 duizend aansluitingen.

De impact van de railbeveiliging op de leveringszekerheid houdt in dat er gemiddeld per jaar één storing minder plaatsvindt (ACM 2013). De storingsregistratie 2008-2017 laat zien dat storingen in het railsysteem in de categorieën “Middelgroot” (10 tot 70 duizend getroffen) en “Groot & Kort” (70 tot 150 duizend getroffen) vallen (zie Tabel 2.3). We verdelen het effect over deze twee categorieën waardoor de kans op een storing voor beide met een half procent daalt (Tabel 4.2).¹¹

Tabel 4.2 Impact N-1 railbeveiliging

Scenario	# Stroomstoringen per jaar			
	Klein & Lang	Middelgroot	Groot & Kort	Extreem
Laag	0,45	2,625	0,375	0,15
Hoog	0,75	4,375	0,625	0,25

Noot: De rode getallen zijn gewijzigd

Een storing in een uitloper leidt meestal tot een onderbreking van de stroomvoorziening met een (zeer) lange duur. Vermazing van de uitlopers heeft daarom gevolgen voor de categorieën “Klein & Lang” (4-15 uur) en “Middelgroot” (twee tot vier uur) in Tabel 2.3. SEO heeft geïnventariseerd welke storingen in de top 100 van 2008-2017 hebben plaatsgevonden in uitlopers van het hoogspanningsnet. Dit waren er 11. 5 storingen in de uitlopers passen in de categorie “Klein & Lang”, 6 in de categorie “Middelgroot”. Vermazing van deze uitlopers kan dus de kans op een

¹¹ Zo was de kans 3 op een storing per jaar in de categorie Middelgroot in scenario Laag. Dit wordt $3-0,5 = 2,5$ in Tabel 4.2. De kans op een storing Groot & Kort in scenario Laag was 0,75. Dit wordt als gevolg van de maatregel $0,75-0,5 = 0,25$. We veronderstellen dat het effect van de maatregel procentueel gelijk is voor de scenario's Laag en Hoog.

stroomstoring met gemiddeld circa 10 procent verkleinen oftewel 0,1. Dit leidt tot neerwaartse aanpassing van de storingskansen in de scenario's "Klein & Lang" en "Middelgroot" met elk 0,05 (Tabel 4.3).¹²

Tabel 4.3 Impact vermazing uitlopers

Scenario	# Stroomstoringen per jaar			
	Klein & Lang	Middelgroot	Groot & Kort	Extreem
Laag	0,4125	2,9625	0,75	0,15
Hoog	0,6875	4,9375	1,25	0,25

Noot: De rode getallen zijn gewijzigd

Neveneffecten

Voor beide type investeringen treedt als neveneffect op dat de leveringszekerheid van elektriciteit verbetert. De indicator voor de leveringszekerheid is de *value of lost load*, VOLL (schade per niet-geleverde eenheid stroom). De VOLL kan in een bedrag per uur worden uitgedrukt of in een bedrag per kWh. Voor de waardering van de VOLL bestaan diverse grondslagen zoals de productiefunctiebenadering, de preventieve uitgavenmethode en de conjunct meetmethode.¹³ Elke methode kent voor- en nadelen. In de MKBA Netuitlopers hanteert SEO de productiefunctiebenadering voor de waardering van de verbetering van de leveringszekerheid als uitlopers worden vermaasd. Deze methode berekent de waarde van het verlies aan productie als gevolg van de storing. Dit verlies aan product verschilt per sector en per regio. SEO (2009, p. 32) hanteert de volgende kengetallen voor de VOLL (€/kWh) per sector:¹⁴

- Industrie: € 2¹⁵
- Bouw en overheid: € 33
- Diensten: € 8
- Huishoudens: € 16,4
- Gemiddeld per kWh: € 8,6¹⁶

Deze schadekosten bestaan uit de toegevoegde waarde die gemaakt zou zijn in de periode dat er geen stroom is. Bij huishoudens is met de loonkostenmethode gewerkt. De stroomstoring zal tot gevolg hebben dat huishoudens hun vrije tijd anders moeten gaan invullen wat een verlies van nut betekent. De verloren vrije tijd is gewaardeerd tegen het netto uurloon. Voor Nederland als geheel bedraagt de VOLL € 8,6/kWh voor een gemiddelde storing. Dit is een schade van € 97,1 miljoen (in euro's van 2009) voor een storing met een duur van een uur. Doordat de productiviteit van

¹² Zo was de kans 0,45 op een storing "Klein & Lang" in scenario Laag. Dit wordt als gevolg van de maatregel $0,45 - 0,05 = 0,4$. De kans op een storing "Middelgroot" in scenario Laag was 3. Dit wordt als gevolg van de maatregel $3 - 0,05 = 2,95$. We veronderstellen dat het effect gelijk is voor de scenario's Laag en Hoog.

¹³ Deze en andere waarderingsmethoden worden uitvoerig besproken in SEO (2010).

¹⁴ Bij extreme storingen kan uitval plaatsvinden van vitale infrastructuren die afhankelijk zijn van de stroomvoorziening. De impact van deze afhankelijkheid is niet bekend. Bij een langdurige stroomstoring kan bijvoorbeeld maatschappelijke ontwrichting een rol gaan spelen waardoor de openbare orde en veiligheid niet langer gewaarborgd zijn. Dit zijn maatschappelijke kosten die geen rol spelen bij de gemiddelde stroomstoringen die centraal staan in deze studie. Storingen met extreme duur en impact met potentiële gevolgen voor meerdere vitale infrastructuren hebben zich in Nederland de afgelopen decennia niet voorgedaan.

¹⁵ Deze schade is relatief laag, omdat de industrie relatief veel elektriciteit gebruikt ten opzichte van de toegevoegde waarde.

¹⁶ De schade voor Nederland als geheel is afhankelijk van het moment van de storing, zie verder SEO (2009), p. 27. De genoemde VOLL voor Nederland is berekend voor een gemiddelde storing.

bedrijven jaarlijks groeit, neemt ook het schadebedrag jaarlijks toe met 1,95 procent (SEO 2009, p. 43). In euro's van 2018 is de VOLL met andere woorden € 115,5 miljoen per uur voor Nederland.

De gemiddelde duur van storingen als gevolg van problemen met railsystemen is 16 seconden per jaar. In 2019 is de VOLL met andere woorden $(16/3600) \cdot (101,95\%) \cdot 115,5 = € 523.340$. Deze VOLL stijgt jaarlijks met 1,95 procent.

De uitlopers hebben vooral een regionaal effect. De kansen op mastfalen zijn minimaal $2,8 \cdot 10^{-5}$ per jaar en maximaal $8,5 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Een hoogspanningsverbinding heeft gemiddeld om de 300 meter een mast. Via de lengte van de uitloper is het aantal masten te berekenen en daarmee de kans op storing als gevolg van mastfalen in de betreffende uitloper (Tabel 4.4). Per uitloper is gerekend met een gemiddelde storingsduur van 256 minuten als mastfalen optreedt (SEO 2009, p. 48). Dit levert het verwachte aantal onderbrekingsminuten per aansluiting in de gebieden achter de uitlopers.¹⁷

SEO (2009) heeft de VOLL berekend voor storingen in twee uitlopers: Haaksbergen en de Bommelerwaard. Voor Haaksbergen was de VOLL € 300 duizend per uur, voor de Bommelerwaard € 1,1 miljoen per uur. Voor deze waarden is in detail gekeken naar de aantallen bedrijven en huishoudens in de betreffende gebieden. De gemiddelde VOLL per tijdseenheid per MW (maximale belasting van de verbinding) in deze twee gebieden is gebruikt als kengetal om de VOLL te berekenen voor de schade bij storingen in de 7 uitlopers voor de investeringen in dit rapport.¹⁸

Optelling voor alle aansluitingen levert de VOLL (Tabel 4.4). Ook deze VOLL neemt jaarlijks met 1,95 procent toe als gevolg van productiviteitsstijging. In het vervolg werken we met de hoge schatting van de VOLL.

Tabel 4.4 Het verlies van welvaart in uitlopers als gevolg van stroomstoringen bedraagt jaarlijks € 34 duizend tot € 100 duizend

Uitloper	Lengte (km)	# masten	Faalkans Laag	Faalkans Hoog	VOLL Laag (in mln.)	VOLL Hoog (in mln.)
1.	8,8	29	8,21E-04	2,49E-03	€ 0,004	€ 0,01
2.	14,9	50	1,39E-03	4,22E-03	€ 0,005	€ 0,02
3.	4,4	15	4,11E-04	1,25E-03	€ 0,001	€ 0,00
4.	7,7	26	7,19E-04	2,18E-03	€ 0,003	€ 0,01
5.	2,8	9	2,61E-04	7,93E-04	€ 0,001	€ 0,00
6.	23,4	78	2,18E-03	6,63E-03	€ 0,019	€ 0,06
7.	7,0	23	6,53E-04	1,98E-03	€ 0,005	€ 0,01
Totaal					€ 0,039	€ 0,12

Bron: SEO Economisch Onderzoek

¹⁷ De gebruikte formule is: onderbrekingsminuten = aantal masten x faalkans per mast (hoog of laag) x duur uitval bij een storing

¹⁸ De gebruikte formule is: VOLL_uitloper (€) = onderbrekingsminuten x maximale belasting x VOLL (in (€/minuut)/MW).

Conclusie: baten in relatie tot kosten

De kosten-batenanalyse veronderstelt dat de investeringen direct plaatsvinden.¹⁹ De effecten zijn vervolgens berekend voor een periode van 100 jaar en verdisconteerd met een discontovoet van 3 procent.²⁰ Dit levert de contante waarde op van de kosten en baten van de maatregelen. Deze analyse is uitgevoerd voor beide scenario's Hoog en Laag voor de stroomstoringen. Tabel 4.5 en Tabel 4.6 bevatten de resultaten. Voor beide maatregelen is de verhouding tussen baten en kosten negatief. Eerdere kosten-batenanalyses van deze investeringen in de (n-1) norm kwamen ook tot een negatief baten-kostensaldo (SEO 2009 en ACM 2013).

Bij de resultaten moet vermeld worden dat de berekening van het baten-kostensaldo is uitgevoerd met de meest gunstige waarden van de gebruikte parameters:

- De kosten zijn gebaseerd op ACM (2013). Uit reeds uitgevoerde projecten blijkt dat de kosten thans 60 à 70 procent hoger liggen dat ingeschat in de genoemde studie;
- Voor de investering in railbeveiliging van hoogspanningsstations is uitgegaan van de kosten van vervanging op een natuurlijk moment. Bij vervanging op een geforceerd moment zijn de kosten bijna het dubbele;
- Voor de berekening van de baten is voor de kans op mastfalen gerekend met de bovenkant van de bandbreedte. Dit levert relatief hogere baten op voor het neveneffect op de leveringszekerheid. Ook is gerekend met de maximale belasting waardoor de VOLL en dus de maatschappelijke baat van de maatregel hoger uitvalt. De gemiddelde belasting is lager;
- De baten van de betere bereikbaarheid van 1-1-2 zijn maximaal ingeschat door uit te gaan van de bovenwaarde van de effectiviteit van het optreden van de hulpdiensten.

De gevoeligheidsanalyse in Bijlage A onderzoekt de impact van minder gunstige parameters op het saldo van baten en kosten van de maatregelen. Ook kijkt de gevoeligheidsanalyse naar een meer extreem stroomscenario waarin de kans op een stroomstoring groter is dan in de scenario's Laag en Hoog.

Tabel 4.5 Investeringen in railbeveiliging hebben een negatief baten-kostensaldo

Maatregel A: Aanbrengen railbeveiliging (in €mln)	Laag	Hoog
Verdisconteerde kosten:		
investeringen	€ 190,5	€ 190,5
jaarlijkse kosten	€ 0	€ 0
<i>totaal verdisconteerde kosten</i>	<i>€ 190,5</i>	<i>€ 190,5</i>
Verdisconteerde baten 1-1-2:	€ 7,3	€ 12,2
Neveneffecten in verdisconteerde euro's:	€ 32,0	€ 32,0
<i>Netto: baten minus kosten</i>	<i>-€ 151,2</i>	<i>-€ 146,3</i>

Bron: SEO Economisch Onderzoek

¹⁹ Dit is een veronderstelling. In de praktijk zal de netbeheerder de aanpassing van de stations gefaseerd uitvoeren. Een meer gefaseerde uitvoering van de maatregel verandert de conclusie van de kosten-batenanalyse niet.

²⁰ De periode van 100 jaar is een vereiste in de Algemene Leidraad voor MKBA's. De gevoeligheidsanalyse in Bijlage A beperkt deze periode tot 25 jaar zodat de noodzaak tot herinvestering geen rol speelt in de beoordeling van de maatregel.

Tabel 4.6 Vermazing van uitlopers resulteert in een negatief baten-kostensaldo

Maatregel B Uitlopers Hoge faalkans (in € mln)	Laag	Hoog
Verdisconteerde kosten:		
investeringen	€ 86,1	€ 86,1
jaarlijkse kosten	€ 28,0	€ 28,0
<i>totaal verdisconteerde kosten</i>	<i>€ 114,1</i>	<i>€ 114,1</i>
Verdisconteerde baten 1-1-2:	€ 0,6	€ 1,0
Neveneffecten in verdisconteerde euro's:	€ 7,5	€ 7,5
<i>Netto: baten minus kosten</i>	<i>-€ 106,0</i>	<i>-€ 105,6</i>

Bron: SEO Economisch Onderzoek

4.2 Plaatsen accu's

De maatregel om accu's te plaatsen bij elke daarvoor geschikte mast is doorgerekend in vier verschillende varianten. De gebruiksduur van de accu is gezet op een half uur, één uur, twee uur en vier uur. De kosten en baten van elk van deze vier varianten worden hieronder behandeld.

Kosten

De kosten van het plaatsen van accu's zijn geschat op basis van vertrouwelijke gegevens verstrekt door de telecomoperators. De kosten zijn op te delen in eenmalige investeringskosten om de locatie te verbouwen, de kast te vergroten en de installatie te plaatsen. Daarnaast worden er jaarlijkse kosten gemaakt voor onderhoud en vervanging van accu's. Deze kosten zijn weergegeven in Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kosten voor het plaatsen van accu's.

	0,5 uur	1 uur	2 uur	4 uur
Eenmalige kosten (€)	4,5 mln.	5,7 mln.	113,4 mln.	162,8 mln.
Jaarlijkse kosten (€)	0,8 mln.	0,9 mln.	2,3 mln.	3 mln.

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door de telecomoperators.

Effectiviteit

De baten van het plaatsen van accu's bestaan uit een langere beschikbaarheid van het mobiele netwerk en daarmee een kleiner aantal 1-1-2-oproepen dat mislukt. Op basis van de kengetallen uit hoofdstuk 2 is geschat hoe groot deze baten zijn. Dit is weergegeven in Tabel 4.8. Hierbij valt onmiddellijk op dat de baten voor de eerste drie varianten op nul zijn gezet. Dit heeft te maken met het feit dat er bij een deel van de bestaande masten al accucapaciteit aanwezig is. Wanneer deze capaciteit in het nulalternatief al voldoende is om het mobiele netwerk voor een bepaalde periode in de lucht te houden, brengt het toevoegen van extra capaciteit wel kosten, maar geen baten met zich mee.

Tabel 4.8 Baten van het plaatsen van accu's.

	0,5 uur	1 uur	2 uur	4 uur
Jaarlijkse baten scenario Laag (euro)	nihil	nihil	nihil	2,2 mln.
Jaarlijkse baten scenario Hoog (euro)	nihil	nihil	nihil	3,6 mln.

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door de telecomoperators.

Neveneffecten

Het plaatsen van additionele accucapaciteit brengt twee belangrijke neveneffecten met zich mee. Ten eerste zijn er additionele baten voor gebruikers van mobiele netwerken, omdat deze het netwerk nu ook langer kunnen blijven gebruiken voor oproepen naar andere nummers dan 1-1-2. Ten tweede is er een negatief effect verbonden aan het verplicht stellen van accucapaciteit, omdat dit de mogelijkheden beperkt voor telecomoperators om te concurreren op het gebied van betrouwbaarheid. In het verlengde hiervan verliest de klant keuzevrijheid bij het kiezen van een optimaal betrouwbaarheidsniveau.

Beide neveneffecten zijn binnen de scope van het onderzoek niet te kwantificeren, maar zijn van belang om mee te nemen bij het evalueren van deze maatregel.

Conclusie: baten in relatie tot kosten

Op grond van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat het opleggen van een norm aan telecomoperators voor een beschikbaarheid van het netwerk van twee uur of korter niet zinvol is.

Pas als de norm substantieel hoger wordt gesteld, bijvoorbeeld op vier uur, zijn de baten zodanig dat er *mogelijk* sprake is van een positieve kosten-batenverhouding. De structuur van de kosten (een grote eenmalige investering met lagere jaarlijkse kosten) in combinatie met de structuur van de baten (hoge jaarlijkse opbrengsten) betekent dat de kosten-batenverhouding steeds positiever wordt naarmate de tijdshorizon van de doorrekening toeneemt. In zo'n geval is het nuttig om naar het break-even moment te kijken: het jaar waarin de cumulatieve baten de cumulatieve kosten voor het eerst overstijgen. Zowel in scenario Hoog als in scenario Laag is er geen break-evenpunt voor het jaar 2100.

Op basis van deze resultaten kan worden geconcludeerd dat het maatschappelijk niet wenselijk is om accu's met een capaciteit van vier uur te plaatsen. Zelfs op basis van de meest gunstige veronderstellingen verdient deze maatregel zichzelf niet terug binnen de levensduur van de investering. Het enige voorbehoud dat hierbij nog gemaakt kan worden, is dat de baten van een langere beschikbaarheid van het mobiele netwerk voor andere doeleinden dan het bellen van 1-1-2 in deze berekening niet zijn meegenomen.

4.3 Tegengaan uitval als gevolg van accudiefstal

Kosten

De kosten van het tegengaan van de gevolgen van accudiefstal liggen op twee gebieden. Telecomoperators maken extra kosten voor het vervangen van accu's en de politie maakt extra kosten voor de opsporing van accudieven.

Telecomoperators schatten dat jaarlijks vijf procent van het totaal aantal geïnstalleerde accu's wordt gestolen. Op dit moment worden gestolen accu's vaak pas vervangen wanneer er een reguliere onderhoudsbeurt gepland staat. Wanneer deze accu's direct worden vervangen en wordt aangenomen dat het aantal diefstallen gelijk blijft, betekent dit voor de telecomoperators tezamen een extra kostenpost van € 0,6-0,8 miljoen per jaar. Wanneer het aantal accu's en de capaciteit per accu worden vergroot, bijvoorbeeld als gevolg van de maatregel onderzocht in paragraaf 4.2, nemen de vervangingskosten toe. Deze kunnen dan oplopen tot enkele miljoenen euro's per jaar.

Wanneer accu's direct zouden worden vervangen terwijl er niet of nauwelijks opsporing plaatsvindt, kan dit zorgen voor een exponentiële toename van diefstal. Om het aantal diefstallen daadwerkelijk gelijk te houden, is dus een grotere inzet door de politie vereist op het gebied van handhaving en opsporing. SEO schat de kosten van het toewijzen van voldoende politiecapaciteit hieraan op zo'n € 0,8 miljoen per jaar.

Effectiviteit

De baten van het voorkomen dat masten uitvallen tijdens stroomstoringen als gevolg van accudiefstal zijn af te leiden van de totale maatschappelijke kosten van als gevolg van mislukte 1-1-2-oproepen. In het nulalternatief bedragen deze € 2,8-4,6 miljoen per jaar. Wanneer vijf procent van deze kosten vermeden worden, leidt dit tot baten van € 0,14-0,23 miljoen per jaar.

Daarnaast kunnen baten optreden wanneer het optreden van de politie leidt tot een vermindering van het aantal diefstallen. Wanneer het aantal diefstallen bijvoorbeeld halveert, halveren ook de vervangingskosten van de telecomoperators.

Neveneffecten

Het voornaamste neveneffect van deze maatregel is het vergroten van de rechtvaardigheid binnen de samenleving. Burgers en bedrijven moeten erop kunnen rekenen dat het overtreden van de wet bestraft wordt. Op het gebied van accudiefstal is dat op dit moment niet het geval.

Conclusie: baten in relatie tot kosten

De kosten en baten van deze maatregel in monetaire zin zijn met veel onzekerheid omgeven, met name de relatie tussen verbeterde handhaving en frequentie van diefstal is onzeker. In ieder geval hebben kosten en baten dezelfde orde van grootte. Gezien de positieve neveneffecten lijkt het doorvoeren van deze maatregel dan ook zinvol. Uitvoering van de maatregel kan echter op problemen stuiten, met name omdat de prioritering van politiewerkzaamheden niet direct van buitenaf is af te dwingen.

4.4 Aanschaf mobiele noodstroom

Kosten

De kosten van het garanderen van een volledige noodstroomvoorziening zijn geschat op basis van vertrouwelijke gegevens verstrekt door de telecomoperators. De kosten zijn op te delen in eenmalige investeringskosten om noodaggregaten aan te schaffen met bijbehorend vervoer en jaarlijkse kosten voor onderhoud en personeel. Deze kosten zijn weergegeven in Tabel 4.9. De personeelskosten zijn niet gekwantificeerd, omdat het de vraag is in hoeverre deze additioneel zijn. Een deel van de personeelsinzet kan namelijk opgevangen worden door bestaand personeel.

Tabel 4.9 Kosten van aanschaf en onderhoud van een mobiele noodstroomvoorziening.

Eenmalige kosten (€)	175 mln.
Jaarlijkse kosten (€)	8 mln. + evt. personeelskosten

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door de telecomoperators.

Effectiviteit

De baten van het plaatsen van accu's bestaan uit een langere beschikbaarheid van het mobiele netwerk en daarmee een kleiner aantal 1-1-2-oproepen dat mislukt. Op basis van de kengetallen uit hoofdstuk 2 is geschat hoe groot deze baten zijn. Dit is weergegeven in Tabel 4.10. Hierbij valt op dat de baten van de maatregel relatief laag zijn ten opzichte van het plaatsen van accu's. Dit heeft als achterliggende reden dat noodstroomvoorzieningen in optimale omstandigheden vier uur na het ontstaan van de stroomstoring aangesloten kunnen worden. Het overgrote deel van de stroomstoringen is echter binnen vier uur verholpen.

Tabel 4.10 Baten van adequate noodstroomvoorziening.

Jaarlijkse baten scenario Laag (€)	0,04 mln.
Jaarlijkse baten scenario Hoog (€)	0,07 mln.

Bron: SEO Economisch Onderzoek, op basis van informatie verstrekt door de telecomoperators.

Neveneffecten

Voor deze maatregel zijn geen noemenswaardige neveneffecten bekend.

Conclusie: baten in relatie tot kosten

De jaarlijkse baten van deze maatregel liggen ruim een factor 100 lager dan de jaarlijkse kosten. Zelfs wanneer de investeringskosten geheel buiten beschouwing blijven, is daarmee duidelijk dat deze maatregel een zeer negatieve kosten-batenverhouding kent.

4.5 Voorrang mobiele noodstroom

Conclusie: baten in relatie tot kosten

Op basis van de kosten en baten berekend in paragraaf 4.4 kan zonder nadere analyse geconcludeerd worden dat ook deze maatregel een negatieve kosten-batenverhouding kent. Het is aannemelijk dat het verlenen van voorrang aan telecomoperators bij de inhuur van noodstroomaggregaten kostenvoordelen met zich meebrengt ten opzichte van een verplichte aanschaf van noodstroomaggregaten door telecomoperators. Deze kostenvoordelen zijn echter van een andere orde dan vereist zou zijn om deze maatregel maatschappelijk wenselijk te maken. Daarnaast zijn er kanttekeningen te plaatsen bij de juridische haalbaarheid en maatschappelijke wenselijkheid van positieve discriminatie van telecomoperators ten opzichte van andere sectoren.

5 Conclusies normering

Op basis van de analyses in de voorgaande hoofdstukken kan nu een antwoord worden gegeven op de hoofdvraag van dit onderzoek:

In hoeverre is het stellen van aanvullende normen en/of streefwaarden richting telecomaanhouders noodzakelijk om aan de maatschappelijke gewenste bereikbaarheid van 112 tijdens (regionale en langdurige) stroomstoringen te voldoen?

Geen positief saldo van baten en kosten

De conclusie van deze studie is dat voor *geen* van de onderzochte maatregelen ter verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen, de maatschappelijke baten en kosten een positief saldo hebben. De kosten van de maatregelen zijn in alle gevallen hoger dan de baten die bestaan uit het feit dat er minder slachtoffers vallen wanneer 1-1-2 beter aankiesbaar is bij een stroomstoring. Deze conclusie betekent dat er geen norm of streefwaarde is te ontleen aan deze maatregelen met een positieve impact op de welvaart.

Ook met andere voorwaarden blijft het saldo negatief

De aanpak van deze studie is erop gericht de impact van de maatregelen onder relatief gunstige voorwaarden te onderzoeken, bijvoorbeeld met een relatief hoge effectiviteit of relatief lage kosten. Het doel van deze aanpak is om maatregelen te vinden die wijzen in de richting van een mogelijk positief saldo van baten en kosten. Nader onderzoek kan dan uitwijzen onder welke voorwaarden de maatregel een mogelijk positieve uitkomst heeft op de aankiesbaarheid van 1-1-2. Ook onder relatief gunstige voorwaarden is er een groot verschil tussen de baten en de kosten van de in dit rapport onderzochte maatregelen. De gevoeligheidsanalyse laat zien dat toepassing van meer realistische waarden van de gebruikte parameters tot een nog negatiever saldo van baten en kosten leidt. Dit ondersteunt de conclusie van dit rapport dat maatregelen voor verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2 per saldo geen positieve bijdrage leveren aan de welvaart. De kosten-batenanalyse ondersteunt geen norm of streefwaarde voor de aankiesbaarheid van 1-1-2.

De aankiesbaarheid van 1-1-2 is thans voldoende

Er is een inherente kwetsbaarheid van de 1-1-2 keten bij stroomstoringen, maar per saldo is de aankiesbaarheid van 1-1-2 goed gewaarborgd. Dit komt onder meer door de hoge kwaliteit van het stroomnet waardoor storingen met een groot bereik (een groot aantal huishoudens zonder stroom) en een lange duur (> vier uur) in Nederland praktisch niet voorkomen. Voor een stroomstoring met een gemiddeld profiel qua duur en omvang zijn de telecombedrijven thans voldoende in staat om de mobiele telecommunicatie te waarborgen waardoor 1-1-2 aankiesbaar blijft. Deze conclusie geldt voor de huidige inrichting van de telecommunicatienetwerken en het huidige beleid van de telecommunicatiebedrijven.

De relatief hoge kwaliteit van de stroomvoorziening en de back up van de telecommunicatie-infrastructuur, betekent dat verbetering van de bereikbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen hoge kosten met zich meebrengt en relatief beperkte baten. Deze situatie verklaart in belangrijke mate de negatieve resultaten voor de baten-kostenverhouding van de onderzochte maatregelen.

Maatregelen voor de elektriciteitsmarkt

Voor de elektriciteitsmarkt zijn maatregelen denkbaar die de enkelvoudige storingsreserve van het hoogspanningsnet verbeteren. Dit verkleint de kans op stroomstoringen. Dit rapport analyseert de kosten en baten van twee typen investeringen in het hoogspanningsnet: railbeveiliging in hoogspanningsstations en het vermazen van uitlopers. Tabel 5.1 vat de resultaten van de analyse samen. Beide maatregelen kennen hoge kosten waartegen de baten – het verbeteren van de aankiesbaarheid van 1-1-2 – onvoldoende gewicht in de schaal leggen. Bij deze conclusie is rekening gehouden met de maatschappelijke voordelen die een lagere kans op stroomstoring heeft voor de maatschappij. Dit is een aanvullend effect dat onderdeel is van het baten-kostenaldo.

Voor deze resultaten zijn relatief gunstige waarden van de parameters gebruikt. Andere parameters maken de resultaten nog negatiever, zoals de gevoeligheidsanalyse laat zien. De conclusie dat de baten-kostenverhouding negatief is van maatregelen op de elektriciteitsmarkt ter verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2, is robuust.

Tabel 5.1 Saldo baten en kosten is negatief voor maatregelen op de elektriciteitsmarkt gericht op verbeteren aankiesbaarheid 1-1-2 bij stroomstoringen

Maatregel	Saldo baten en kosten (in € mln.)	
<i>Stroomscenario</i>	<i>Laag</i>	<i>Hoog</i>
A: Investering railbeveiliging HS-stations	-151,2	-146,3
B: Vermazing uitlopers	-106,0	-105,6

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Maatregelen voor de telecommunicatiemarkt

De maatregelen op de telecommunicatiemarkt die de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoring kunnen verbeteren zijn de investering in accu's om de zendduur van GSM-masten bij stroomuitval te verlengen en de aanschaf van mobiele noodaggregaten voor hetzelfde doel. Tabel 5.2 vat de kosten van deze maatregelen samen en vergelijkt ze met de baten. Voor beide maatregelen zijn de kosten een veelvoud van de baten. Tot een duur van twee uur kent een investering in accu's eigenlijk alleen kosten doordat de impact op de uitval van de GSM-masten vrijwel nihil is. Dit heeft te maken met het feit dat er bij een deel van de bestaande masten al voldoende accucapaciteit aanwezig is of dat andere maatregelen waarborgen dat de masten tot een duur van twee uur beschikbaar blijven voor telefoonverkeer met 1-1-2. Bij een hogere norm kunnen baten wel een rol spelen, omdat de aankiesbaarheid van 1-1-2 verbetert. Nederland kent echter nauwelijks grote stroomstoringen met een duur langer dan vier uur waardoor de baten van de betere aankiesbaarheid niet opwegen tegen de kosten. Zelfs op basis van de meest gunstige veronderstellingen verdient deze maatregel zichzelf niet terug binnen de levensduur van de investering.

De investering in mobiele noodstroom is duur en levert nauwelijks baten op doordat noodstroomvoorzieningen in optimale omstandigheden vier uur na het ontstaan van de stroomstoring aangesloten kunnen worden. Het overgrote deel van de stroomstoringen is echter binnen vier uur verholpen.

De kosten en baten van maatregelen gericht op het bestrijden van accudiefstal zijn onzeker, maar kunnen onder gunstige voorwaarden in balans zijn. Gezien de positieve neveneffecten lijkt het doorvoeren van deze maatregel dan ook zinvol. Uitvoering van de maatregel kan echter op

problemen stuiten, met name omdat de politie een eigen afweging maakt bij het stellen van prioriteiten.

Bij de effecten moet rekening worden gehouden met neveneffecten: burgers en bedrijven genieten de voordelen van de beschikbaarheid van telefoon- en dataverkeer als de maatregel zorgt voor een langere beschikbaarheid van de telecommunicatienetwerken bij een stroomuitval. Dit positieve effect kan door gebrek aan kengetallen niet gewaardeerd worden maar heeft als PM-post een positief effect op het saldo.

Tabel 5.2 Saldo baten en kosten is negatief voor telecommunicatiemaatregelen gericht op verbeteren aankiesbaarheid 1-1-2 bij stroomstoringen

Maatregel	Impact (in € mln.)	
	Laag	Hoog
<i>Stroomscenario</i>		
1 A Extra accu's		
0,5 uur	Investering 4,5; baten nihil	Investering 4,5; baten nihil
1 uur	Investering 5,7; baten nihil	Investering 5,7; baten nihil
2 uur	Investering 113,4; baten nihil	Investering 113,4; baten nihil
4 uur	Investering 162,8; jaarlijkse baten 2,2 + PM	Investering 162,8; jaarlijkse baten 3,6 + PM
1 B Voorkomen diefstal accu's	Jaarlijks saldo -1,4 + PM	Jaarlijks saldo -1,4 + PM
2 A Investering mobiele noodstroom	Investering 175; baten nihil	Investering 175; baten nihil
2 B Voorrang mobiele noodstroom	Waarschijnlijk negatief	Waarschijnlijk negatief

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Scenario met hogere kansen op stroomstoringen

In de toekomst kunnen de grootte en frequentie van stroomstoringen toenemen, als gevolg van ontwikkelingen zoals verduurzaming en digitalisering. Om de invloed te verkennen van een dergelijke toename op de resultaten van het onderzoek, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een extra stroomscenario: Groei. In scenario Groei neemt vooral de kans op grootschalige storingen toe als illustratie van de groeiende kwetsbaarheid van bepaalde economische sectoren voor uitval van de stroomvoorzieningen. In dit scenario neemt de maatschappelijke schade als gevolg van mislukte oproepen voor 1-1-2 toe. Dit verhoogt de potentiële baat van maatregelen om de aankiesbaarheid van 1-1-2 te waarborgen. Dit effect is echter relatief beperkt en te klein om het saldo van baten en kosten van de onderzochte maatregelen significant te verbeteren. De conclusies zijn robuust, ook tegen de achtergrond van een scenario waarin de maatschappij te maken krijgt met een belangrijk grotere kans op stroomstoringen.

Pluk laaghangend fruit

In de loop van het onderzoek zijn diverse zaken aan het licht gekomen die op dit moment suboptimaal geregeld zijn en, los van een eventuele normstelling, het functioneren van de 112-keten zouden kunnen verbeteren. Dergelijke maatregelen zijn te karakteriseren als *no regret*-maatregelen of laaghangend fruit. De 112-meldkamers zijn op dit moment al bezig met het doorvoeren van diverse maatregelen om hun beschikbaarheid te verbeteren. Andere gebieden waar relatief eenvoudig winst is te behalen, zijn de informatievoorziening van netbeheerders aan telecomoperators en een grotere politie-inzet op het gebied van accudiefstal.

Literatuur

- ACM (2013), *Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet*, Den Haag.
- CE Delft (2017). *Net voor de toekomst*. Achtergrondrapport. Rapport 17.3L53.170. CE Delft: Delft.
- CEER (2015). *CEER benchmarking report 5.2 on the continuity of electricity supply*. Rapport C14-EQS-62-03. CEER: Brussel.
- Chihan, A., Y. Zhang & L. Hoover (2012), Police Response Time to in-Progress Burglary: A Multilevel Analysis, *Police Quarterly*, vol. 15, pp. 308-327.
- Coupe, R.T. & L. Blake (2005), The effects of patrol workloads and response strength on arrests at burglary emergencies, *Journal of Criminal Justice*, vol. 33, pp. 239–255.
- KEMA (2009). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland in 2008*. Rapport 09-0420. KEMA Consulting: Arnhem.
- KEMA (2010). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland in 2009*. Rapport 10-0563. KEMA Consulting: Arnhem.
- KEMA (2011). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland in 2010*. Rapport 11-0741. KEMA Consulting: Arnhem.
- KEMA (2012). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland in 2011*. Rapport 12-00616. KEMA Consulting: Arnhem.
- Inspecties (2015), *Stroomstoring Noord-Holland 27 maart 2015: Lessen uit de crisisbeheersing en telecommunicatie*, Inspectie Veiligheid en Justitie en Agentschap Telecom, Den Haag.
- Inspecties (2017), *Onderzoek naar de stroomstoring Amsterdam en omstreken 17 januari 2017: Bereikbaarheid en continuïteit van de meldkamers*, Inspectie Veiligheid en Justitie, Agentschap Telecom en Inspectie voor de Gezondheidszorg, Den Haag
- Movares (2013). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland. Resultaten 2012*. Rapport RM-ME-13L1044000609-0420. Netbeheer Nederland: Den Haag.
- Movares (2014). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland. Resultaten 2013*. Rapport RM-ME-14L11044-1103-01. Netbeheer Nederland: Den Haag.
- Movares (2015). *Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland. Resultaten 2014*. Rapport RMI-ME-150002575. Netbeheer Nederland: Den Haag.

- Movares (2016). Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland. Resultaten 2015. Rapport ME-LD-160002735. Netbeheer Nederland: Den Haag.
- Movares (2017). Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland. Resultaten 2016. Rapport ME-TB-170002055. Netbeheer Nederland: Den Haag.
- Movares (2018). Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland. Resultaten 2017. Rapport ME-TB-180002200. Netbeheer Nederland: Den Haag.
- Netbeheer Nederland (2017). *Net voor de toekomst. Een vooruitblik op de energievoorziening in 2050*. Netbeheer Nederland: Den Haag.
- Raad voor leefomgeving en infrastructuur (2018). *Stroomvoorziening onder digitale spanning*. Rli: Den Haag.
- Romijn, G. en G. Renes (2013), *Algemene Leidraad Maatschappelijke kosten-batenanalyse*, Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- SEO (2009), *MKBA Netinvesteringen Netuitlopers*, SEO-rapport 2009-28, Amsterdam.
- Sherman, L. W. (1998). Policing for crime prevention. In L. W. Sherman, D. Gottfredson, D. MacKenzie, J. Eck, P. Reuter, & S. Bushaway (Eds.), *Preventing crime: What works, what doesn't, what's promising*. Washington, DC: U.S. Department of Justice, pp. 295-336.
- O'Reilly, G., H. Uzunalioglu, S. Conrad & W. Beyeler (2005), Inter-Infrastructure Simulations across Telecom, Power and Emergency Services, *IEEE: Proceedings. 5th International Workshop on Design of Reliable Communication Networks*, pp. 387-393.
- Spelman, W., & Brown, D. K. (1981). *Calling the police: A replication of the citizen reporting component of the Kansas City response time analysis*. Washington, DC 7 Police Executive Forum.
- TNO (2015). *Werking en bereikbaarheid alarmnummer 1-1-2 via mobiel*. TNO-rapport TNO 2015 R10334. TNO: Den Haag.
- Vollaard, B. & P. Koning (2009), The effect of police on crime, disorder and victim precaution. Evidence from a Dutch victimization survey, *International Review of Law and Economics*, vol. 29(4), pp. 336-348.

Bijlage A Gevoeligheidsanalyse

In de hoofdtekst is gewerkt met twee scenario's voor stroomstoringen: Hoog en Laag. Daarnaast is melding gemaakt van de mogelijkheid dat de grootte en frequentie van stroomstoringen in de toekomst toenemen, als gevolg van ontwikkelingen zoals verduurzaming en digitalisering. Om de invloed te verkennen van een dergelijke toename op de resultaten van het onderzoek, is een extra scenario ontworpen: Groei.

Stroomscenario Groei

Scenario Hoog en Laag namen als uitgangspunt respectievelijk 1,25 en 0,75 maal de historische storingsrealisatie. Scenario Groei gaat uit van 1,5 maal de historische realisatie voor storingstypen Klein & Lang, Middelgroot en Groot & Kort. Voor storingstype Extreem werkt het scenario Groei met twee maal de historische realisatie. Hier is voor gekozen omdat uit de interviews naar voren kwam dat met name het aantal grootschalige storingen zou kunnen toenemen als gevolg van bovengenoemde ontwikkelingen. De resulterende parameters zijn weergegeven in tabel A.1.

Tabel A.1 Parameters scenario Groei ten opzichte van Hoog en Laag.

Scenario	# Stroomstoringen per jaar			
	Klein & Lang	Middelgroot	Groot & Kort	Extreem
Laag	0,45	3	0,75	0,15
Hoog	0,75	5	1,25	0,25
Groei	0,9	6	1,5	0,4

Bron: SEO Economisch Onderzoek

In het scenario Groei komen stroomstoringen vaker voor. Dit betekent dat het aantal mislukte oproepen naar 1-1-2 in het nulalternatief ook toeneemt. Dit heeft weer tot gevolg dat de schade als gevolg van mislukte oproepen groter is dan in de andere scenario's. Deze schade is per hulpdienst weergegeven in tabel A.2. De totale jaarlijkse schade bedraagt ruim € 15 miljoen. Dat is anderhalf maal zoveel als in scenario Hoog en tweeënehalf maal zoveel als in scenario Laag.

Tabel A.2 Schade als gevolg van mislukte oproepen in het nulalternatief.

Scenario	Schade als gevolg van mislukte oproepen			
	Politie	Ambulance	Brandweer	Totaal
Laag	€ 111.890	€ 2.609.544	€ 36.001	€ 2.757.435
Hoog	€ 186.484	€ 4.349.240	€ 60.002	€ 4.595.726
Groei	€ 261.776	€ 6.105.225	€ 84.228	€ 6.451.229

Bron: SEO Economisch Onderzoek

De hogere schade in het nulalternatief betekent dat de aantrekkelijkheid van maatregelen die schade voorkomen ook groter wordt. In tabel A.3 staat per maatregel toegelicht wat het effect is van het scenario Groei op de doorgerekende maatregelen. Voor de maatregelen met betrekking tot het hoogspanningsnet blijft de conclusie gelijk aan de eerdere conclusie: de baten wegen bij lange na niet op tegen de kosten. Ook de maatregel met betrekking tot de plaatsing van accu's blijft onrendabel. De maatregel om accudiefstal tegen te gaan leek al gunstig en lijkt nu nog iets gunstiger.

Tabel A.3 Effect scenario Groei op doorgerekende maatregelen.

Maatregel	Effect	Toelichting
Elektriciteitsmarkt		
<i>Railbeveiliging</i>	Vermeden schade € 7,3 miljoen (Laag) respectievelijk € 2,4 miljoen (Hoog)	Bij een hogere storingskans, is het positieve effect van de maatregel groter. Dit betekent meer baten, omdat meer bellers 1-1-2 bij een storing wel kunnen bereiken. Het positieve effect is groter in vergelijking met het scenario Laag, omdat het verschil in storingskansen dan het grootst is. De positieve impact is niet voldoende voor een positief saldo van baten en kosten.
<i>Vermazing uitlopers</i>	Vermeden schade € 600 duizend (Laag) respectievelijk € 200 duizend (Hoog)	Bij een hogere storingskans, is het positieve effect van de maatregel groter. Dit betekent meer baten, omdat meer bellers 1-1-2 bij een storing wel kunnen bereiken. Het positieve effect is groter in vergelijking met het scenario Laag, omdat het verschil in storingskansen dan het grootst is. De positieve impact is niet voldoende voor een positief saldo van baten en kosten.
Telecommunicatiemarkt		
<i>Accu's</i>	Vermeden schade € 5,1 miljoen per jaar	De jaarlijks vermeden schade neemt toe, daardoor is de investering in accu's eerder terugverdiend. Het break-even moment ligt echter nog steeds voorbij de levensduur van de investering.
<i>Diefstal</i>	Vermeden schade € 0,33 miljoen per jaar	De effectiviteit is geschat op 5% van de totale schade. Bij een schade van € 6,5 miljoen betekent dit een stijging met € 0,1-0,2 miljoen.
Noodstroom	Vermeden schade € 0,08 miljoen per jaar	Het aantal storingen langer dan 4 uur neemt licht toe. Daardoor neemt ook de vermeden schade toe met € 0,01 miljoen.

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Analyse maatregelen stroommarkt

Voor de analyse van de maatregelen gericht op het hoogspanningsnet zijn parameters gebruikt met een gunstig effect op het saldo van baten en kosten. Deze gevoeligheidsanalyse varieert deze parameters als controle op de robuustheid van de resultaten. De volgende veranderingen in de waarden van de parameters zijn onderzocht:

- De kans op stroomstoringen neemt toe als gevolg van technologische en economische ontwikkelingen (grotere afhankelijkheid van elektriciteit in de economie). Voor dit doel is een extra stroomscenario ontwikkeld genaamd "Groei" (zie hierboven);
- Afhankelijk van het bereik van GSM-antennes zijn masten in naburige gebieden met stroom in staat de telecommunicatie over te nemen. Het aantal getroffen bellers naar 1-1-2 is daardoor kleiner dan het aantal huishoudens dat zonder stroom zit. Deze analyse halveert het aantal getroffen bellers naar 1-1-2;
- De effectiviteit van hulpdiensten in reactie op een 1-1-2 oproep is positief ingeschat. Voor de gevoeligheidsanalyse gebruiken we de ondergrens van de effectiviteit zoals vastgesteld in Hoofdstuk 2. Dit houdt in dat voor de politie is gerekend met een effectiviteit van 0,1. Voor de ambulance en de brandweer is de ondergrens voor de effectiviteit gesteld op 0,0625;
- De kosten van de investeringen kunnen hoger zijn dan de bedragen toegepast in deze MKBA. Voor de railbeveiliging is gerekend met een bovengrens van € 1,7 miljoen per station bij het aanpassen van het railsystemen buiten een natuurlijk vervangingsmoment. Voor de vermazing van uitlopers zijn de kosten met 70 procent verhoogd in reactie op de daadwerkelijke kosten van enkele recente projecten;
- De periode waarover de effecten worden toegerekend aan het saldo van baten en kosten is standaard 100 jaar. Deze gevoeligheidsanalyse beperkt deze periode tot 25 jaar;

- Voor de investering in de uitlopers is voor deze gevoeligheidsanalyse gerekend met de ondergrens van de kans op mastfalen.

Tabellen A.4 en A.5 beschrijven de resultaten. Voor elke verandering in de parameters is het saldo van de maatschappelijke baten en kosten opgenomen. Daarnaast is het verschil tussen het nieuwe saldo en het saldo met toepassing van de standaard parameters opgenomen. De tabellen differentiëren naar de effecten voor de twee stroomscenario's Laag en Hoog.

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de toepassing van minder gunstige parameters negatieve gevolgen heeft voor het saldo van baten en kosten. Dit effect is het sterkst bij verhoging van de kosten die het negatieve saldo meer dan verdubbelen. De andere parameters hebben vooral effect op de baten. De baten zijn beperkt in vergelijking met de kosten. Dit verklaart het relatief beperkte verschil van deze wijzigingen.

De enige optie met een positieve impact op het saldo is het toepassen van een stroomscenario met hogere stroomstoringskansen. Dit scenario verbetert het saldo met circa € 7,3 miljoen (Laag) respectievelijk € 2,4 miljoen (Hoog), maar is niet voldoende voor een positief saldo van baten en kosten.

Beperking van de tijdshorizon van de kosten-batenanalyse heeft een negatieve impact op de uitkomst bij de maatregel railbeveiliging. De investeringskosten wegen door de kortere tijdshorizon zwaarder in het saldo: er zijn minder baten om de investering aan het begin van de periode te compenseren. Bij de maatregel vermazing uitlopers heeft verkorting van de tijdshorizon naar 25 jaar wel een positieve impact op het saldo. Dit komt doordat deze maatregel ook jaarlijkse kosten heeft, die na 25 jaar dus niet meer meetellen. Dit verbetert het saldo van baten en kosten. Per saldo blijven beide maatregelen negatief.

Tabel A.4 Gevoeligheidsanalyse railbeveiliging

Stroomscenario	Laag		Hoog	
	Baten minus kosten	Vershil met uitgangssituatie	Baten minus kosten	Vershil met uitgangssituatie
Stroomscenario groei	€ -143.835.253	€ 7.364.747	€ -143.835.253	€ 2.464.747
Aantal getroffen gehalveerd	€ -154.849.122	€ -3.649.122	€ -152.401.595	€ -6.101.595
Ondergrens effectiviteit	€ -156.699.664	€ -5.499.664	€ -155.485.832	€ -9.185.832
Bovengrens kosten	€ -320.498.221	€ -169.298.221	€ -315.603.168	€ -169.303.168
Effect voor 25 jaar	€ -175.171.316	€ -23.971.316	€ -172.473.808	€ -26.173.808

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Tabel A.5 Gevoeligheidsanalyse vermazen uitlopers

Stroomscenario	Laag		Hoog	
	Baten minus kosten	Verschil met uitgangssituatie	Baten minus kosten	Verschil met uitgangssituatie
Gevoeligheid				
Stroomscenario groei	€ -105.452.958	€ 597.042	€ -105.452.958	€ 197.042
Aantal getroffen gehalveerd	€ -106.350.384	€ -300.384	€ -106.150.956	€ -500.956
Ondergrens effectiviteit	€ -106.501.169	€ -451.169	€ -106.402.265	€ -752.265
Bovengrens kosten	€ -185.934.540	€ -79.884.540	€ -185.535.684	€ -79.885.684
Effect voor 25 jaar	€ -98.576.339	€ 7.473.661	€ -98.356.542	€ 7.293.458
Lagere kans mastfalen	€ -111.093.135	€ -5.043.135	€ -110.694.278	€ -5.044.278

Bron: SEO Economisch Onderzoek

Conclusie gevoeligheidsanalyse

De conclusie van de gevoeligheidsanalyse is dat alternatieve stroomscenario's en uitgangspunten de uitkomst van deze kosten-batenanalyse niet wijzigen: Maatregelen voor verbetering van de aankiesbaarheid van 1-1-2 bij stroomstoringen hebben hogere kosten dan baten. Ook onder gunstige randvoorwaarden verandert de uitkomst niet in een positief saldo op basis waarvan een norm of streefwaarde kan worden overwogen. Meer realistische waarden van de gebruikte parameters maken het saldo van baten en kosten nog negatiever.

Bijlage B Toelichting maatregelen long list

Toelichting per maatregel

S1. Investerings in netwerkinfrastructuur

We onderscheiden hierbij het redundant uitvoeren van alle netwerkonderdelen of van specifieke onderdelen ervan; en het intensiveren van de vervanging van netwerkonderdelen met slijtagersico.

Redundant uitvoeren netwerkonderdelen

Aard van de maatregel: zodanig investeren in het 110+ kV-elektriciteitsnet (transport van elektriciteit via het hoogspanningsnet) dat de uitval van één onderdeel geen stroomstoring tot gevolg heeft.

Verantwoordelijke partij: TenneT en Liander (voor 150kV-netdeel CBL Randmeren).

Bron: de studie *Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet* (2013, zonder auteurs; werkgroep) en de daarin genoemde literatuur.

Effect op aankiesbaarheid: door deze investeringen neemt het aantal stroomstoringen af, waardoor er ook minder vaak problemen zullen zijn met de aankiesbaarheid of bereikbaarheid van 1-1-2 vanwege stroomstoringen.

Neveneffecten: positieve neveneffecten omdat een afname van het aantal stroomstoringen naast het effect op 1-1-2 ook andere positieve effecten heeft.

Onderbouwing effectiviteit: de studie *Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet* (2013, zonder auteurs; werkgroep) laat zien dat bedoelde investeringen positief uitpakken voor de betrouwbaarheid van de stroomvoorziening.

Verwachte baten-kostenverhouding en onderbouwing: de studie *Kwaliteitsnorm enkelvoudige storingsreserve in het Nederlandse hoogspanningsnet* laat voor diverse onderdelen (hoogspanningsmasten, parallelbedrijf nieuwe netten, railsystemen) zien dat de kosten hoger zijn dan de baten, met referenties aan eerdere literatuur. SEO (2009) laat dit bijvoorbeeld zien voor uitlopergebieden, d.w.z. gebieden waar het elektriciteitsnet niet bestaat uit ringstructuren waarbij de uitval van één verbinding geen stroomstoring tot gevolg heeft.

Uitvoerbaarheid op kortere termijn: maatregelen zijn in technische zin goed uitvoerbaar maar kennen meestal een doorlooptijd van enkele jaren en soms nog langer. Verder zijn aanpassingen van de regelgeving op het onderdeel redundantie in voorbereiding. Dit biedt in beginsel aangrijpingspunten om uitzonderingen (onderhoud, onderdelen, tijdsduur van de storing) op de enkelvoudige storingsreserve nader te concretiseren, rekening houdend met het effect op de aankiesbaarheid van 1-1-2.

Ontbrekende informatie: de gebruikte waarderingskengetallen van stroomstoringen houden geen rekening met de kosten van specifiek *langdurige* stroomstoringen en zijn bovendien verouderd (2009, 2004).

- Een vraag is in hoeverre actualisatie van waarderingskengetallen tot substantieel hogere baten leidt. Voor de meeste onderzochte investeringen was het verschil tussen kosten en baten erg groot.
- Een langdurige stroomstoring heeft meer consequenties voor 1-1-2 dan een kortdurende, al kan het ook zijn dat sommige negatieve effecten juist minder groot worden doordat mensen zelf meer maatregelen (kunnen) nemen (SEO, 2010).

- Op het moment van schrijven is niet uit te sluiten dat specifieke investeringen kansrijk zijn, namelijk als ze gericht zijn op het voorkómen van langdurige stroomstoringen in gebieden waar een groter dan gemiddeld risico is op het niet aankiesbaar zijn van 1-1-2 bij zulke langer durende stroomstoringen. Dit vereist informatie over welke gebieden dit specifiek zijn.

Intensiveren vervanging van netwerkdonderdelen met risico op inwendig defect

Aard van de maatregel: op hoogspanningsniveau is veroudering/slijtage storingsoorzaak nummer één (18 procent in 2017, Movares), bij middenspanning is dat inwendig defect (meestal m.b.t. zogenaamde ‘moffen’) (26 procent in 2017) met veroudering/slijtage op nummer drie (17 procent), bij laagspanning staan veroudering/slijtage resp. inwendig defect op nummer drie (15 procent) en vier (11 procent). De maatregel sluit aan bij storingen door inwendige defecten en waar mogelijk ook bij storingen door veroudering/slijtage. Momenteel doen regionale netbeheerders onderzoek naar onderdelen in het netwerk die door een hoger risico op inwendige defecten vervangen dienen te worden. De maatregel gaat uit van het intensiveren van deze inspanningen (onderzoek en vervangingen).

Verantwoordelijke partij: de regionale netbeheerders, mogelijk ook TenneT, afhankelijk van op welk spanningsniveau de maatregel precies wordt gericht.

Bron: interviews, Movares over 2017.

Effect op aankiesbaarheid: door deze investeringen neemt het aantal stroomstoringen af, waardoor er ook minder vaak problemen zullen zijn met de aankiesbaarheid of bereikbaarheid van 1-1-2 vanwege stroomstoringen.

Neveneffecten: positieve neveneffecten omdat een afname van het aantal stroomstoringen naast het effect op 1-1-2 ook andere positieve effecten heeft.

Onderbouwing effectiviteit: in welke mate door intensivering van onderzoek naar en vervanging van kwetsbare onderdelen in het netwerk stroomstoringen worden voorkomen, is zonder nader onderzoek niet bekend.

Verwachte kosten en onderbouwing: zonder nader onderzoek niet bekend.

Uitvoerbaarheid op kortere termijn: zonder nader onderzoek niet bekend.

Ontbrekende informatie: nadere informatie zou moeten worden verzameld over de effectiviteit, kosten en uitvoerbaarheid op de kortere termijn.

S2. Voorkómen van externe oorzaken van stroomstoringen

De meest voorkomende categorie van bekende externe oorzaken van stroomstoringen betreft graafwerkzaamheden. Dit is categorie stroomstoringen nummer één bij laagspanningsnetten en nummer twee bij middenspanning (Movares over 2017).

Aard van de maatregel: voorkomen dat graafwerkzaamheden leiden tot stroomstoringen. In dat geval zijn maatregelen vereist bovenop de maatregelen in de Wet van 11 april 2018 tot wijziging van de Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten (evaluatie WION en regeling bevoegde rechter). In interviews wordt aangegeven dat het aantal storingen door graafwerkzaamheden onvoldoende snel daalt. Additionele maatregelen zouden bijvoorbeeld (grotere) financiële prikkels (boetes) kunnen leggen bij de partijen die verantwoordelijk zijn voor graafschades.

Verantwoordelijke partij: maatregel is gericht op de veroorzakers van stroomstoringen door graafwerkzaamheden.

Bron: interviews, de Wet van 11 april 2018 tot wijziging van de Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten.

Effect op aankiesbaarheid: als het aantal stroomstoringen afneemt, zullen er ook minder vaak problemen zijn met de aankiesbaarheid of bereikbaarheid van 1-1-2 vanwege stroomstoringen.

Neveneffecten: positieve neveneffecten omdat een afname van het aantal stroomstoringen naast het effect op 1-1-2 ook andere positieve effecten heeft. Ook zullen er positieve effecten zijn vanwege minder ongelukken met gasleidingen en dergelijke.

Onderbouwing effectiviteit: vereist nader onderzoek.

Verwachte kosten: vereist nader onderzoek.

Uitvoerbaarheid op kortere termijn: waarschijnlijk slecht, omdat net het traject van de Wet van 11 april 2018 tot wijziging van de Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten is doorlopen.

Ontbrekende informatie: een analyse op mogelijke effectieve maatregelen bovenop de wijzigingen in de Wet van 11 april 2018 tot wijziging van de Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten, alsmede onderzoek naar de kosten en effecten van die maatregelen.

S3. Stroomstoringen sneller oplossen

Aard van de maatregel: bij een stroomstoring wordt deze sneller opgelost, waardoor er minder risico is op storingen die zó lang duren dat de aankiesbaarheid van 1-1-2 in gevaar komt.

Verantwoordelijke partij: TenneT en de regionale netbeheerders.

Effect op aankiesbaarheid: als stroomstoringen sneller kunnen worden opgelost, zullen storingen die zo lang duren dat de aankiesbaarheid van 1-1-2 in het geding is minder vaak voorkomen.

Neveneffecten: positieve neveneffecten omdat kortere stroomstoringen naast het effect op 1-1-2 ook andere positieve effecten hebben.

Bron/onderbouwing effectiviteit: er zijn ons geen studies bekend die wijzen op mogelijkheden om stroomstoringen in Nederland sneller te verhelpen. Uitzondering zijn zelfherstellende netten, die nu al deels bestaan.

Verwachte kosten/onderbouwing: niet bekend.

Uitvoerbaarheid op kortere termijn: niet bekend.

Ontbrekende informatie: op het moment van schrijven is ons niet bekend of TenneT en de regionale netbeheerders sneller dan ze dan nu doen stroomstoringen zouden kunnen oplossen, met welke maatregelen dat zou moeten gebeuren en wat de kosten daarvan zouden zijn. M.b.t. zelfherstellende netten zou kunnen worden onderzocht in hoeverre die nu al bestaan en wat de kosten en effectiviteit zouden zijn als deze breder beschikbaar zouden zijn.

S4. Betere/snellere informatievoorziening aan telecompartijen

Aard van de maatregel: de maatregel sluit aan bij interviews en discussies in de begeleidingscommissie waarin is gesteld dat er tussen TenneT en regionale netbeheerders enerzijds en de telecompartijen anderzijds niet of nauwelijks sprake is van direct contact bij stroomstoringen. Als telecompartijen actief door TenneT en regionale netbeheerders worden geïnformeerd dat er een stroomstoring is, wat de locatie ervan is, hoe lang de storing naar verwachting gaat duren en hoe er weer wordt opgeschakeld, kunnen telecompartijen sneller en betere beslissingen nemen met name ten aanzien van de inzet van noodaggregaten.

Verantwoordelijke partij: TenneT en regionale netbeheerders i.s.m. de telecompartijen.

Bron: begeleidingscommissie, interviews.

Effect op aankiesbaarheid: de aankiesbaarheid verbetert als door communicatie snellere en betere beslissingen worden genomen ten aanzien van de inzet van noodaggregaten, waardoor de periode dat masten voor mobiel telefoonverkeer uit de lucht zijn bij een stroomstoring wordt verkort.

Neveneffecten: positief omdat mobiel telefoonverkeer in algemene zin sneller wordt hersteld.

Onderbouwing effectiviteit: nader uit te werken. Een op te lossen vraagstuk is mogelijk dat netbeheerders stellen dat ze geen onderscheid mogen maken tussen klanten.

Verwachte kosten: naar verwachting relatief laag.

Onderbouwing kosten: nader uit te werken.

Uitvoerbaarheid op kortere termijn: uitvoerbaar op kortere termijn.

Ontbrekende informatie: nog uit te zoeken is in welke gevallen betere communicatie daadwerkelijk leidt tot het sneller beschikbaar zijn van telecomdiensten en tot een betere aankiesbaarheid van 1-1-2.

T1. Versterken vaste noodstroomvoorziening telefoonmasten

Aard van de maatregel: elke antenne voor mobiel telefoon- en dataverkeer is of kan worden voorzien van een noodstroomvoorziening (accu) om deze operationeel te houden bij een stroomuitval gedurende een bepaalde periode. Versterking van deze voorziening kan plaatsvinden door de capaciteit van de accu te vergroten, de kwaliteit van de accu te verbeteren of de inrichting van de installatie aan te passen.

Verantwoordelijke partij: telecomproviders.

Bron: interviews telecomproviders.

Effect op aankiesbaarheid: de maatregel verlengt de periode dat de masten voor mobiel telefoonverkeer in de lucht blijven bij een stroomstoring.

Neveneffecten: als een verplichting wordt opgelegd aan telecomproviders, kan dit een marktverstoring effect hebben. Daar staat tegenover dat naast het bereiken van 1-1-2 ook het ander bel-en dataverkeer langer mogelijk blijft.

Onderbouwing effectiviteit: de capaciteit van de accu is rechtstreeks gekoppeld aan de tijd dat er nog gebeld kan worden. Onduidelijk is van welk deel van de accu's de capaciteit daadwerkelijk vergroot kan worden, omdat een deel van de locaties ongeschikt is (naar schatting 20-40 procent). Daarnaast is bij een stroomstoring een deel van de accu's niet operationeel vanwege diefstal of technisch falen.

Verwachte kosten: de kosten verschillen sterk per telecomprovider, omdat de huidige inrichting van hun telefoonmasten ook sterk verschilt. In ieder geval moet er rekening worden gehouden met initiële aanschaf- en installatiekosten, gevolgd door vervangingskosten elke 5-10 jaar. Bijkomende kosten zijn het versterken van daken en de transactiekosten van het onderhandelen met alle eigenaren van mastlocaties.

Onderbouwing kosten: interviews telecomproviders.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: er zijn geen barrières voor het uitvoeren van deze maatregel, rekening houdend met de beperking dat niet alle locaties geschikt zijn.

Ontbrekende informatie: meer gedetailleerde informatie over de grootte van verschillende kostencomponenten, het aantal masten waarvoor deze maatregel uitgevoerd kan worden en de resulterende effectiviteit.

T2. Tegengaan diefstal accu's

Aard van de maatregel: het verminderen van het aantal diefstallen van accu's in telefoonmasten, door bijvoorbeeld snellere signalering, betere opsporing, betere handhaving, hogere straffen.

Verantwoordelijke partij: politie.

Bron: interviews telecomproviders.

Effect op aankiesbaarheid: het aantal masten dat aan het begin van een stroomstoring meteen uitvalt, neemt af.

Neveneffecten: bij een vast politiebudget is er een opportunity cost verbonden aan de inzet van politie. Een positief neveneffect is een mogelijke toename van het gevoel van veiligheid van burgers en bedrijven.

Onderbouwing effectiviteit: naar schatting 5-10 procent van de batterijen blijkt bij een stroomstoring gestolen te zijn.

Verwachte kosten: niet beschikbaar.

Onderbouwing kosten: niet beschikbaar.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: de maatregel is in principe goed uitvoerbaar, al kan de beschikbaarheid van de politie wel een probleem zijn.

Ontbrekende informatie: beschikbaarheid politie en de kosten van hun inzet (om diefstal van accu's tegen te gaan).

T3. Mobiele noodstroomvoorzieningen

Aard van de maatregel: Het continu beschikbaar houden van een aantal mobiele noodstroomaggregaten, zodat deze in geval van een storing naar het getroffen gebied kunnen worden gereden en daar kunnen worden aangesloten op de masten die (gaan) uitvallen.

Verantwoordelijke partij: telecomproviders.

Bron: interviews telecomproviders.

Effect op aankiesbaarheid: beschikbaarheid van de telefoonmasten is geborgd vanaf het moment dat de mobiele noodstroomvoorziening ter plaatse is.

Neveneffecten: als een verplichting wordt opgelegd aan telecomproviders, kan dit een marktverstoring effect hebben. Daar staat tegenover dat naast het bereiken van 1-1-2 ook het ander bel-en dataverkeer langer mogelijk blijft. Ten slotte zijn noodstroomaggregaten mogelijk ook inzetbaar in andere situaties waar behoefte is aan extra stroom.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar. Waarschijnlijk met name effectief in combinatie met maatregel S4.

Verwachte kosten: niet beschikbaar.

Onderbouwing kosten: niet beschikbaar.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: er zijn geen barrières te verwachten voor de uitvoering van deze maatregel.

Ontbrekende informatie: inzicht in de kosten van de maatregel, het aantal aggregaten dat nodig is om heel Nederland te voorzien, of en hoe snel het mogelijk is om de aggregaten op de juiste plek te krijgen en aan te sluiten.

T4. Voorrang inhuur noodstroomaggregaten

Aard van de maatregel: bestaande voorraden mobiele noodstroomaggregaten worden in geval van een stroomstoring gereserveerd voor telecomproviders, zodat deze ingezet kunnen worden om het mobiele netwerk in de lucht te houden.

Verantwoordelijke partij: wetgever / telecomproviders / aanbieders noodstroomaggregaten.

Bron: interviews telecomproviders.

Effect op aankiesbaarheid: beschikbaarheid van de telefoonmasten is geborgd vanaf het moment dat de mobiele noodstroomvoorziening ter plaatse is.

Neveneffecten: noodstroomaggregaten zijn niet meer beschikbaar voor andere partijen die stroom willen tijdens een stroomstoring.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar.

Verwachte kosten: marginale kosten zijn beperkt tot additionele inhuurkosten voor telecomproviders. Inhuur van noodstroomaggregaten door telecomproviders gebeurt waar mogelijk nu al.

Onderbouwing kosten: interviews telecomproviders.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: omdat hier sprake is van een wettelijke regeling kan de invoering lang duren en mogelijk op politieke en/of juridische weerstand stuiten.

Ontbrekende informatie: inzicht in kosten en effectiviteit van reserveren noodstroomaggregaten door telecomproviders. Wat is de bestaande voorraad? Welk deel wordt nu al ingehuurd door telecomproviders? Wat zijn de inhuurkosten? Hoe effectief is de additionele inhuur?

T5. Downgraden kwaliteit netwerk

Aard van de maatregel: de batterijen van masten worden zowel uitgeput door belverkeer als door dataverkeer. Wanneer dataverkeer wordt uitgeschakeld, kan er dus langer gebeld worden. (Eventueel kan er ook worden gekozen voor het uitschakelen van belverkeer ten faveure van dataverkeer, bijvoorbeeld in combinatie met een 1-1-2-app.)

Verantwoordelijke partij: telecomproviders.

Bron: interviews telecomproviders.

Effect op aankiesbaarheid: batterijen gaan langer mee, door minder intensief gebruik van het netwerk.

Neveneffecten: consumenten kunnen tijdens een stroomstoring geen gebruikmaken van het mobiele netwerk voor dataverkeer.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar, afhankelijk van de verhouding belverkeer-dataverkeer.

Verwachte kosten: verschilt sterk per telecomprovider, omdat de inrichting van het netwerk verschilt.

Onderbouwing kosten: interviews telecomproviders.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: als er wordt gekozen voor een vrijwillige afspraak (in tegenstelling tot een wettelijke regeling) is de maatregel op korte termijn goed uitvoerbaar.

Ontbrekende informatie: welk deel van het verkeer bestaat uit dataverkeer?

S6/T6/H1. Awareness-campagne correct gebruik 1-1-2

Aard van de maatregel: informeren van burgers over wanneer 1-1-2 te bellen, wat te doen als 1-1-2 niet bereikt kan worden en hoe te handelen tijdens stroomstoringen.

Verantwoordelijke partij: ministerie van Justitie en Veiligheid

Bron: begeleidingscommissie en diverse interviews

Effect op aankiesbaarheid: 1) aantal telefoontjes naar 1-1-2 neemt af, waardoor de kans op overbelasting van 1-1-2 afneemt, 2) telefoon- en datagebruik tijdens stroomstoringen neemt af, waardoor de accu's van radiomasten minder snel uitgeput raken, 3) burgers weten hoe te handelen als 1-1-2 niet bereikt wordt, waardoor de consequenties van gemiste oproepen kleiner worden.

Neveneffecten: zelfredzaamheid burger neemt toe, gevoel van veiligheid burger neemt toe.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar.

Verwachte kosten: niet beschikbaar.

Onderbouwing kosten: niet beschikbaar.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: geen barrières voorzien.

Ontbrekende informatie: informatie over kosten en effectiviteit van campagne.

H2. Begeleiden burgers in wachtstand

Aard van de maatregel: het verschaffen van uitgebreidere informatie aan burgers die in de wachtrij van 1-1-2 terechtkomen: de verwachte wachttijd, mogelijke alternatieven voor 1-1-2 en advies over hoe te handelen bij een lange wachttijd.

Verantwoordelijke partij: 1-1-2-meldkamers.

Bron: interview meldkamer.

Effect op aankiesbaarheid: de kans dat burgers onterecht ophangen neemt af, waardoor deze sneller bereikt worden. De kans dat bellers terecht ophangen neemt juist toe, wat extra ruimte creëert voor andere bellers.

Neveneffecten: geen.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar.

Verwachte kosten: niet beschikbaar.

Onderbouwing kosten: niet beschikbaar.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: de meldkamers krijgen naar verwachting nog dit jaar de beschikking over een nieuw technisch platform. Daarna zou deze wijziging doorgevoerd kunnen worden.

Ontbrekende informatie: informatie over effectiviteit van betere informatievoorziening.

H3. Verschuiven belverkeer naar dataverkeer (1-1-2-app)

Aard van de maatregel: een 1-1-2-app kan door hulpdiensten gebruikt worden om de burger van informatie te voorzien. Daarnaast kan de app door burgers gebruikt worden als een alternatieve manier om incidenten te melden.

Verantwoordelijke partij: 1-1-2-meldkamer.

Bron: “Het nieuwe melden” (TNO, 2016), interview 1-1-2-meldkamer.

Effect op aankiesbaarheid: daling van de vraag naar 1-1-2-diensten verkleint de benodigde piekcapaciteit van de meldkamers en verlengt de beschikbaarheid van het mobiele netwerk tijdens stroomstoringen.

Neveneffecten: geen.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar.

Verwachte kosten: niet beschikbaar.

Onderbouwing kosten: niet beschikbaar.

Uitvoerbaarheid op korte termijn: goed, de 1-1-2-app komt dit jaar beschikbaar.

Ontbrekende informatie: informatie over kosten en effectiviteit van introductie 1-1-2-app.

H4. Extra capaciteit om pieken op te vangen

Aard van de maatregel: extra personeel betekent dat meer telefoontjes aangenomen kunnen worden, waardoor de wachttijd en het aantal gemiste oproepen afnemen.

Verantwoordelijke partij: 1-1-2-meldkamers.

Bron: interview 1-1-2-meldkamer.

Effect op aankiesbaarheid: maximum aantal behandelbare telefoontjes (aanbod 1-1-2-diensten) neemt toe.

Neveneffecten: geen.

Onderbouwing effectiviteit: niet beschikbaar.

Verwachte kosten: niet beschikbaar.

Onderbouwing kosten: niet beschikbaar.

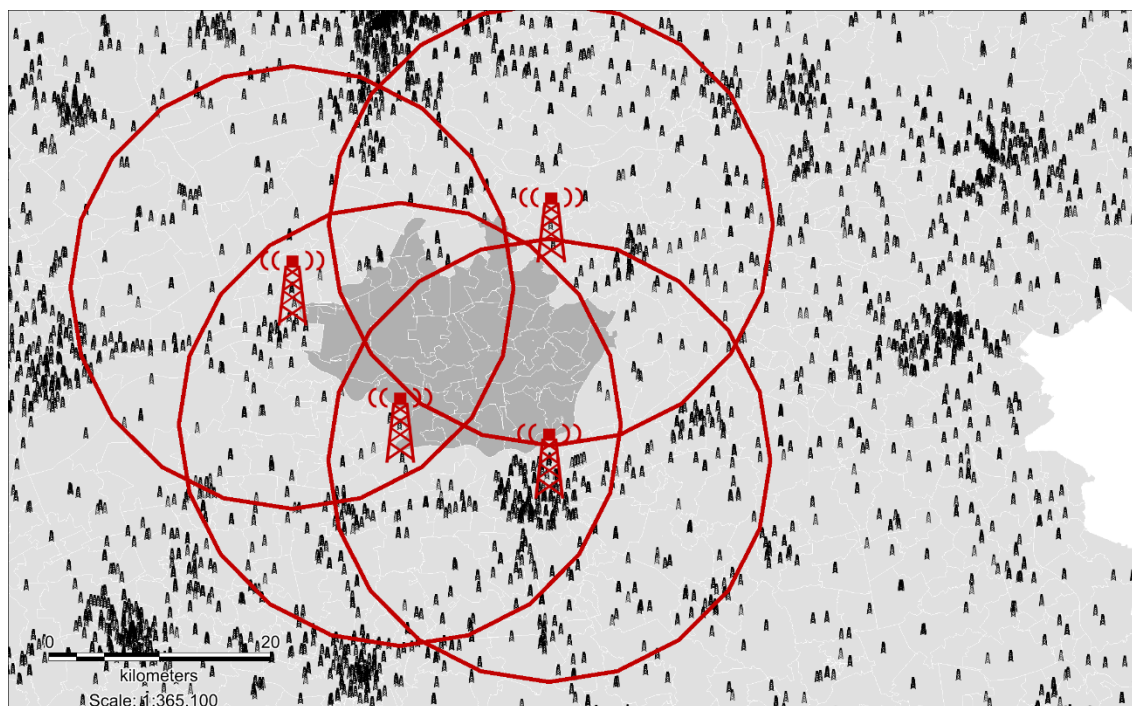
Uitvoerbaarheid op korte termijn: goed.

Ontbrekende informatie: informatie over kosten en effectiviteit van vergroten piekcapaciteit.

Bijlage C Casestudy Bommelerwaard

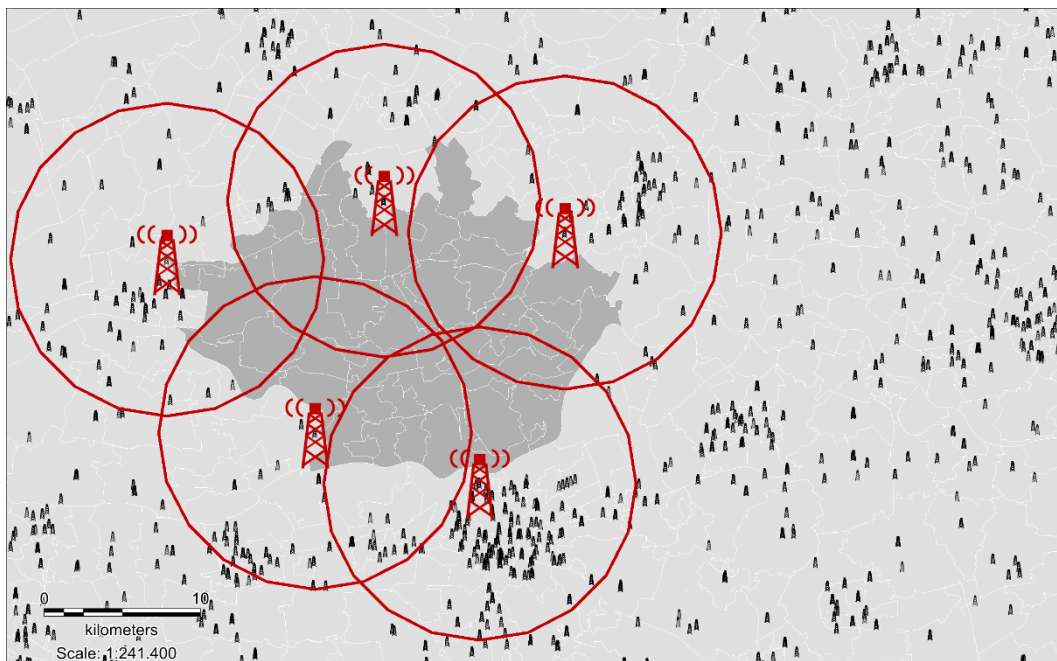
Bij stroomstoring in de Bommelerwaard vallen de zendmasten voor mobiele telecommunicatie uit. Figuur C.1 laat zien dat masten in naastgelegen gebieden bereikbaar zijn voor bellers in de Bommelerwaard als het bereik van de masten 20 kilometer is. Figuur C.2 toont aan dat dat ook geldt als het bereik van de masten beperkt wordt tot 10 kilometer.

Figuur C.1 Bereik antennes met reikwijdte 20 kilometer



Bron: SEO (2009) voor postcodes Bommelerwaard en het antenneregister van Agentschap Telecom voor locaties masten

Figuur C.2 Bereik antennes met reikwijdte 10 kilometer



Bron: SEO (2009) voor postcodes Bommelerwaard en het antenneregister van Agentschap Telecom voor locaties masten



seo economisch onderzoek

Roetersstraat 29 . 1018 WB Amsterdam . T (+31) 20 525 16 30 . F (+31) 20 525 16 86 . www.seo.nl